

UDK 625.7 : 624.2/.8

CODEN CSMVB2

YU ISSN 0411-6380

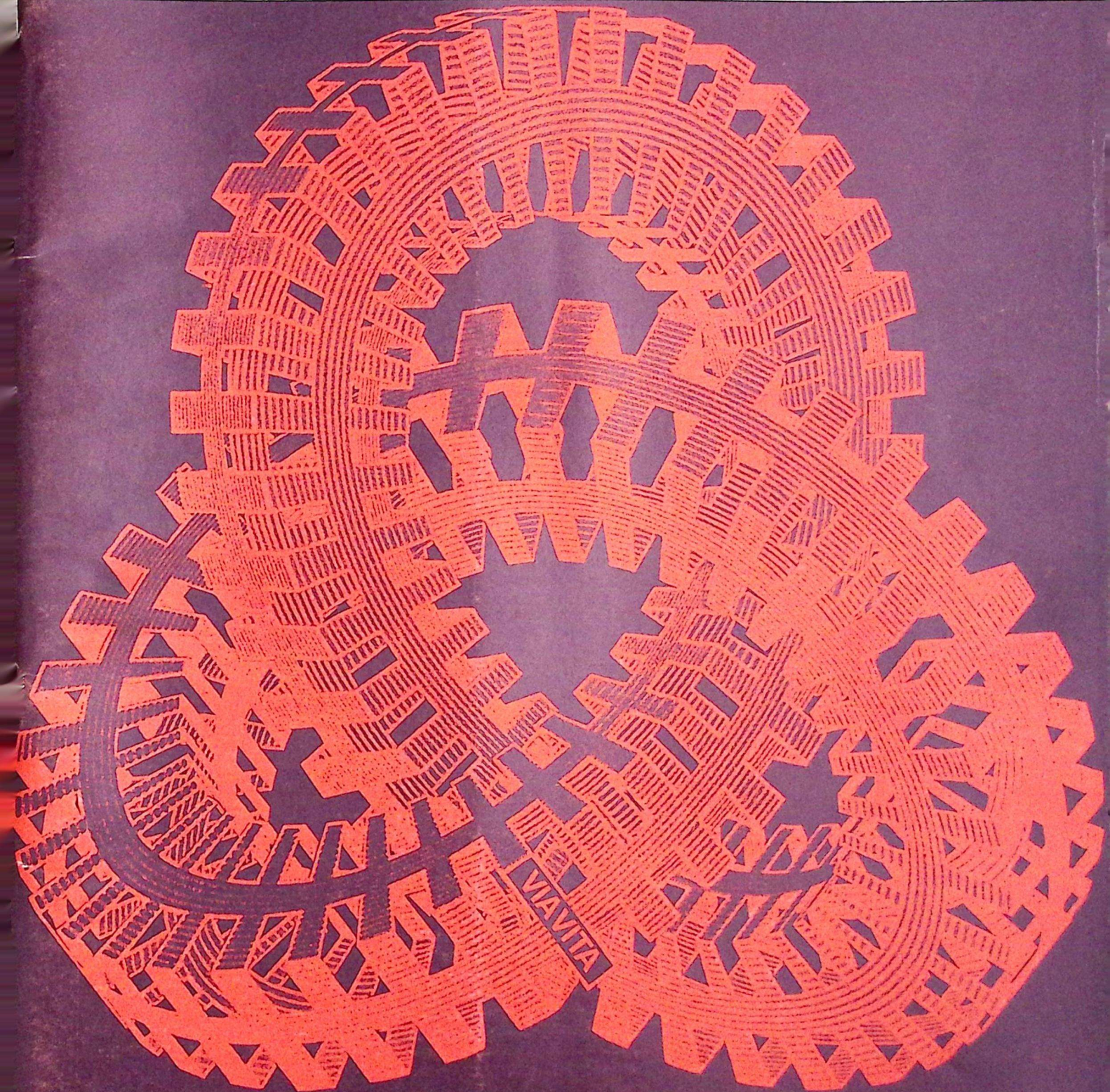
CESTE I MOSTOVI

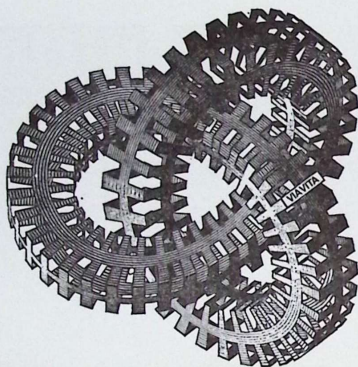
ČASOPIS ZA PROJEKTIRANJE, GRADENJE, ODRŽAVANJE
I TEHNIČKO-EKONOMSKA PITANJA CESTA, MOSTOVA I AERODROMA

Vol. 27

Zagreb, 1981.

Broj 7—8





ČASOPIS ZA PROJEKTIRANJE,
GRADNJE, ODRŽAVANJE I
TEHNIČKO-EKONOMSKA
PITANJA CESTA, MOSTOVA
I AERODROMA

SADRŽAJ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Uvodna riječ | 187 |
| Dr Zdravko Ramlijak, Zagreb | |
| Projektiranje asfaltnih mješavina za pripremu asfaltnog uzorka unaprijed definiranog sastava | 189 |
| Vladimir Pejnović Dr Zdravko Ramlijak Danica Besedeš Mr Nenad Mikulić, Zagreb | |
| Utjecaj viskoznosti veziva i prostornih karakteristika asfaltnog uzorka na stabilitet određen Marshall-metodom | 195 |

POZIV NA KOLEKTIVNO UCLANJENJE

Časopis »Ceste i mostovi« izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, član Saveza društava za putove Jugoslavije.

Postupamo sve kolektivne čija je djelatnost vezana za područje cestogradnje, mostogradnje i cestovnog prometa općenito da se učlane u Savez društava za ceste Hrvatske.

Osnovna je svrha časopisa »Ceste i mostovi« da upozna je članstvo s najnovijim dostignućima i iskustvima u projektiranju, gradnji, održavanju i svim akcijama na unapređenju cestovne mreže.

Kolektivna članarina određuje se srazmjerno veličini i značenju poduzeća — kolektivnog člana, a najniža može iznositi 1.600 dinara.

Kolektivni članovi, uplatom članarine, besplatno primaju časopis. Godišnja pretplata: za poduzeća — 600,— dinara; za ostale pretplatnike — 120,— dinara; za inozemstvo — 60 US dolara.

Pojedini primjerci: za poduzeće — 50,— dinara; primjerek u prodaji 12,— dinara.

Članovi Saveza društava za ceste Hrvatske, uplatom članarine, stječu pravo na besplatno primanje časopisa. Godišnja članarina je od 120 dinara.

Gijena oglasa: otna stranica — 6.000,— dinara; unutarnja 1/1 — 5.000,— dinara, 1/2 — 3.600,— dinara, 1/4 — 2.500,— dinara; inozemni oglas: 1/1 — 660 US dolara, 1/2 — 500 US dolara, 1/4 — 350 US dolara.

Urednički odbor:

mr Mladen Lauer, dipl. inž., Zagreb, glavni i odgovorni urednik, Dario Minarić, dipl. inž., Zagreb, zamjenik, glavni i odgovorni urednik, mr Branimir Babić, dipl. inž., Zadar, mr Jovo Beslac, dipl. inž., Zagreb, Dušan Deković, inž., Rijeka, Krešimir Dugi, dipl. inž., Osijek, Endy Jakić, dipl. inž., Split, Stanko Kovac, dipl. inž., Zagreb, mr Ivan Liović, dipl. oec., Zagreb, Tomislav Megič, dipl. inž., Zagreb, Josip Novak, dipl. inž., Zagreb, Branka Perce, dipl. oec., Zagreb, Zvonko Pilko, dipl. inž., Zagreb, Franjo Precorski, dipl. inž., Zagreb, dr Zdravko Ramlijak, dipl. inž., Zagreb, Josip Sekopet, dipl. inž., Zagreb, dr Karlo Telen, inž., Zagreb, Vladimir Weber, dipl. inž., Zagreb. Tehnički urednik: Mirjana Zec, prof.

Klasifikacija i indeksiranje po UDK i IRRD: Marko Perutić

Grafička obrada: Branko Zlamalik

Časopis izlazi mjesečno.

Tisak: NISRO »Vjesnik« — OOUR TKG — Pogon VS

Crtež na naslovnoj strani: M. C. Escher — Čvorovi (detali)

Časopis izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, Zagreb, Vondičina

ulica 3, tel. 445-422/63, pošt. pret. 673, žiro-račun 30102-678-271

i JAZU i Građevinski institut — Fakultet gra-
u Zagrebu organizirali su II jugoslavenski sim-
pozij je održan od 22. do 24. travnja u Poreču.

pet područja:

iv i fizikalna svojstva bitumena

škripljci

ltnih mješavina

avanje asfalta

sfalta

i predavanja, na poziv organizatora odazvalo
recenzirani i lektorirani, te nakon toga svrstani
dovi tiskani su u Zborniku radova, koji je prije
nicima.

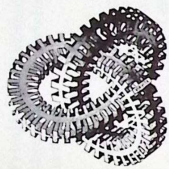
valo je 295 stručnih i znanstvenih radnika iz
i građevne operative iz cijele Jugoslavije,
u aktivno sudjelovali i istraživači Građevinskog
tih znanosti Sveučilišta u Zagrebu s dva uvodna

bora časopisa »Ceste i mostovi« načinili smo
Simpoziju predstavili istraživači Građevinskog
: smo smatrali da su interesantni za širi krug
s područja asfaltno cestogradnje.

zainteresirani za Zbornik radova II jugosla-
sfaltu obavještavamo da ga mogu naručiti na
st za naftu, Sekcija za preradu i primjenu nafte,

Zdravko Ramlijak

Vladimir Pejnović



Uvod

Svi aspekti fizikalnog ponašanja laboratorijskog asfaltnog uzorka ili asfaltnog sloja u okviru kolničke konstrukcije funkcija su njegovog kvalitativnog i kvantitativnog sastava.

Zbog toga, točno i precizno definirani sastav asfaltnog uzorka osnovni je preduvjet bilo kojeg istraživanja funkcionalne veze fizikalnog ponašanja i sastava asfaltnog uzorka.

Najčešće se asfaltni uzorak definira masenim koncentracijama komponenata (bitumen, punilo i frakcije kamenog materijala) te volumnom koncentracijom šupljina.

Ovakvo pojednostavnjeno prikazivanje asfaltnog uzorka nedostavno je za njegovu jednoznačnu i točnu karakterizaciju te interpretaciju njegovog kompleksnog fizikalnog ponašanja.

Radi bolje karakterizacije sastava asfaltnog uzorka, na osnovi zamisli Rigdena^(1,2) i Heukeloma^(3,4), te vlastitih iskustava⁽⁵⁻¹²⁾, u Građevinskom institutu razrađen je detaljan prostorni model asfaltnog uzorka koji sadrži veći broj mjerljivih komponenata s određenim djelovanjem na njegovo fizikalno ponašanje (slika 1).

Svaka komponenta u navedenom modelu prikazana je kao njen volumni udio u ukupnom volumenu asfaltnog uzorka, a izražena je kao njezina volumna koncentracija (relacije na slici 1).

U razradi ovog modela sistem asfaltnog uzorka podijeljen je na tri podsistema:

- podsistem kamenog skeleta,
- podsistem bitumenskog morta,
- podsistem šupljina asfaltnog uzorka, koji imaju određenu funkciju u asfaltnom uzorku⁽¹⁾.

Kameni skelet sačinjava kameni materijal veličine zrna od 0,09 mm do maksimalne veličine⁽⁶⁾, a može se podijeliti na određeni broj komponenata (frakcija kamenih materijala užih granica veličine zrna) čiji broj ovisi o veličini maksimalnog zrna u skeletu (slika 1).

Funkcija kamenog skeleta u sistemu asfaltnog uzorka je prijenos napona koji djeluje na sistem, s napomenom da je on glavni nosilac otpornosti sistema prema deformaciji. Prijenos napona, kao i koncentracija napona na pojedinim točkama kamenog skeleta, ovisi o broju i površini kontakata među pojedinim zrnima kamenog skeleta. Broj i površina kontakata ovisi o obliku, veličini i koncentraciji pojedinih komponenata u kamenom skeletu.

Bitumenski mort definiran je kao smjesa bitumena i punila (kameni materijal veličine zrna do 0,09 mm)^(6,9), s time da je ukupno punilo podijeljeno na dodano (kameni materijal veličine zrna do 0,09 mm dobiven davanjem kamenog brašna) i vlastito punilo (kameni materijal veličine zrna do 0,09 mm dobiven iz frakcija kamenog materijala)⁽⁷⁾. Funkcija bitumenskog morta u sistemu asfaltnog uzorka je povezivanje nekoherentnih zrna kamenog skeleta, kao i ispunja intergranularnog prostora kamenog skeleta.

Bitumenski se mort, prema razrađenom modelu, sastoji od slobodnog bitumena i Rigden morta, a Rigden mort od punila i vezanog bitumena. Funkcija slobodnog bitumena u prvom je redu stvaranje ljepljivog bitumenskog filma oko zrna kamenog skeleta čineći ga koherentnim materijalom.

Projekiranje asfaltnih mješavina za pripravu asfaltnog uzorka unaprijed definiranog sastava*

Dr. Zdravko RAMLJAK, dipl. inž.

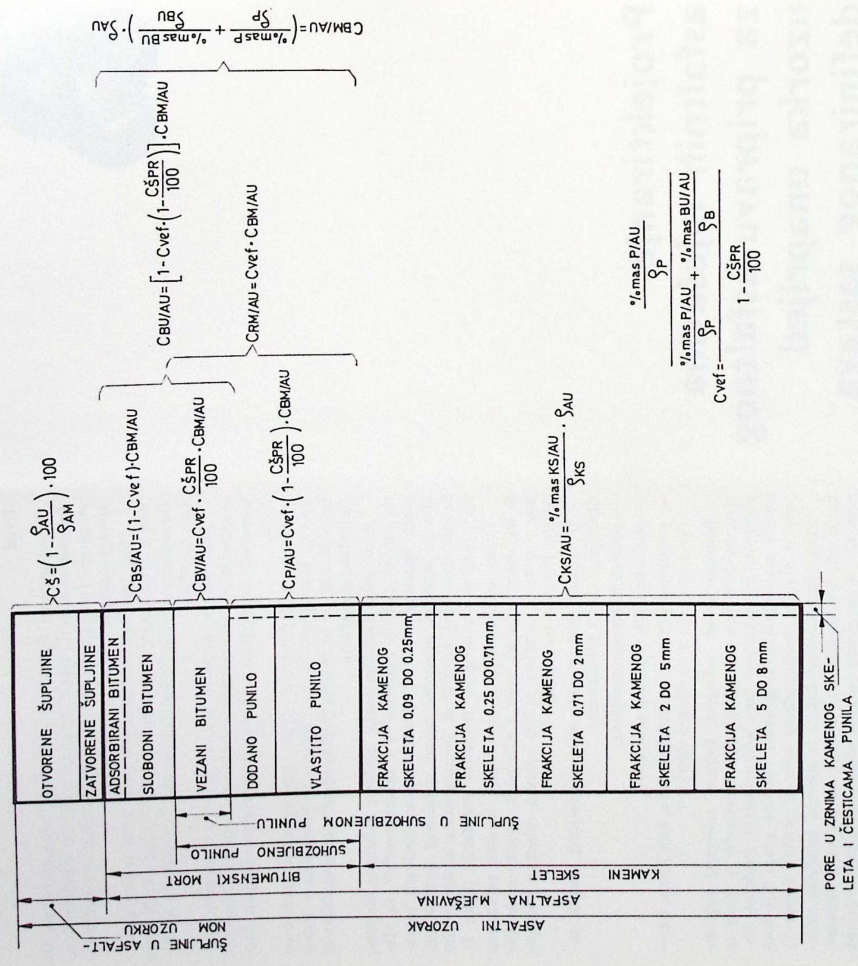
Građevinski institut

OOOR Fakultet građ. znanosti, Zagreb

znanstveni rad

UDK 625.855.002.61 : 665.775.4
IRRD 31

* Uvodno predavanje



Slika 1 — Modeli asfaltnog uzorka prikazan na primjeru jednog asfaltnog uzorka granulatije kamenog skeleta od 0,09 do 8 mm.

Nadalje, slobodni bitumen ispunjava dio intergranularnog prostora kamenog skeleta, kao i dio pora unutar pojedinih zrna (adsorbirani bitumen)^(15,16). Rigden mort predstavlja punilo u maksimalno suhozbijenom stanju čije su intergranularne šupljine ispunjene vezanim bitumenom^(8,9,7,9). Funkcija Rigden morta je ispunjena intergranularnog prostora kamenog skeleta.

Šupljine u asfaltnom uzorku predstavljaju intergranularni prostor kamenog skeleta koji nije ispunjen bitumenskim mortom. Taj prostor obično je ispunjen zrakom, vodom ili ledom. Prema tipu, šupljine se mogu podijeliti na otvorene i zatvorene. Otvorene šupljine imaju kontakt s površinom asfaltnog uzorka, a zatvorene nemaju.

Postoji više teorija o funkciji šupljina u asfaltnom uzorku. Najprisutnija je ona koja njihovu funkciju tu-

mači kao rezervni prostor za širenje bitumena izazvano povećanjem temperature asfaltnog uzorka. Takvo objašnjenje funkcije šupljina dovedeno je u pitanje rezultatima istraživanja kubnog koeficijenta širenja asfaltnog uzorka⁽¹⁷⁾.

Sastav asfaltnog uzorka koncipiran prema ovom modelu može se definirati na osnovi podataka mjerenja njegovih prostornih karakteristika, uz upotrebu za to razradenih matematičkih relacija (slika 1)⁽¹⁰⁾. Na taj način može se dovoljno detaljno i jednoznačno okarakterizirati sastav asfaltnog uzorka i dovesti ga u vezu s njegovim fizikalnim ponašanjem.

U ovom radu prikazan je postupak projektiranja asfaltnih mješavina koje služe za izradu asfaltnih uzoraka unaprijed definiranog sastava.

Projektiranje asfaltnih mješavina

Iz podataka o sastavu asfaltnog uzorka i razradenih relacija za prostorne karakteristike asfaltnog uzorka (slika 1)⁽¹⁰⁾ potrebno je odrediti kvalitetu bitumenskog morta preko C_{vef} vrijednosti. Poznato je⁽¹⁰⁾ da se koncentracija slobodnog bitumena u asfaltnom uzorku daje izraziti preko C_{vef} vrijednosti bitumenskog morta i koncentracije bitumenskog morta u asfaltnom uzorku:

$$C_{BS/AU} = (1 - C_{vef}) \cdot C_{BM/AU}$$

Iz navedene relacije i podataka o sastavu asfaltnog uzorka daje se izračunati C_{vef} vrijednost bitumenskog morta:

$$C_{vef} = 1 - \frac{C_{BS/AU}}{C_{BM/AU}} = 0,4565$$

Iz poznate C_{vef} vrijednosti, koncentracije bitumenskog morta (C_{BMAT}) i koncentracije Rigden šupljina u suhozbijenom stanju punila (C_{SPM}) mogu se izračunati volumne koncentracije punila ($C_{P/AU}$) i vezanog bitumena ($C_{BV/AU}$) u asfaltnom uzorku (slika 1)⁽¹⁰⁾:

$$C_{P/AU} = C_{vef} \left(1 - \frac{C_{SPR}}{100}\right) \cdot C_{BM/AU}$$

$$C_{BV/AU} = C_{vef} \cdot \frac{C_{SPR}}{100} \cdot C_{BM/AU}$$

Koncentracije tih komponenta, dakle, ovisne o koncentraciji bitumenskog morta i C_{vef} vrijednosti koje su već definirane, te o koncentraciji Rigden šupljina u suhozbijenom stanju upotrijebljenog punila.

S obzirom na to da na raspolaganju stoje dva punila (dodano i vlastito), te bilo koja njihova kombinacija, u daljem postupku projektiranja bit će pokazane tri mogućnosti pripreve asfaltnih mješavina na bazi kojih je moguće prirediti asfaltnu uzorku unaprijed definiranog sastava.

Primjer projektiranja asfaltnih mješavina za pripravu Marshallovog asfaltnog uzorka unaprijed definiranog sastava

Proces pripreve asfaltnog uzorka unaprijed definiranog sastava sastoji se od sljedećih postupaka:

- definiranje sastava asfaltnog uzorka preko volumnih koncentracija njegovih komponenta,
- definiranje prostornih karakteristika osnovnih komponenta:
- gustoća bitumena na 25 °C⁽¹⁸⁾
- gustoća punila na 25 °C⁽¹⁹⁾
- koncentracija šupljina u suhozbijenom stanju punila⁽¹⁷⁾
- gustoće strogo definiranih (bez nadzrnja i podzrnja) frakcija kamenog materijala⁽¹⁰⁾
- projektiranja asfaltnih mješavina,
- pripreve asfaltnih mješavina i asfaltnog uzorka.

Kompletan postupak projektiranja asfaltnih mješavina za pripravu asfaltnog uzorka unaprijed definiranog sastava bit će prikazan na primjeru jednog asfaltnog uzorka izrađenog na bazi kamenog skeleta granulatije od 0,09 do 8 mm.

- Zadani sastav asfaltnog uzorka je sljedeći:
- koncentracija je kamenog skeleta u asfaltnom uzorku ($C_{S/AU}$) 73,920% vol, s napomenom da je njegova struktura (granulometrijski sastav) dana u tablici 1;
- koncentracija je bitumenskog morta (C_{BMAT}) 22,080% vol, s time da je kvaliteta bitumenskog morta takva da uzorak ima koncentraciju slobodnog bitumena ($C_{BS/AU}$) 12,000% vol.;

Tablica 1 — Prikaz granulometrijskog sastava kamenog skeleta

| KVADRATNI OTVOR SITA (mm) | 0,09 | 0,25 | 0,71 | 2 | 5 | 8 |
|---------------------------|------|------|------|----|----|----|
| PROLAZ KROZ SITO (% mase) | 0 | 10 | 14 | 23 | 31 | 22 |

— koncentracija šupljina u asfaltnom uzorku (C_S) je 4,000% vol.;

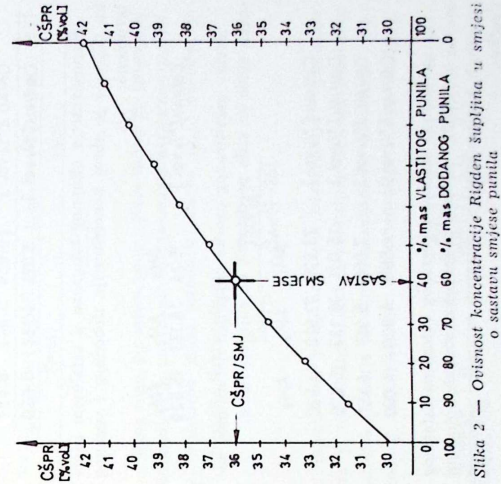
— prostorne karakteristike osnovnih komponenta su sljedeće:

- $S_{B(25)} = 1,030 \text{ Mg/m}^3$
- $S_{D(25)} = 2,700 \text{ Mg/m}^3$
- $S_{P(25)} = 30,0 \text{ %/vol.}$
- $S_{V(25)} = 20,0 \text{ Mg/m}^3$
- $S_{S(25)} = 42,0 \text{ %/vol.}$

— volumen asfaltnog uzorka izračunat je iz željene visine ($h = 63 \cdot 10^{-3} \text{ m}$) Marshallovog uzorka:

$$VAU = h \cdot \frac{d^2 J}{4} = 510,5022 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Iz navedenih podataka potrebno je doći do masa osnovnih komponenta (bitumena, punila i frakcija kamenog skeleta) na bazi kojih će se prirediti asfaltna masa za pripravu asfaltnih uzoraka.



Slika 2 — Ovisnost koncentracije Rigden šupljina u smjesi o sastavu smjese punila