

ПУТ

БР. 9
1971.

И САОБРАЋАЈ



САДРЖАЈ

Светлана Стојадиновић, дипл. инж. — Резултати лабораторијских испитивања неколико врста тла стабилованих кречом и летећим пепелом.

Др Душан Светел, дипл. инж. — Примена допова и еластомера у асфалтним мешавинама

Проф. Милан Јанчковић дипл. инж., — Градња аутоцесте Загреб — Карловац

Из наше штампе

ПУТИ САОБРАЋАЈ

Часопис Друштва за путеве СР Србије, Македоније и Црне Горе

ГОД. XVII. БР. 9

септембар

Београд 1971. год.

ROUTE ET CIRCULATION

Le bulletin de La Société pour les routes
S. R. Serbie, Macédoine et Monténégro

ДОРОГАИ ТРАНСПОРТ

Журнал Общества Автомобильные дороги и
дорожные движение

С. Р. Србији, Македонији и Черногорији

ROAD AND TRAFFIC

Bulletin of Serbian, Macedonian and Monte
Negro Association for Roads

STRASSE UND VERKEHR

Zeitschrift der Gesellschaft für Strassenwesen
in S. R. Serbien, Mazedonien und Montenegro

ПУТН ЦАОБРАТА

Наслов: Путник на путеве Ц. Србије, Македоније и Босне 1894
ТОМ XVII. БР. 2
Београд 1894. год.

ROUTE ET CIRCULATION

Le bulletin de la Société pour les routes
S. R. Serbie, Macédoine et Monténégro

ДОРОГА И ПУТНИШТВО

Журнал Друштва Аутомобилских путника и
путничког друштва
С. Р. Србија, Македонија и Монтенегро

ROAD AND TRAFFIC

Bulletin of Serbian, Macedonian and Monte
Negro Association for Roads

STRASSE UND VERKEHR

Zeitschrift der Gesellschaft für Strassenwesen
in S. R. Serbien, Mazedonien und Montenegro

Светлана СТОЈАДИНОВИЋ, дипл. инж.
научни сарадник Института
за испитивање материјала СРС

Резултати лабораторијских испитивања неколико врста тла стабилизаних кречом и летећим пепелом

УВОД

Хемијска стабилизација тла у постелици и слојевима коловозне конструкције састављених од кохерентних или некохерентних материјала извођена је успешно у току последњих година. У зависности од врсте материјала, које треба стабилизovati, потребне су веће или мање количине креча.

Досадашња истраживања су показала да се за неке материјале мора употребити велика количина креча да би се добиле задовољавајуће мешавине. Међутим, са додатком летећег пепела тим мешавинама се смањује количина креча, било да се ради о кохезивним или некохезивним материјалима.

Иако се у свету већ дуже времена овакве мешавине са успехом користе, потребно је за наше материјале утврдити могућност побољшања мешавина тло-креч летећим пепелом било као адитива или као замене и смањења количине креча.

Зато је извршена серија лабораторијских испитивања разних врста материјала стабилизаних кречом и летећим пепелом и укратко су приказани резултати извршених испитивања.

1. МАТЕРИЈАЛИ КОРИШЋЕНИ ЗА ИСПИТИВАЊЕ

За изведена лабораторијска испитивања употребљено је пет материјала:

- дробљени камени материјал из каменолома Раковац
- песковити шљунак из реке Велике Мораве
- рефулирани дунавски песак са Новог Београда
- прашинасти материјал-лес са трасе будућег аутопута Нови Сад — Београд
- глина средње пластичности са трасе будућег аутопута Нови Сад — Београд.

Гранулометријски састави коришћених материјала су приказани на сл. 1, а њихове индексне карактеристике у табели 3.

Чланак је објављен у „Саопштења за XII саветовање Југословенског друштва за Механику тла и фундаменте”

2. СТАБИЛИЗАТОРИ

За стабилизацију тла су коришћени: хидратисани креч и летећи пепео. Карактеристике оба стабилизера су одређене помоћу хемијских анализа и оне су следеће:

Табела 1

Хидратисани креч предузећа „Димитрије Туцовић” из Лазареваца

Губитак жарењем	0,12 ⁰ / ₀
Силицијум оксид	1,24 ⁰ / ₀
Укупни оксид R ₂ O ₃	0,68 ⁰ / ₀
Калцијум оксид CaO	95,53 ⁰ / ₀
Магнезијум оксид MgO	1,33 ⁰ / ₀
Сумпордиоксид SO ₃	0,03 ⁰ / ₀
Угљендиоксид CO ₂	0,69 ⁰ / ₀
Слободни калцијум оксид CaO	94,65 ⁰ / ₀

Финоћа: остатак

на сити	0. 59 мм	0.40 ⁰ / ₀
	0.074 мм	13.00 ⁰ / ₀

Хемијски састав хидратисаног креча је у сагласности са захтевима JUS B.CL.018

Табела 2

Летећи пепео из термоелектране „Колубара”

Влага на 105°C	0.46 ⁰ / ₀
Угљен диоксид CO ₂	0.00 ⁰ / ₀
Хидратна вода H ₂ O	1.08 ⁰ / ₀
Укупни силицијум диоксид SiO ₂	54.40 ⁰ / ₀
Алуминијум тироксид Al ₂ O ₃	24.86 ⁰ / ₀
Фериоксид Fe ₂ O ₃	8.14 ⁰ / ₀
Калцијум оксид CaO	5.42 ⁰ / ₀
Магнезијум оксид MgO	2.65 ⁰ / ₀
Сулфати SO ₃	0.70 ⁰ / ₀
Алкалије Na ₂ O+K ₂ O обрачунато на Na ₂ O	0.99 ⁰ / ₀
Угљеник C	2.02 ⁰ / ₀
Сумпор S	0.03 ⁰ / ₀

Финоћа млива:

сито 0.2 мм остатак	3.84 ⁰ / ₀
сито 0.09 мм остатак	13.75 ⁰ / ₀
сито 0.06 мм остатак	17,11 ⁰ / ₀
Пролази кроз ова сита	65.30 ⁰ / ₀

Специфична тежина	1.92 гр/см ³
Специфична површина по Blain-и	42.25 цм ² /гр
Запреминска тежина у растреситом стању	0.55 кг/1
Запреминска тежина у збијеном стању	0.80 кг/1

Према извршеним испитивањима овај пепео спада у fine пепеле, јер садржи мање од 40% зрна која пролазе кроз сито отвора 0.07 мм. (1).

3. РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШЕНИХ ЛАБОРАТОРИЈСКИХ ИСПИТИВАЊА

Креч, преко својих хемијских реакција, утиче на неке физичке карактеристике тла, а оне су углавном следеће: гранулометријски састав, пластичност, максималну запреминску тежину и оптималну садржину воде, чврстоћу на притисак, носивост и трајност (постојаност под утицајем воде и мраза).

Да би се утврдио утицај креча на изабране материјале извршена је серија лабораторијских опита и студирани су следећи утицаји: 1) промена гранулометријског састава, 2) промена пластичних карактеристика, 3) измена односа запреминска тежина садржина воде, 4) промене једноаксијалних чврстоћа са временом стајања и са процентом додатог стабилизатора као и 5) промена носивости изражена CBR бројем.

За свих пет врста материјала припремљени су узорци са различитим процентима додатног креча, затим креча и летећег пепела.

Мешавине употребљених материјала рађене су за:

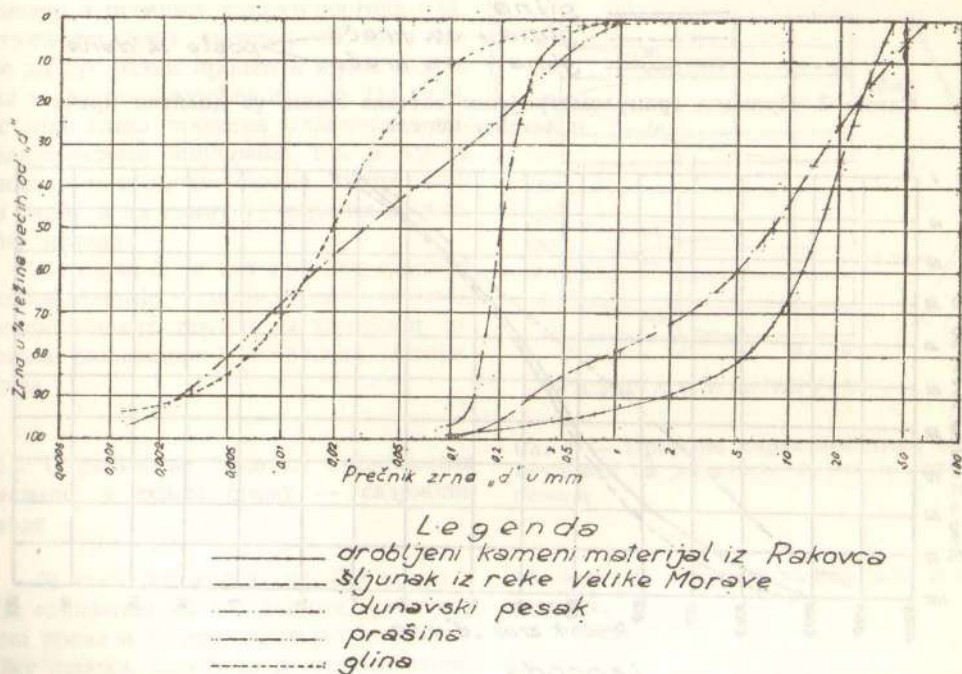
- дробљени камени материјал из „Раковца“ са 30% и 50% хидратисаног креча
- шљунак из р. Велике Мораве са 30%, 50% и 7% хидратисаног креча
- дунавски песак са 30%, 50% и 70% хидратисаног креча
- прашинаст и глиновит материјал са 50%, 7% и 90% хидратисаног креча.

Поред наведених мешавина материјала са хидратисаним кречом, такође су рађене и мешавине са истим процентима креча, којима је додаван ле-

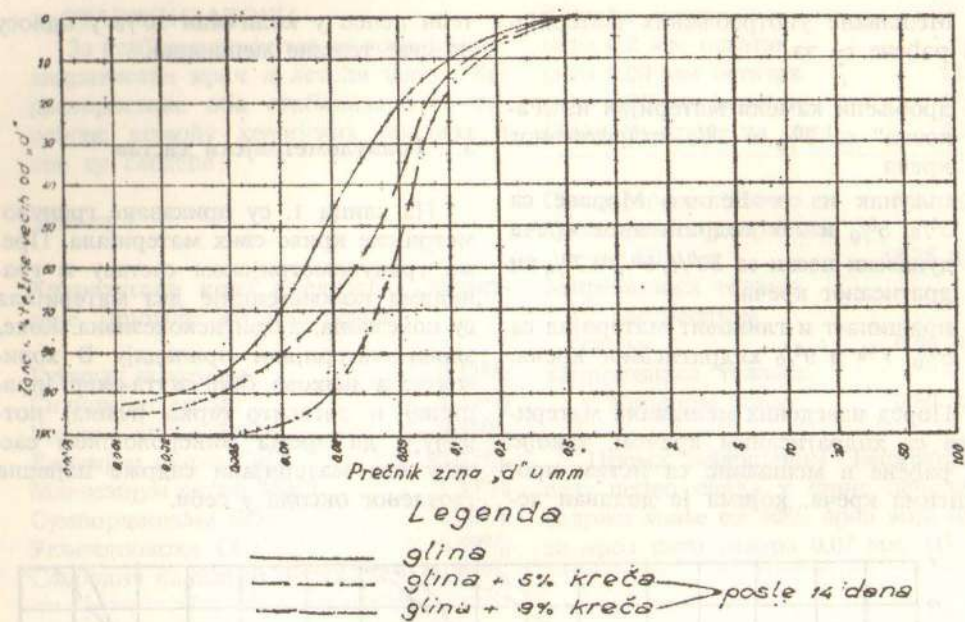
тећи пепео у количини 10% у односу на суве тежине мешавина.

3.1. Гранулометријски састав

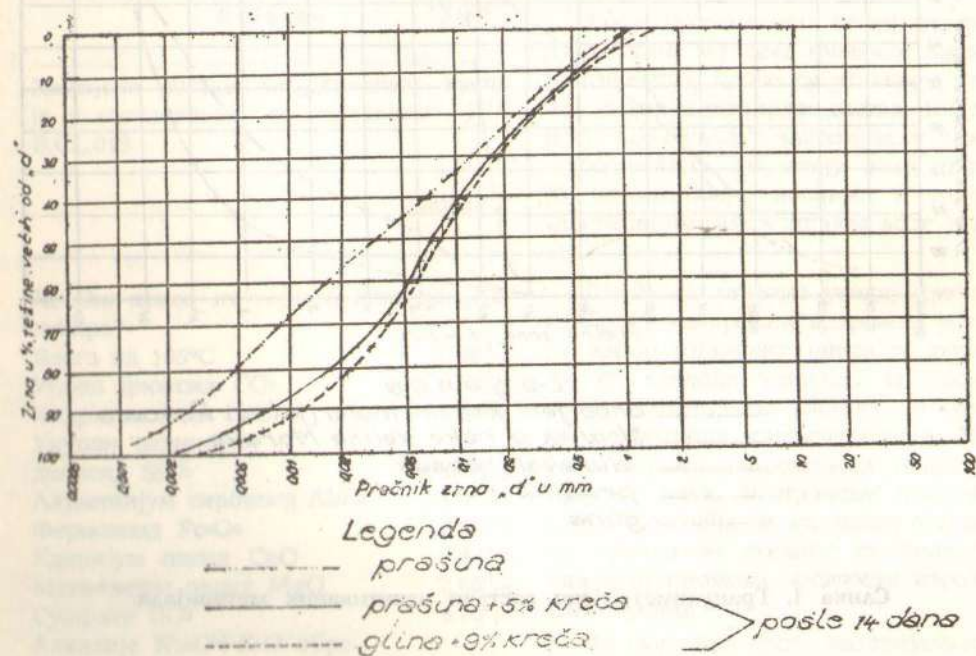
На слици 1. су приказане гранулометријске криве ових материјала. Према гранулометријском саставу и границама конзистенције два материјала су кохезивна, а три некохезивна. Кохезивни материјали припадају В хоризонту, а њихове боје жута-окер (прашина) и загасито мрка (глина) потврђују, да према минеролошком саставу ови материјали садрже највише гвозденог оксида у себи.



Слика 1. Гранулометријски састави испитиваних материјала



Слика 2. Промена гранулометријског састава глине уз додатак креча и летећег пепела



Слика 3. Промена гранулометријског састава прашине уз додатак креча и летећег пепела

Поред гранулометријског састава природног материјала, вршено је испитивање промене гранулометријског састава прашине и глине када им се додају различити проценти креча. На сл. 2. су приказане гранулометријске криве глине стабилизоване са 5% и 9% креча после 14 дана, а на сл. 3. гранулометријске криве прашине стабилизоване са 5% и 7% креча после 14 дана.

3.2. Опити пластичности

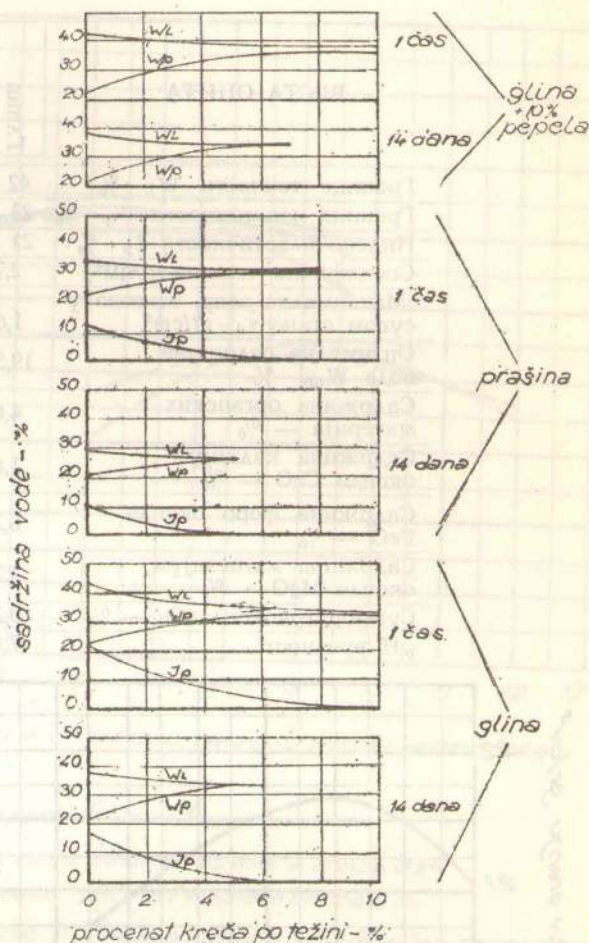
Границе течности и пластичности су одређиване за прашину и глину, пошто остали материјали немају пластичних карактеристика. Такође је испитивана и промена карактеристика пластичности ових материјала, када им се додају разни проценти креча и креча уз додатак летећег пепела. На сл. 4. је приказана промена пластичних карактеристика мешавине тла и креча после 1 ч. и после 14 дана. За прашину и глину и за глину уз додатак и летећег пепела.

У табели 3. је дат преглед граница конистенције, специфичних тежина, запреминских тежина, и хемијског састава (кохезивних) испитаних материјала.

3.3. Одређивање односа запреминска тежина у сувом стању — садржина воде

За ових пет врста тла, без креча и за мешавине тла са разним процентима креча и са кречом уз додатак летећег пепела, одређени су односи запреминска тежина у сувом стању-садржина воде. Мешавине и природни материјали су збијени са енергијом збијања од 275 тм/м³.

На сликама 5—9 су приказане добивене вредности максималних запреминских тежина и оптималних саржи-



Сл. 4 — Промене карактеристика пластичности са додатком креча и летећег пепела

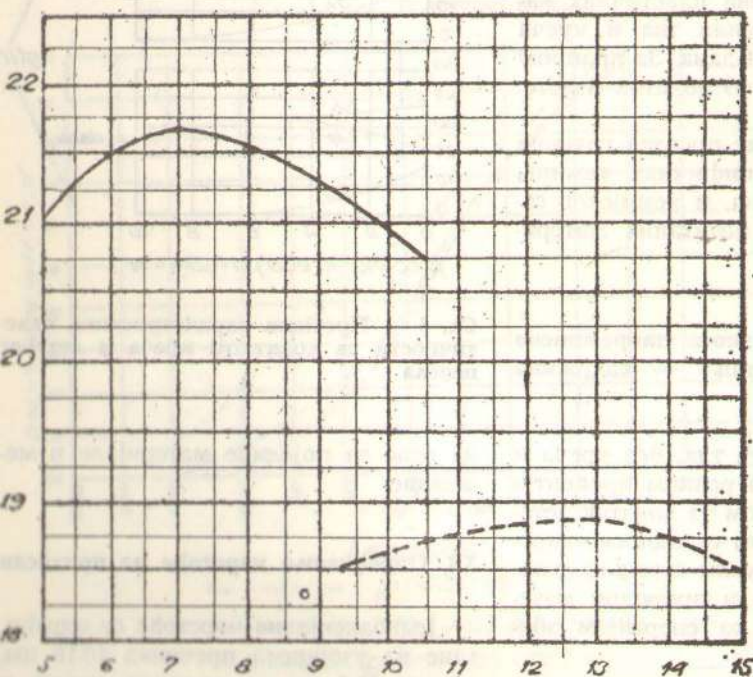
на воде за поједине материјале и мешавине.

3.4. Одређивање чврстоће на притисак

Једноаксијалне чврстоће су одређиване на узорцима пречника 10.16 цм, висине 12,5 цм за прашину, глину и песак, а на узорцима пречника 15,2 цм, висине 12,5 цм за песковити шљу-

Табела 3.

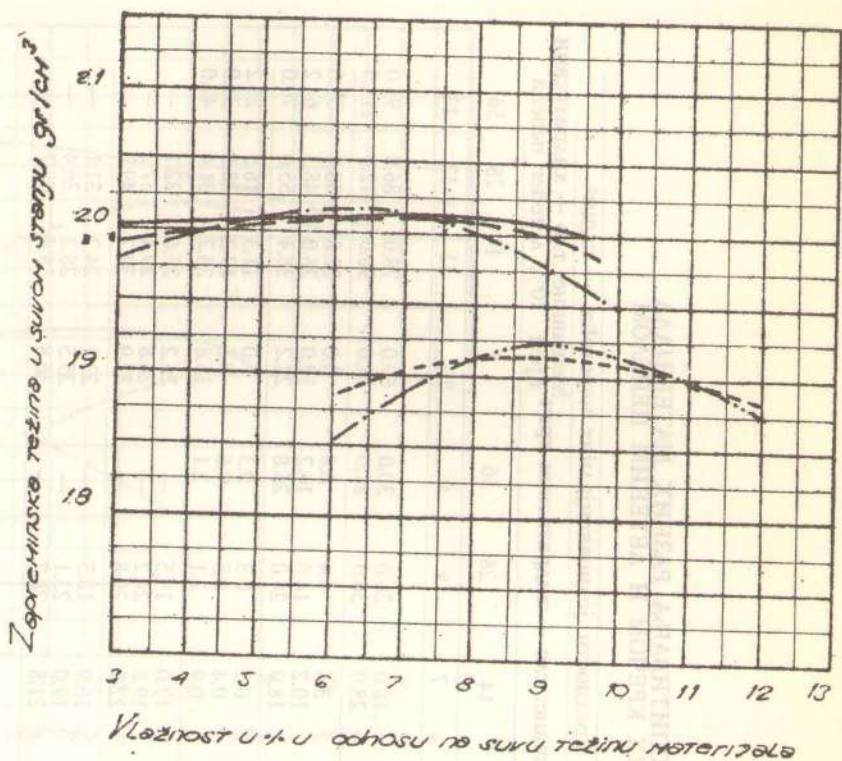
ВРСТА ОПИТА	Глина	Прашина	Лунавски песак	Шљунак из реке Велике Мораве	Дробљени камени материјал из Раков- ца
Границе течности $W_L - \%$	42	34	—	—	—
Граница пластичности $W_P - \%$	23	23	—	—	—
Индекс пластичности $I_P - \%$	21	11	—	—	—
Специфична тежина-гр/цм ³	2,72	2,71	2,66	2,60	2,60
Максимална запр. тежина у сувом стању $\gamma_d - \text{gr/cm}^3$	1,60	1,76	1,63	2,01	2,16
Оптимална садржина воде $W_{opt} - \%$	19,50	15,30	11,80	8,00	7,00
Садржина органских материја — $\%$	4,00	2,00	—	—	—
Садржина калцијум оксида $\text{CaO} - \%$	1,60	2,30	—	—	—
Садржина фери оксида $\text{FeO} - \%$	8,20	6,10	—	—	—
Садржина магнезијум оксида $\text{MgO} - \%$	3,20	2,4	—	—	—
Сумпор триоксид $\text{SO}_3 - \%$	0,26	0,17	—	—	—
Н вредност	7,60	7,20	—	—	—



Слика 5. Утицај дода-
тка креча и летећег
пепела на однос за-
преминска тежина-са-
држина воде за дробљ-
ени камени матери-
јал

— Дробљени камени ма-
теријал из Раковца
--- Ризла 65% креч
5% + пепео 10%

Vaznost u % u odnosu na suhu težinu materijala



Табела 6. Утицај дода-
ка креча и летећег
пела на однос запре-
нска тежина-садрж-
на воде за шљивак

— Stupanjak iz reke Velike Morave

--- sljunak iz reke Velike Morave + kroča 3%

— — — 3. Ljunak iz reke Velike Morave + krečak 5%.

—... šljunak iz reke V. Morave + kreč 3% + letačeg pepela 10%.

----- sljunač iz reke v Moravě + krečča sv. + letedceg pepela

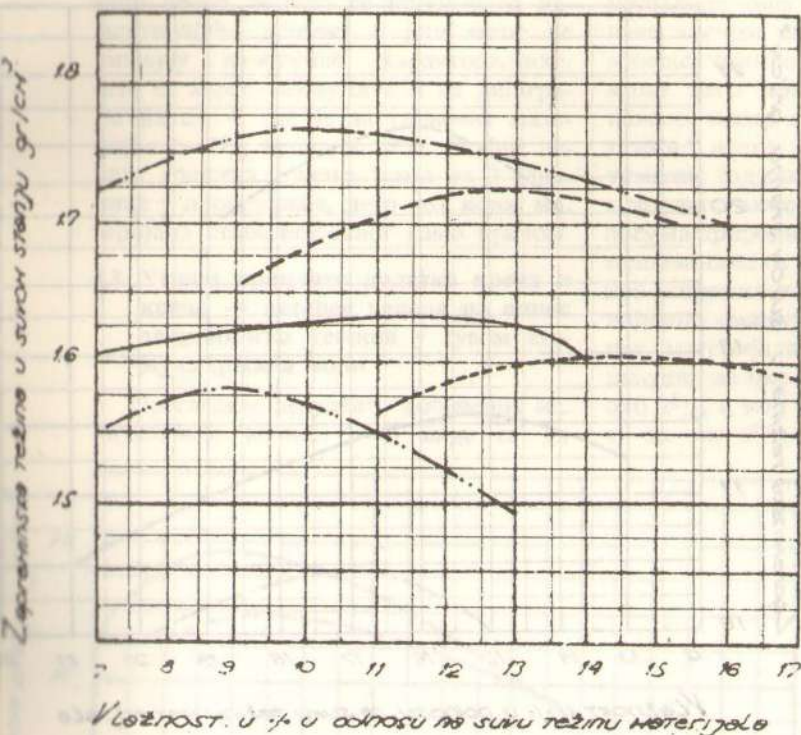
к и дробљени камени материјал. У-
рци су имали запреминске тежине и
везности одређене по модифицира-
м Проктор-овом поступку. Од сваке
шпацине је рађена серија узорака (12
узорака) са истом садржином крча
и крча и пепела и остављана да стоји
2, 4, 6 или 8 недеља. На крају истека
времена одређеног за чување узорака,
одређиване су једноаксијалне чврстоће

за узорке из једне серије. За узорке прашине и глине су одређиване и једноаксијалне чврстоће узорака после циклуса влажења и сушења и мржњења и крављења.

Прегледи одређених вредности једноаксијалних чврстоћа приказани су на сликама 10—14 и у табели 4. ради лакшег упоређења вредности једноаксијалних чврстоћа.

РЕЗУЛТАТИ ЛАБОРАТОРИЈСКИХ ИСПИТИВАЊА РАЗНИХ МАТЕРИЈАЛА
СТАБИЛИЗОВАНИХ ХИДРАТИСАНИХ КРЕЧОМ И ЛЕТЕЛИМ ПЕПЕЛОМ

Врста гл	Врста тла по тежини	Запремина тла у сувој стању γ_d гр/см ³	Садржина воде %	Количина креч опачајтеж [%]	Вредности једноаксијалних чврстоћа — кг/см ²									
					Мешавине: тло + хидратисани креч					Мешавине: тло + хидратисани креч 10% летећег пепела				
					7	14	28	56	7	10	11	12	13	13
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	13
Ризла из „Раковица“ 0 до 40 мм	97	2.15	8.8	3	10.0	18.0	26.0	30.0	69.0	78.0	86.0	93.0		
	95	2.11	9.0	5	13.0	28.0	36.0	81.0	81.0	90.0	112.0	118.0		
Шљунак	97	2.22	5.6	3	3.6	3.8	4.4	6.8	6.0	22.8	38.0	53.0		
	95	2.21	5.8	5	6.2	10.2	14.0	16.2	12.0	28.0	48.5	64.2		
„моравца“	93	2.20	3.9	7	15.0	18.0	24.0	25.8	22.2	38.4	55.0	70.0		
	97	1.72	1.25	3	—	0.2	0.3	0.3	7.0	11.3	16.5	21.2		
Песак	95	1.75	8.8	5	—	0.4	0.5	0.6	9.5	19.2	28.5	32.0		
	93	1.75	8.2	7	—	0.9	2.1	2.1	15.8	23.2	31.4	47.0		
„Лунавац“	95	1.83	14.0	5	16.0	17.0	19.5	—	24.2	25.6	32.1	—		
	93	1.79	15.0	7	18.2	19.8	24.2	—	26.8	29.4	37.2	—		
Прашина	91	1.78	15.5	9	20.4	22.0	29.8	—	37.9	39.2	49.5	—		
	95	1.72	16.9	5	15.0	16.9	18.5	—	23.1	24.2	31.1	—		
Глина	93	1.71	17.4	7	17.5	19.0	23.1	—	25.5	28.2	36.4	—		
	91	1.72	16.5	9	19.5	21.8	28.7	—	36.8	38.4	48.7	—		



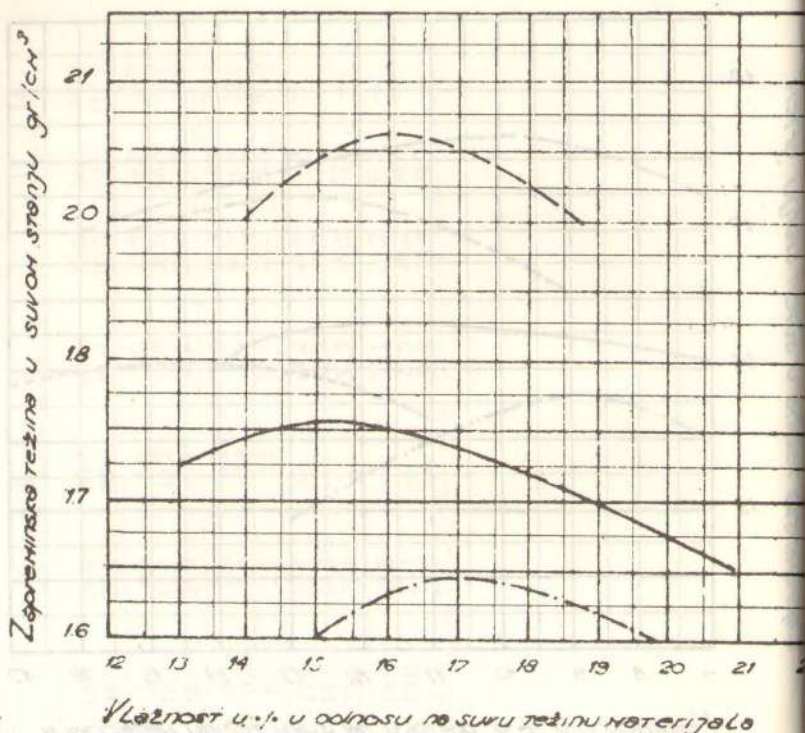
Слика 7. Утицај додатка креча и летећег пепела на однос запреминска тежина-садржина воде за песак

3.5. CBR опит

Осим опита једноаксијалних чврстоћа за све испитиване материјале су израђени CBR опити на узорцима утврђеним са разним процентима додатог креча и креча уз додаток летећег пепела, да би се утврдила њихова носивост на бази CBR броја.

Дијаграм који показује како се CBR број мења са повећањем процента додатог креча и креча уз додаток летећег пепела приказан је на слици 15.

CBR опити су вршени на узорцима припремљеним за разне мешавине материјала са истим процентима креча и летећег пепела, као и узорци који су се користили за испитивање једноаксијалних чврстоћа. Узорци на којима су извођени CBR опити били су збијени са оптималном садржином воде, а до максималне запреминске тежине у сувом стању, који одговара енергији збијања од 275 тм/м³. Сви узорци



Слика 8. Утицај додатка креча и летећег пепела на однос запреминска тежина-садржина воде за прашину

— prašina

--- prašina 95% + kreča 5%

- · - - prašina 91% + kreča 9% + leteći pepeo 10%

су пре испитивања били потопљени 4 дана у води.

теријал садржи више прашинастих и глиновитих честица јасно је да су и промене веће. (2).

4. ИНТЕРПРЕТАЦИЈА РЕЗУЛТАТА ИЗВРШЕНИХ ИСПИТИВАЊА

4.1. Гранулометријски састав

Из слика 2. и 3. се види да је креч утицао на промену гранулометријског састава оба кохезивна материјала, али да је та промена незнатна код прашиног, а више изражена код глине. Промена гранулометријског састава се састоји у агломерацији неких честица прашиног и глине. Пошто глиновит ма-

4.2. Опити пластичности

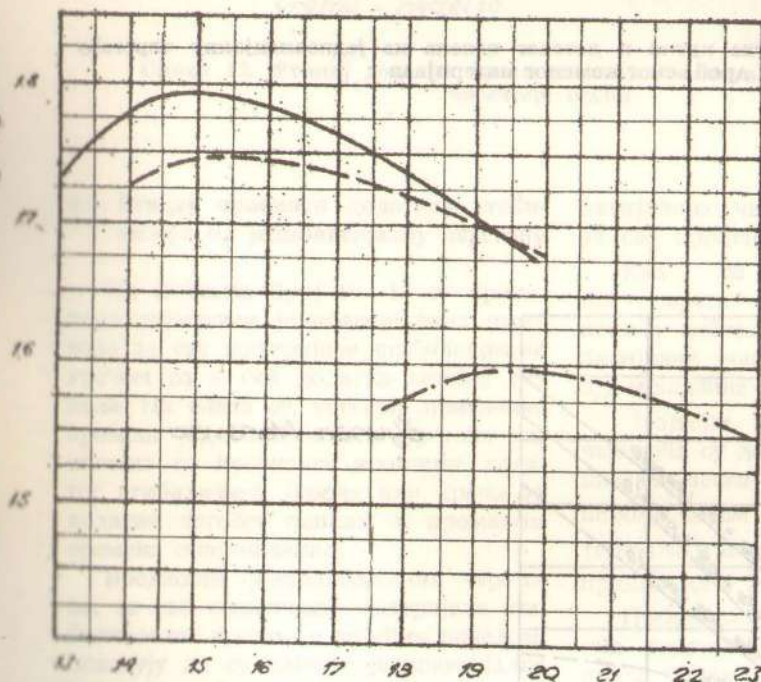
Промена пластичних карактеристика је више изражена код глиновитог материјала него код прашинастог, што је и логичније јер је глина средње пластична, а прашина ниско пластична, а познато је да је ефекат креча више изражен код пластичнијих материјала. Међутим, када се таквом тлу које треба да се стабилизује кречом дода ле-

тећи пепео, знатно се побољшава цементирајуће дејство и још више се смањују пластичне карактеристике, што се може закључити и из дијаграма на сл. 4. где је за глиновит материјал са 7% креча и 10% летећег пепела граница течења мања за 3 јединице у процентима, него код истог материјала стабилизованог само кречом.

4.3. Утицај процента додатка креча и креча — летећег пепела на однос запреминска тежина у сувом стању-садржина воде

Прегледом резултата добивених испитивањем (слике 5—9) виде се да

мешавине свих материјала стабилизоване кречом имају максималне запреминске тежине у сувом стању нешто мање него природно тле, изузев дунавског песка, код кога су запреминске тежине нешто веће. Што се тиче оптималне садржине воде она је код свих мешавина материјала мало већа, у односу на природно тло. Међутим, када се мешавинама са кречом дода летећи пепео запреминска тежина мешавина се највише смањује код дробљеног каменог материјала око 13%, затим код шљунка за око 5%, код песка најмање око 2%, а код прашине и глине више, тј. за око 9%.



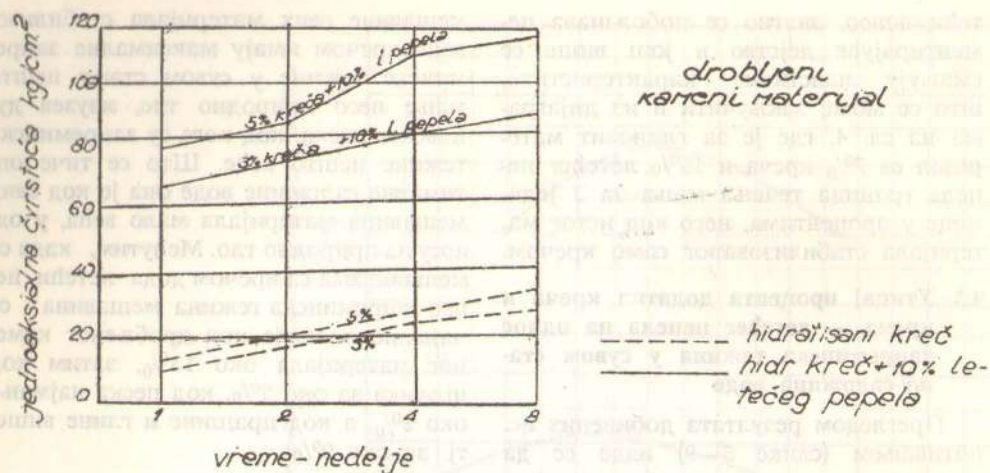
Слика 9. Утицај додатка креча и летећег пепела на однос запреминска тежина-садржина воде за глину.

Vlažnost u % u odnosu na suhu težinu materijala

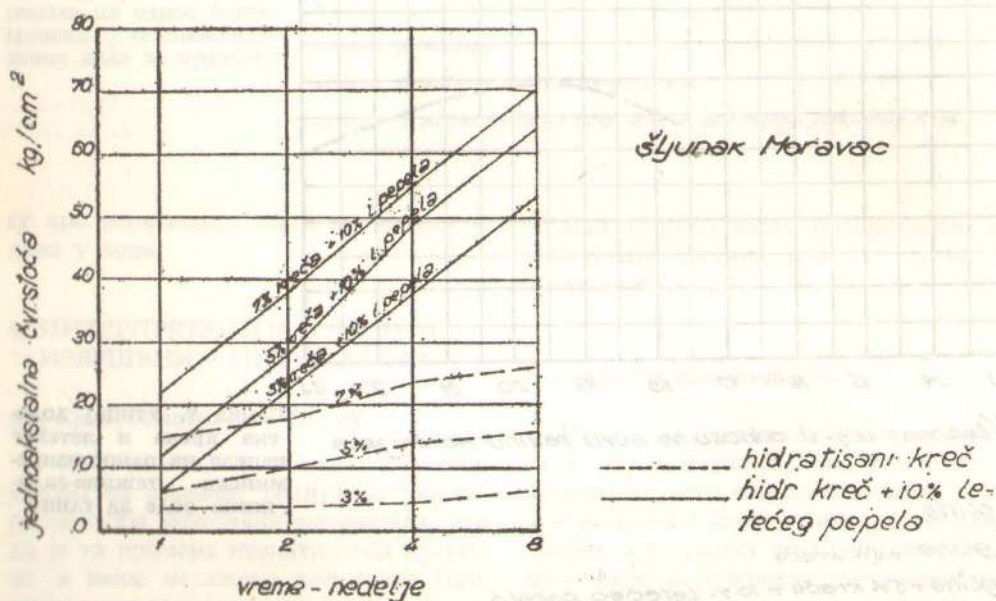
— глине

— глине + 5% креча

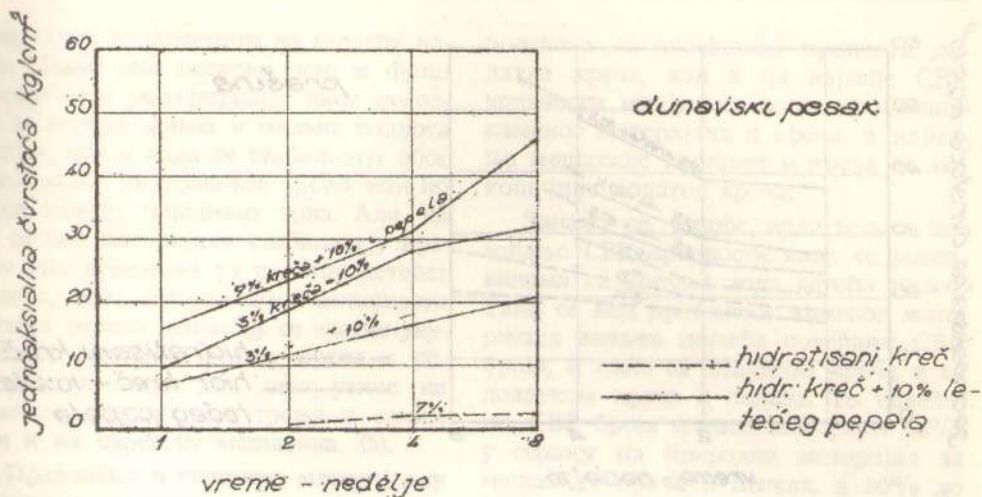
— глине + 5% креча + 10% летећег пепела



Слика 10. Утицај додатка креча и летећег пепела на једноосијалну чврстоћу дробљеног каменог материјала



Слика 11. Утицај додатка креча и летећег пепела на једноосијалну чврстоћу шљунка



Слика 12. Утицај додатка креча и летећег пепела на једноаксијалну чврстоћу песка

4.4. Утицај процента додатака стабилизера на једноаксијалну чврстоћу

На сликама број 10—14 су приказани дијаграми једноаксијалних чврстоћа за све материјале стабилизоване кречом са и без додатка летећег пепела. На њима су, уствари, приказане промене једноаксијалних чврстоћа мешавина са променом количине додатог стабилизера (креча или креча уз додатак летећег пепела) и променом времена очвршћавања.

Вредности једноаксијалних чврстоћа, за све испитиване материјале стабилизоване кречом и летећим пепелом, показују да су највеће једноаксијалне чврстоће добивене за мешавине дробљеног каменог материјала из Раковца стабилизованог кречом и то за све проценте додатог креча. Једноаксијалне чврстоће шљунка, стабилизованог кречом, су знатно веће од једноаксијалних чврстоћа дунавског песка. Међутим, једноаксијалне чврстоће прашинастог и глиновитог материјала, стабилизованог кречом су веће од једно-

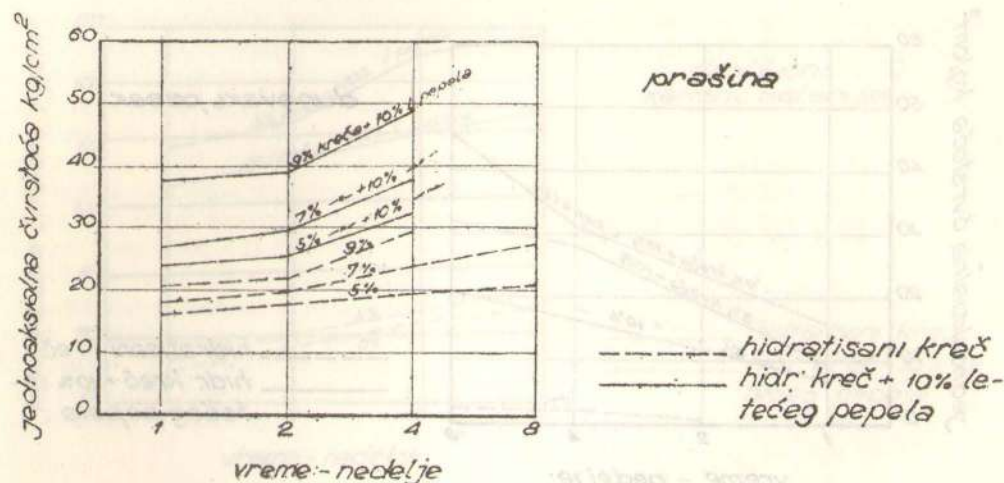
аксијалних чврстоћа дунавског песка за све проценте додатог креча.

Кад се мешавинама, свих пет врста дода 10% летећег пепела добијају се знатно веће једноаксијалне чврстоће, него што их имају мешавине тла и креча, без пепела.

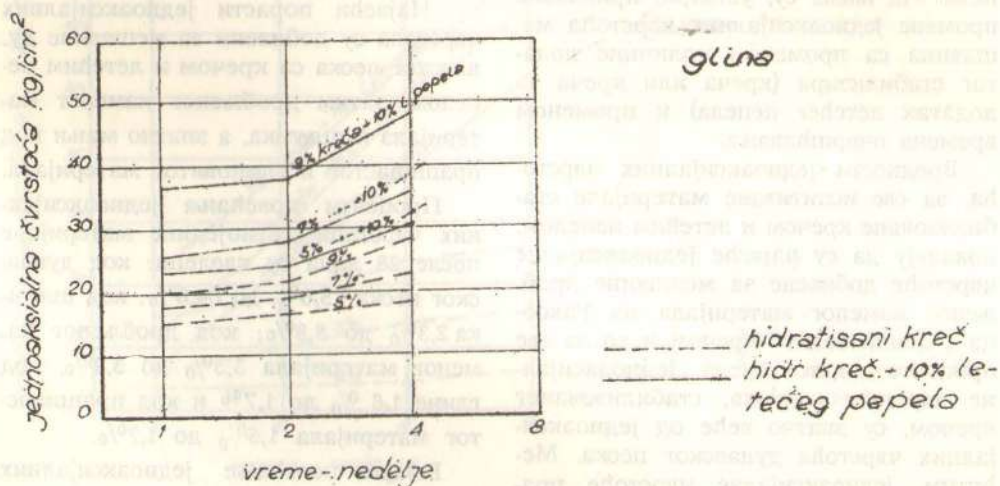
Највећи пораст једноаксијалних чврстоћа су добивени за мешавине дунавског песка са кречом и летећим пепелом, затим дробљеног каменог материјала и шљунка, а знатно мањи код прашинастог и глиновитог материјала.

Проценти повећања једноаксијалних чврстоћа за поједине материјале после 28 дана су следећи: код дунавског песка 15,0% до 64,0%; код шљунка 2,3% до 8,8%; код дробљеног каменог материјала 3,3% до 3,9%, код глине 1,6% до 1,7% и код прашинастог материјала 1,5% до 1,7%.

Велико повећање једноаксијалних чврстоћа узорака дунавског песка, стабилизованог кречом и летећим пепе-



Слика 13. Утицај додатка креча и летећег пепела на једнооксијалну чврстоћу прашине



Слика 14. Утицај додатка креча и летећег пепела на једнооксијалну чврстоћу глине

лом, може се објаснити на следећи начин. Једнозрни пескови, као и фини прашинасти материјали, нису погодни за израду доњих и горњих подлога путева, чак и када се стабилизују због врло малог унутрашњег трења које постоји између појединих зрна. Али, када се ови материјали стабилизују кречом или цементом уз додатак летећег пепела, због пуцоланских активности летећег пепела дешавају се знатне унутрашње реакције између креча и појединих честица тла, што утиче на повећање унутрашњег трења, а самим тим и на чврстоћу мешавина. (3).

Прашинаст и глиновит материјал су отпорнији на влажење и сушење и мржњење и крављење када им се дода само креч, него кад се тим мешавинама дода и летећи пепео, јер је летећи пепео осетљив на воду и велика количина воде смањује његову одпорност (уколико је садржина воде већа од 25%). Једино су мешавине глине са 9% креча и 10% летећег пепела одпорне на утицај влажења и сушења и мржњења, јер су добивени индекси одпорности на влажење и мржњење већи од 0.8. Предпоставља се да су услови, под којима су извођени опити, сувише строги (7 дана потопљени у води и изложени 14-то дневном наизменичном мржњењу и крављењу) што су потврдили CBR опити. Узорци кохезивних материјала после 4 дана натапања нису имали већу садржину воде од 25% и сви узорци су показали пораст CBR вредности са повећањем процента додатка креча уз стални додаток пепела од 10%. Поред тога глиновит материјал и не спада у материјале опасне на утицај дејства мраза, јер му је индекс пластичности већи од 20% за рђаво дренажно тло. (1)

4.3. CBR опит

Из дијаграма на слици 15 се види да се код свих материјала CBR број

повећава са повећањем процента додатка креча, као и да највеће CBR вредности имају мешавине дробљеног каменог материјала и креча, а најмање мешавине прашине и креча за све количине додатог креча.

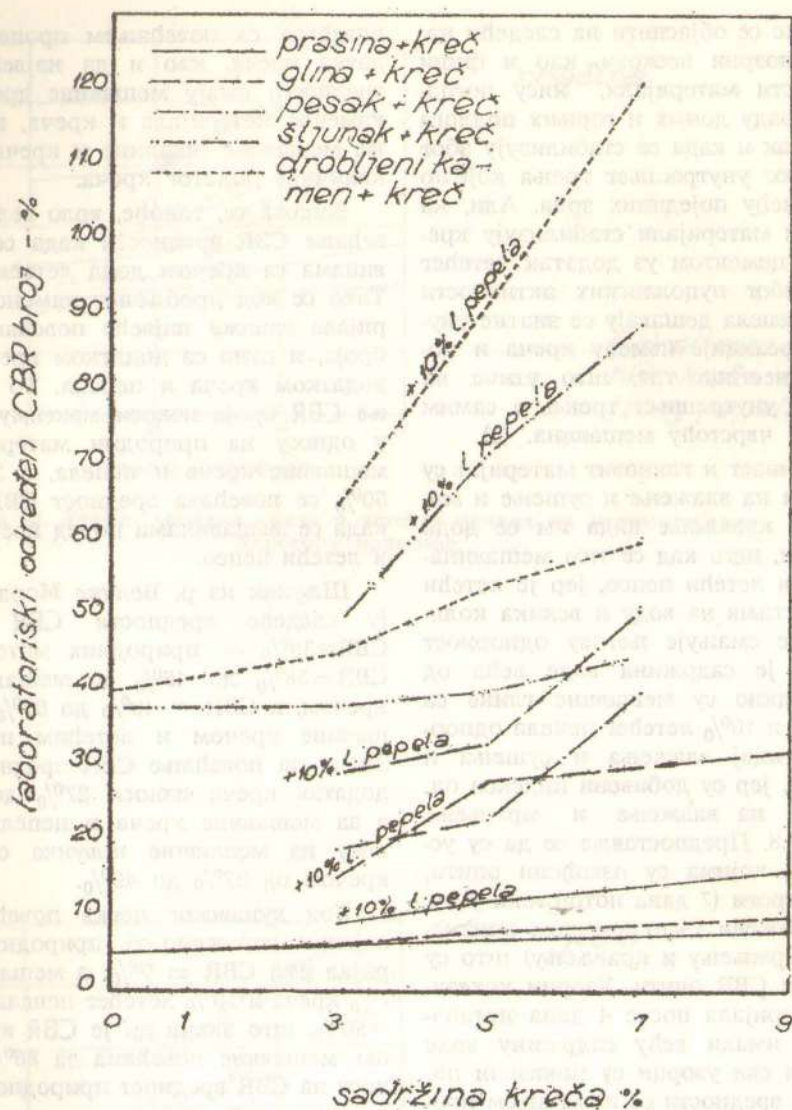
Запажа се, такође, врло велико повећање CBR вредности када се мешавинама са кречом дода летећи пепео. Тако се код дробљеног каменог материјала запажа највеће повећање CBR броја, и само са додатком креча и са додатком креча и пепела. То повећање CBR броја износи максимум 66% у односу на природни материјал за мешавине креча и пепела, а 30% до 50% се повећава вредност CBR броја када се мешавинама поред креча дода и летећи пепео.

Шљунак из р. Велике Мораве имају следеће вредности CBR броја: CBR=38% — природних материјала; CBR=38% до 45% за мешавине са кречом, а CBR = 49% до 89% за мешавине кречом и летећим пепелом. Значи да повећање CBR вредности уз додаток креча износи 27% до 60%; а за мешавине креча и пепела у односу на мешавине шљунка само са кречом од 27% до 49%.

Код дунавског песка повећање је највише изражено тј. природни материјал има CBR = 7%, а мешавине са 7% креча и 10% летећег пепела CBR = 50%, што значи да је CBR вредност ове мешавине повећана за 86% у односу на CBR вредност природног материјала.

Ово је у сагласности са максималним повећањем једоаксијалних чврстоћа код песка у односу на друге испитиване материјале. Међутим, повећање CBR вредности мешавина са кречом и летећим пепелом у односу на мешавине са кречом је мање него код дробљеног каменог материјала и шљунка и износи 20% до 34%.

Најмање повећање CBR вредности је регистровано код прашинастог ма-



Слика 15. Утицај додатка креча и летећег пепела на CBR број

теријала за мешавине само са кречом, међутим ако се дода и летећи пепео CBR вредност се повећава максимум за око 67%, тј. узорци стабилизовани са 9% креча и 10% летећег пепела имају CBR = 15%, док природни материјал има CBR = 5%.

Код глиновитог материјала повећање CBR вредности је веће него код пра-

шинастог и износи

CBR = 5% за природни материјал

CBR = 10% за мешавину са 7% креча и

CBR = 34% за мешавину са 7% креча и 10% летећег пепела, а изражено у процентима 50% до 85%.

5. ЗАКЉУЧАК

Извршена лабораторијска испитивања показују како креч и пепео утичу на поједине материјале, а такође омогућавају да се утврди погодност коришћења мешавина стабилизираних кречом и летећим пепелом, при грађењу путева.

Креч мења гранулометријски састав материјала у смислу агломерације честица прашине и глине. Степен агломерације зависи од врсте тла и креча, количине креча и протеклог времена очвршћавања. Код пластичног тла агломерација је више изражена. Под утицајем воде везе делимично ослабе, али ако су услови влажности задовољавајући мешавине са кречом се могу успешно користити у коловозним конструкцијама путева. Пластичнија тла су погоднија за стабилизацију кречом али ако се нископластичним и непластичним врстама тла уз креч дода и летећи пепео дејство цементирања се знатно побољшава и добијају се врло добре мешавине.

Пластичне карактеристике се мењају са процентом додатка креча и летећег пепела тј. смањују се. То смањење је више изражено код пластичнијих материјала.

Запреминске тежине и влажности се мењају код свих врста тла, када им се дода или само креч или уз додаток летећег пепела. Та промена се огледа било у већем или мањем повећавању и запреминских тежина и садржини воде, када или се дода само креч, било у смањењу запреминских тежина, а повећањем садржина воде када се дода један и летећи пепео. Због тога мешавине тла са кречом и летећим пепелом могу бити збијене до високог степена збијености да би се обезбедиле довољне чврстоће и постојаност на утицај воде и мрза.

Једноаксијалне чврстоће мешавина тла и креча уз додаток летећег пепела код свих материјала се повећавају са повећањем садржине креча и времена очвршћавања, у односу на мешавине истих материјала само са кречом. Највећи пораст једноаксијалних чврстоћа су добивени код дунавског песка, затим код дробљеног каменог материјала и шљунка, а знатно мање код прашинастог и глиновитог материјала.

Носивост мешавина креча и летећег пепела, изражена CBR бројем, знатно се повећава код свих материјала, са повећањем процента додатка креча у односу на мешавине са кречом, а нарочито у односу на CBR вредности природног материјала. Врло велике вредности једноаксијалних чврстоћа, као и CBR вредности показале сумешавине ломљеног каменог материјала са кречом и летећим пепелом. Ове се мешавине само са 3% креча и 10% летећег пепела могу користити за израду горњих подлога путева са тешким саобраћајним оптерећењем.

Мешавине шљунка, креча и летећег пепела се могу користити са 5% креча и 10% летећег пепела за горње и доње подлоге путева у зависности од величине саобраћајног оптерећења.

Дунавски песак, прашина и глина стабилизирани кречом и летећим пепелом са 7% и 9% односно 9% креча и 10% летећег пепела могу да се користе за израду доњих подлога путева, а са 3% и 5% креча и 10% летећег пепела за побољшање носивости тла у постелици.

Општи би закључак био, да се креч и летећи пепео могу са успехом, користити за израду појединих слојева коловозних конструкција. Треба, ипак, истаћи да се такве мешавине могу користити са одређеним ограничењима и не треба их сматрати као материјале који се могу користити под свим условима и у свим случајевима. Успех ових мешавина је везан за врсту тла, квали-

тет и количину креча и летећег пепела. Иако креч интензивније делује са пластичнијим врстама тла, не би требало користити за израду слојева коловозне конструкције тла, која садрже више од 10% материјала који пролази кроз сито отвора 0.074 мм, због осетљивости таквих мешавина на влажење и мржњење. Најпогоднији летећи пепео је онај који има велику специфич-

ну површину (мин 2.75 cm^2 г) и мали губитак жарењем (мах 7%) (4).

За мешавине креча и летећег пепела треба да буду меродавне за оцену квалитета једноаксијалне чврстоће после 28 дана, а не после 7 дана, због споријег очвршћавања и те вредности не би требале да буду мање од 35 до 40 kg/cm^2 . (4).

LITERATURA

1. The frost susceptibility of soils and road materials". Croney and J.C. Jacobs. RRL Report LR 90, LONDON 1967.
2. „Lime soil mixtures” Moreland Her-
rin and Henry Mitchell.
Road Research Board Bulletin 304,
WASHINGTON, 1961.

3. „Stabilisation of soils with lime, lime
flayash and other lime reactive mate-
rials”
Chester M. Dowel, H. R. Board Bul-
letin 231, WASHINGTON, 1959.
4. „The use of stabilised pulverised fly
ash in road construction”. P. T. She-
rwood and M. D. Ryley, RRL Report
№ 49.
LONDON 1966.

Др Душан СВЕТЕЛ, дипл. инж.
саветник за реологију битумена и асфалта
у Институту за путеве

Примена допова и еластомера у асфалтним мешавинама

У чланку је дат приказ утицаја допова на побољшање прионљивости битумена за камени агрегат. Наведени су најпознатији допови који се могу наћи на тржишту и објашњен је начин њихове примене код справљања и уграђивања асфалтних застора по врућем поступку. Приказан је и утицај еластомера на промену стандардних и реолошких карактеристика угљоводоничних везива. С обзиром на веома разнородан квалитет битумена дат је закључак да је неопходно прићи широкој примени допова, док се у специјалним случајевима препоручује и примена еластомера.

УВОД

Стални пораст интензитета саобраћаја и саобраћајног оптерећења на нашим путевима захтева стална ојачања коловозне конструкције, као и побољшање квалитета асфалтних застора.

Један од главних услова квалитета асфалтних застора је чврста веза између каменог агрегата и слоја битумена којим је агрегат обавијен. С друге стране, пошто реолошке особине битумена утичу на реолошке карактеристике асфалтних мешавина, особине асфалтних застора у великој мери зависе од структуре и реолошких особина битумена.

Код храпавих асфалтних застора питању квалитета угљоводоничног везива, као и прионљивост везива за камене агрегат, треба посветити нарочиту пажњу, пошто се за храпаве асфалтне засторе примењују отвореније дисконтинуалне мешавине, код којих је дејство воде израженије, или се у слоју асфалтног застора утискује обавијена камена ситнеж, при чему је неопходна што јача веза између асфалтне мешавине и обавијеног агрегата који се утискује. У овим системима битумен сем добре прионљивости за камени агрегат треба да има и изражене еластичне карактеристике, тако да се често примењују различити еластометри за побољшање реолошких карактеристика битумена и асфалтних мешавина.

Чланак је објављен у часопису бр. 2/71 „ИНСТИТУТ ЗА ПУТЕВЕ“, али је великог интересовања за ову област, Редакција је одлучила да га штампа и у нашем часопису.

ПРИМЕНА ДОПОВА ЗА ПОВОЉШАЊЕ ПРИОНЉИВОСТИ

Као што је већ напоменуто, један од главних услова квалитета асфалтних мешавина је чврста веза између битумена и каменог материјала — песка и камене ситнежи. Битумен треба да има добру прионљивост за зрно каменог агрегата, како се филм битумена не би одвојио од зрна под дејством воде и влаге током дужег временског периода, као и под дејством механичких оптерећења која се јављају под дејством саобраћаја.

Стандардизовани камени агрегат који се примењује код израде асфалтних мешавина показује задовољавајућу прионљивост, ако се испитивања врше по усвојеној DIN 1996 методи. Ако се, међутим, испитивања врше по некој од мноштва строжијих метода, многи познати камени агрегати показују незадовољавајућу прионљивост. Ако се ради са локалним материјалима који нам стоје на располагању, ситуација је још тежа. Пошто се превоз каменог материјала стандардног квалитета често мора вршити са великих удаљености, што у знатној мери покупује трошкове грађења, све чешће се приступа примени локалних каменних материјала који у великом броју случајева немају задовољавајућу прионљивост са различитим типовима битумена.

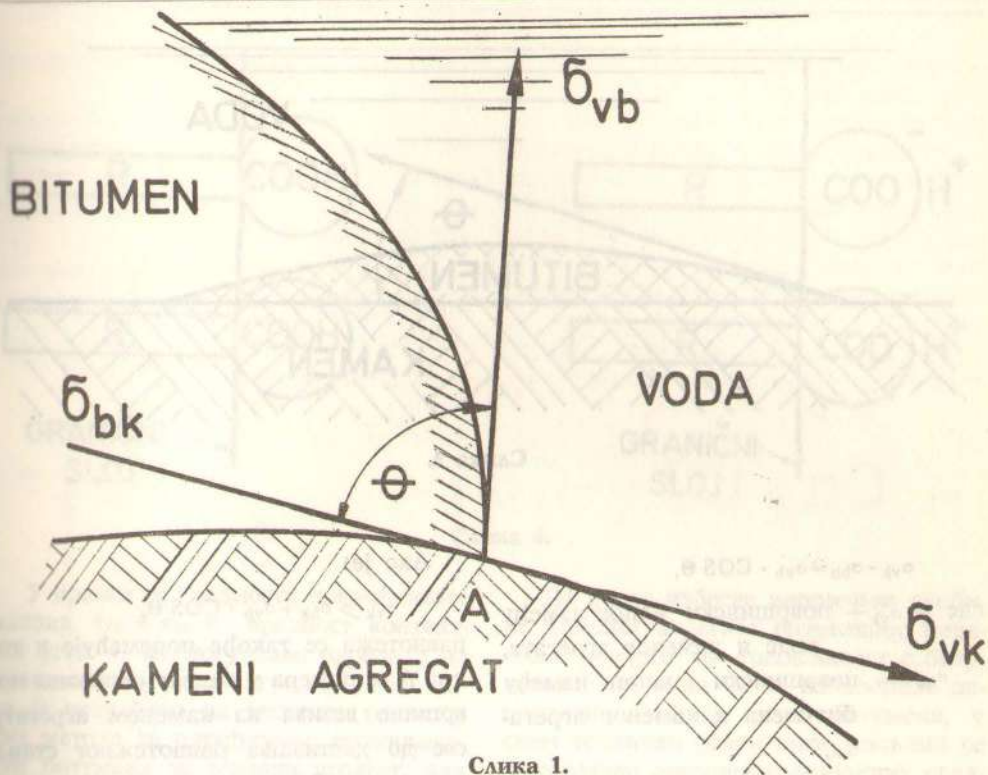
Још тежи случај је са квалитетом битумена. Код нас се за сада четири рафинерије баве производњом битумена, и то Рафинерија у Босанском Броду, Рафинерија „Борис Кидрич“ у Ријеци, Рафинерија у Сиску „Нафтагас“ из Новог Сада. Свака од ових рафинерија производи битумене различитог састава, с обзиром да је сировина за њихово добијање различита а такође и технолошки поступак за њихово добијање. Међутим, ове три рафинерије не могу у потпуности да задо-

воље капацитете и потребе битуменске индустрије и потребе предузећа за путеве, тако да се производњом битумена баве и „Рафинерија“ у Славонском Броду, „Изолација“ у Љубљани, и „Битуменска“ у Сарајеву. Поред тога битумен се годинама увози из Мађарске, Румуније, Пољске, Албаније, Аустрије и Италије. Овако неповољна ситуација на тржишту, тј. оваква велика разнородност квалитета битумена је специфична за нашу земљу. У осталим земљама Европе углавном се употребљава квалитетнији битумен сталних карактеристика, или пак битумен који је додуше лошијег квалитета од просека квалитета битумена који се код нас примењује, али је зато сталних карактеристика, тако да се одговарајућом технологијом уграђивања ублажују недостаци у квалитету битумена који су познати. Код нас се због широког спектра квалитета, особина и структуре битумена често уграђује неклалитетан битумен, те је потребно применити мере за отклањање овог недостатка, односно у конкретном случају потребно је применити мере за побољшање прионљивости битумена за агрегате.

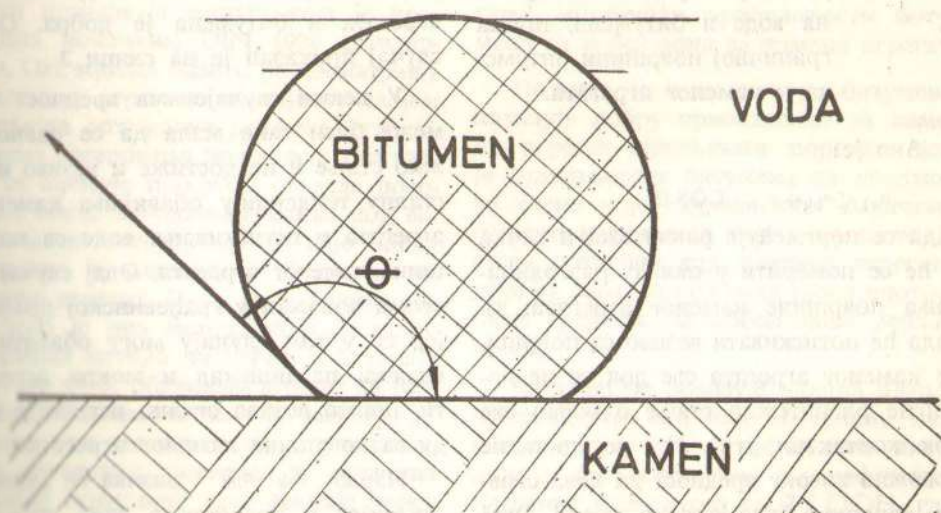
УТИЦАЈ ДОПОВА НА ПОВОЉШАЊЕ ПРИОНЉИВОСТИ

Да бисмо добили бољи увид у прионљивост битумена и каменог агрегата, навешћемо основне теоријске поставке из ове области.

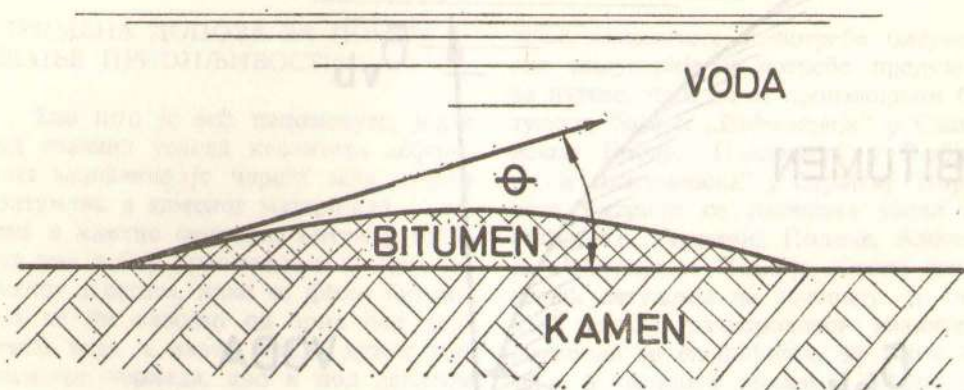
На слици 1 приказана је капљица битумена на површини каменог агрегата у тачки А, тј. на граничној тачки три различита материјала: каменог агрегата, битумена и воде, владају силе граничних површина. Да би тачка А била у равнотежи, потребно је да буде испуњен услов:



Слика 1.



Слика 2.



Слика 3.

$$\sigma_{vk} - \sigma_{bh} = \sigma_{vb} \cdot \cos \theta,$$

где је σ_{vk} — површински напон између воде и каменог агрегата,

σ_{bk} — површински напон између битумена и каменог агрегата,

σ_{vb} — површински напон између воде и битумена,

θ — контактни угао под којим је нагнута гранична површина на воде и битумена, према граничној површини битумена и каменог агрегата.

Ако је:

$$\sigma_{vk} < \sigma_{bk} + \sigma_{vb} \cdot \cos \theta$$

тада се поремећује равнотежа и тачка А ће се померити у смислу разголићавања површине каменог агрегата, тј. вода ће потискивати везиво са површине каменог агрегата све док се не постигне равнотежно стање односно све док контактни угао θ не достигне довољно високу вредност да лева страна једначине буде једнака десној. Овај случај приказан је на слици 2.

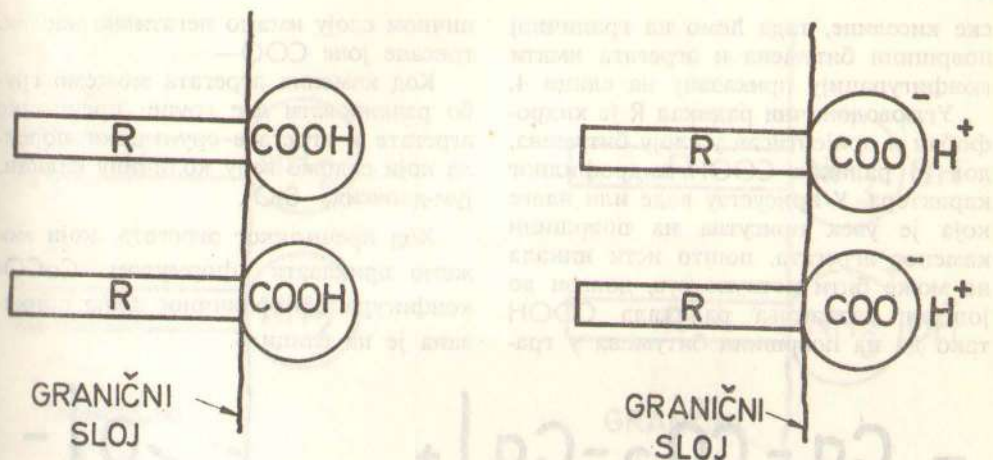
Ако је:

$$\sigma_{vk} > \sigma_{bk} + \sigma_{vb} \cdot \cos \theta,$$

равнотежа се такође поремећује и тачка А се помера у смислу повећања површине везива на каменом агрегату све до достизања равнотежног стања када угао θ достигне довољно малу вредност. У овом случају вода неће моћи да одвоји везиво са површине агрегата и прионљивост између каменог агрегата и битумена је добра. Овај случај приказан је на слици 3.

У неким случајевима вредност σ_{bk} може бити тако мала да се равнотежно стање и не достиже и везиво има сталну тенденцију обавијања каменог агрегата и истискивања воде са површине каменог агрегата. Овај случај је веома повољан у грађевинској пракси, јер се у том случају могу обавити и влажни па понекад и мокри агрегати, пошто везиво стално истискује воду са површине каменог агрегата.

Израз $\sigma_{vk} - \sigma_{bk}$ назива се „напон атхезије” и представља силу која се одупире потискујућем дејству воде.



Слика 4.

У пракси се вредности површинских напона σ_{vk} и σ_{bk} и вредност контакт-ног угла θ не могу лако одредити на хrapавој површини агрегата. Због тога је разрађено на десетине различитих метода за одређивање проионљивости битумена за каменни агрегат, али можемо са сигурношћу тврдити да ни једна од предложених метода не задовољава у потпуности.

Код нас се за испитивање проионљивости примењује метода која је прописана немачким DIN 1996 стандардом. Ова метода базира на посматрању понашања агрегата обавијеног слојем битумена оптималне дебљине, под условима лагеревања под водом. Окуларно се оцењује проценат оголеде површине после 24-часовног стања под водом, и на основу тога се даје оцена величине проионљивости битумена за каменни агрегат. Последњих година разрађено је низ метода које су модификација метода по DIN-у и базирају на томе да се обавијени агрегат на различите начине муња и загрева д различитих температура, и тек после третирања оцењује се величина оголеде површине која настаје услед повлачења битумена са површине каменног агрегата.

Да би се избегле неповољне особине каменог агрегата еруптивног порекла с обзиром на проионљивост с битуменом, као и да би се побољшале неповољне особине самог битумена, у свим технички развијеним земљама се приступило примени специјалних средстава — допова, која побољшавају лепљивост битумена за каменни агрегат.

Ради бољег разумевања дејства допова приказаћемо, у најосновнијим пр-тама, механизам проионљивости битумена са и без допа за каменни агрегат.

Позната је чињеница да битумени показују добру проионљивост за каменни агрегат кречњачког порекла, док је проионљивост битумена за еруптивне стене које садрже већу количину силицијум-диоксида веома мала, те је стога потребно код каменних агрегата који су израђени од ових стена употребити средство за побољшање лепљивости.

Битумен не показује никада алкалну реакцију, већ или неутралну или слабо киселу услед нафтенских киселина у битумену. Ако ове нафтеноке киселине обележимо са R-COOH, где је R ланац високомолекуларних угљоводоника, а COOH радикал нафтен-

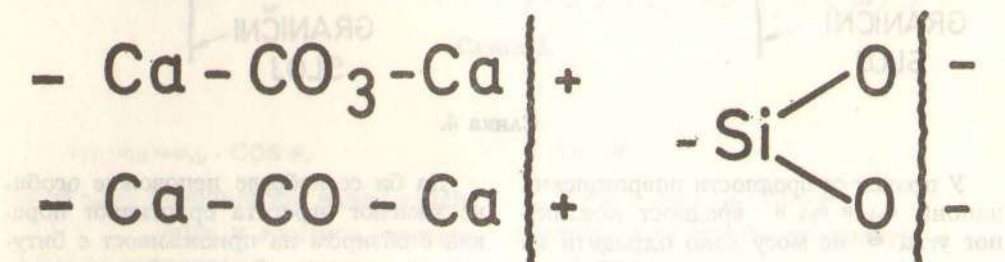
ске киселине, тада ћемо на граничној површини битумена и агрегата имати конфигурацију приказану на слици 4.

Угљоводонични радикал R је хидрофобан и оријентисан у слоју битумена, док је радикал COOH хидрофилног карактера. У присуству воде или влаге која је увек присутна на површини каменог агрегата, пошто исти никада не може бити потпуно сув, долази до јонског разлагања радикала COOH тако да на површини битумена у гра-

ничном слоју имамо негативно наелектрисане јоне COO—

Код камених агрегата можемо грубо разликовати две групе: кречњачке агрегате и агрегате еруптивног порекла који садрже већу количину силицијум-диоксида SiO₂.

Код кречњачког агрегата, који можемо приказати формулом CaCO₃ конфигурација граничног слоја приказана је на слици 5.



Слика 5.

У присуству воде долази до јонског разлагања и до стварања позитивно наелектрисаних радикала.

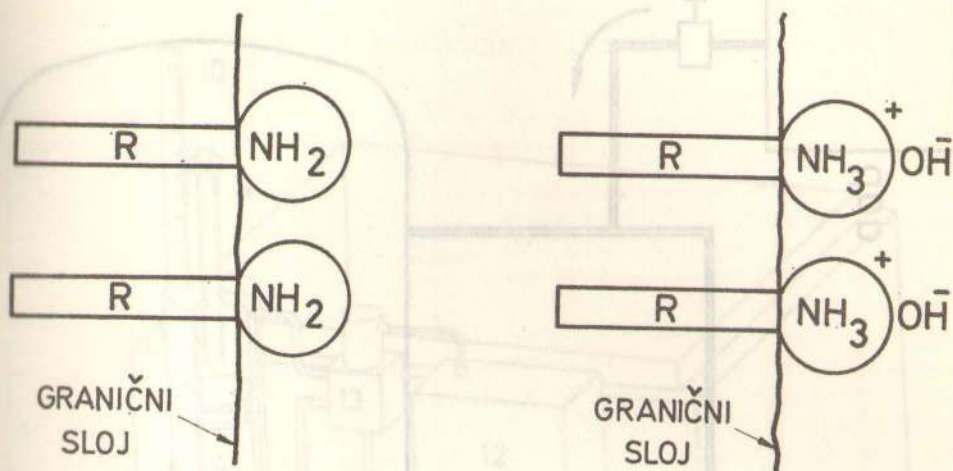
Код агрегата који садрже силицијум-диоксид, конфигурација је такође приказана на слици 5. Као што се види из слике, на површини оваквих агрегата постоје негативно наелектрисања.

Ако се граничне површине битумена и каменог агрегата посматрају на овај начин, лако се може закључити да ће код кречњачког агрегата доћи до интимне везе између слоја битумена и каменог агрегата услед различитих наелектрисања граничних површина. Код агрегата који садрже силицијум-диоксид у већим количинама, везиво неће обавијати агрегат пошто граничне површине имају исто, негативно наелектрисање.

Средства за побољшање прионљивости битумена за каменни агрегат обично су на бази амина, диамина и поли-

амина. Њихово дејство приказаћемо на случају моноамина пошто је најједноставније. Моноамини масних киселина имају општу формулу R-NH₂ где је R радикал масне киселине, а NH₂ радикал амина. Хидрофилни радикал R налази се у слоју битумена, а NH₂ радикал који је хидрофилан налази се на граничној површини опне битумена. Конфигурација граничног слоја битумена коме је додат амин приказан је на слици 6.

У присуству воде, односно влаге, долази до јонског разлагања радикала NH₂ тако да на површини каменог агрегата у граничном слоју имамо позитивно наелектрисане јоне. У овом случају опна битумена, коме је претходно додато средство за побољшање прионљивости, интимно обавија површину каменог агрегата пошто граничне површине битумена и каменог агрегата имају супротно наелектрисање.



Слика 6.

ВРСТЕ ДОПОВА — СРЕДСТВА ЗА ПОБОЉШАЊЕ ПРИОНЉИВОСТИ

На светском тржишту налази се читав низ препарата за побољшање прионљивости битумена за камене агрегате. Ова средства су показала велику активност и у великој мери утичу на побољшање прионљивости битумена за камене агрегате, па према томе и на побољшање квалитета асфалтних мешавина и асфалтних застора.

У свету се производе и примењују углавном следећи допови:

фирма **PIERREFITTE-AUBY-PRO-CHINOR** из Париза између осталих производи и следеће амине:

Примарне амине типа $R-NH_2$ поц заједничким називом **NORAM** од којих се **NORAM S** и **NORAM SH** примењују код справљања битумениких емулзија као емулгатор, а код разређених битумена као доп, док се **NORAM TVH** употребљава као доп код система „oil gravel road“;

Диамини масних киселина типа $R-NH-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$ под заједничким називом **DINORAM**, од којих се **DINORAM S**, **DINARAM SH**, **DINARAM 40**, **DINARAM S. 40**, **DINARAM**

DA 14 и др. употребљавају као емулгатори и као допови за битуменска везива;

Полиамине масних киселина типа $R-(NH-CH_2-CH_2-CH_2)_n-NH_2$ под заједничким називом **POLYRAM**, од којих се као допови углавном примењују **POLYRAM 40**, **POLYRAM 763**, **POLYRAM S**;

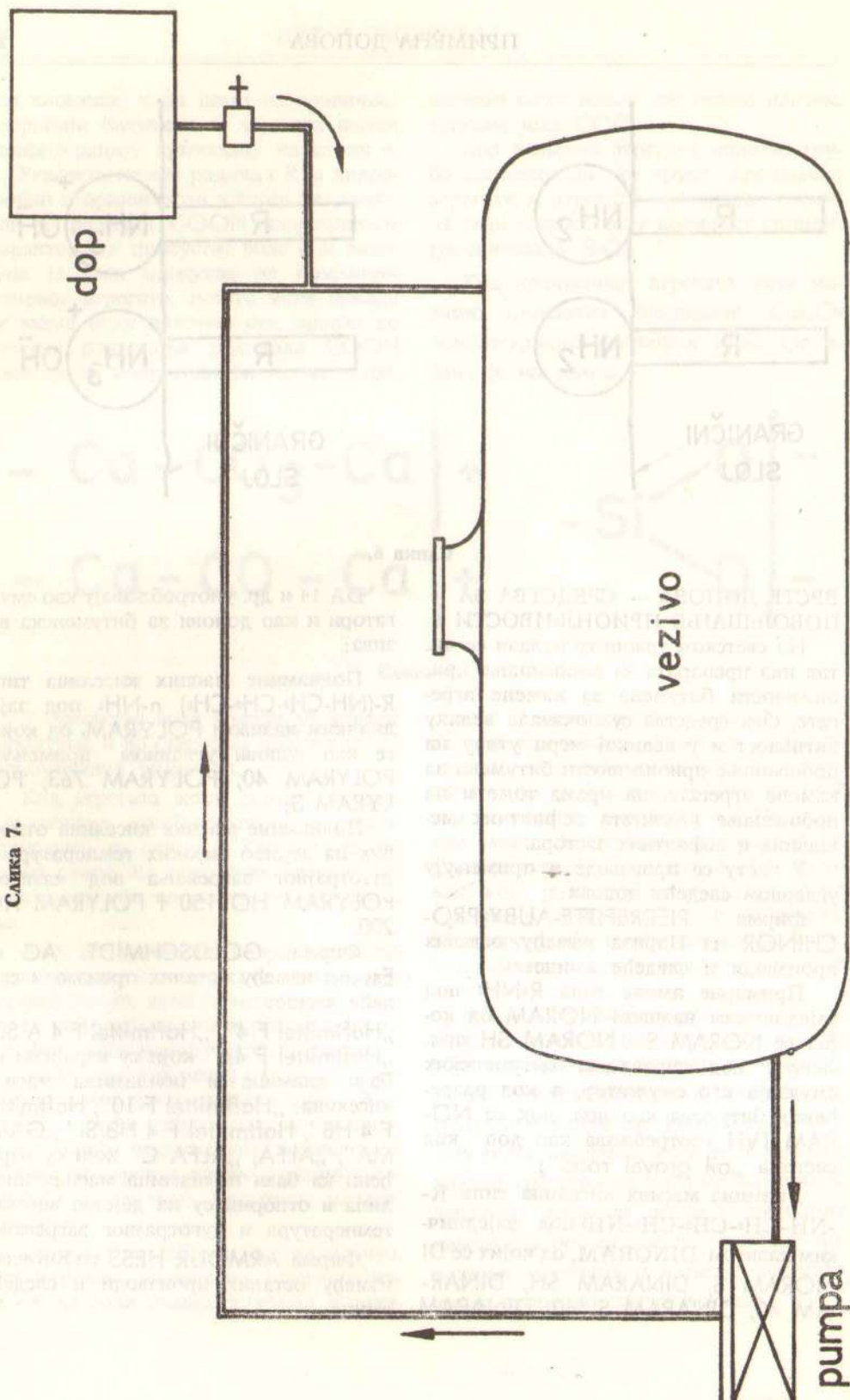
Полиамине масних киселина отпорних на дејство високих температура и дуготрајног загревања под називом **POLYRAM HO 150** и **POLYRAM HO 200**.

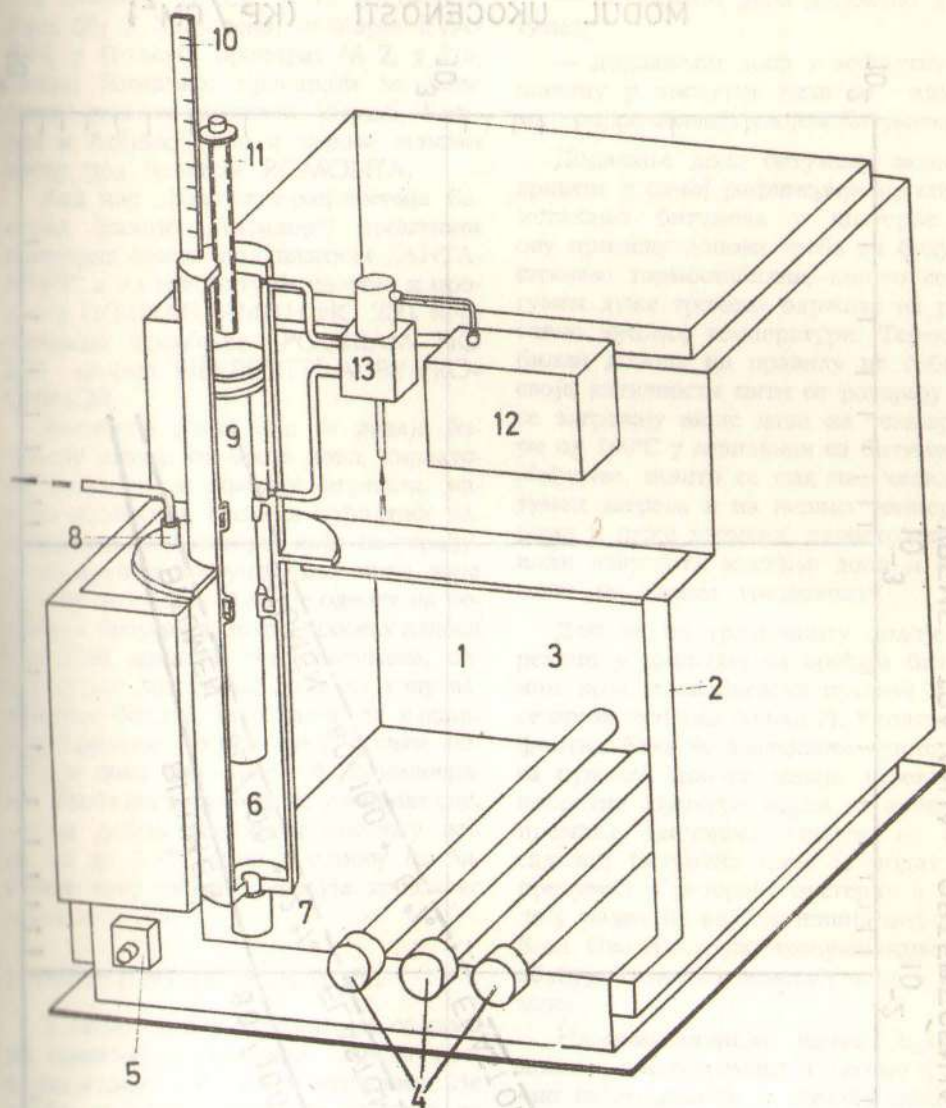
Фирма **GOLDSCHMIDT AG** из **Essen** између осталих производи следеће амине:

„Haftmittel F 4“, „Haftmittel F 4 A 50“, „Haftmittel F 4A“, који су израђени на бази диамини и полиамини масних киселина; „Haftmittel F 10“, Haftmittel F 4 HB“, Haftmittel F 4 HB/Si“, „GAMMA“, „ALFA“, „ALFA C“ који су израђени на бази полиамини масних киселина и отпорни су на дејство високих температура и дуготрајног загревања.

Фирма **ARMOUR HESS** из Енглеске између осталих производи и следеће амине:

Слика 7.





Слика 8.

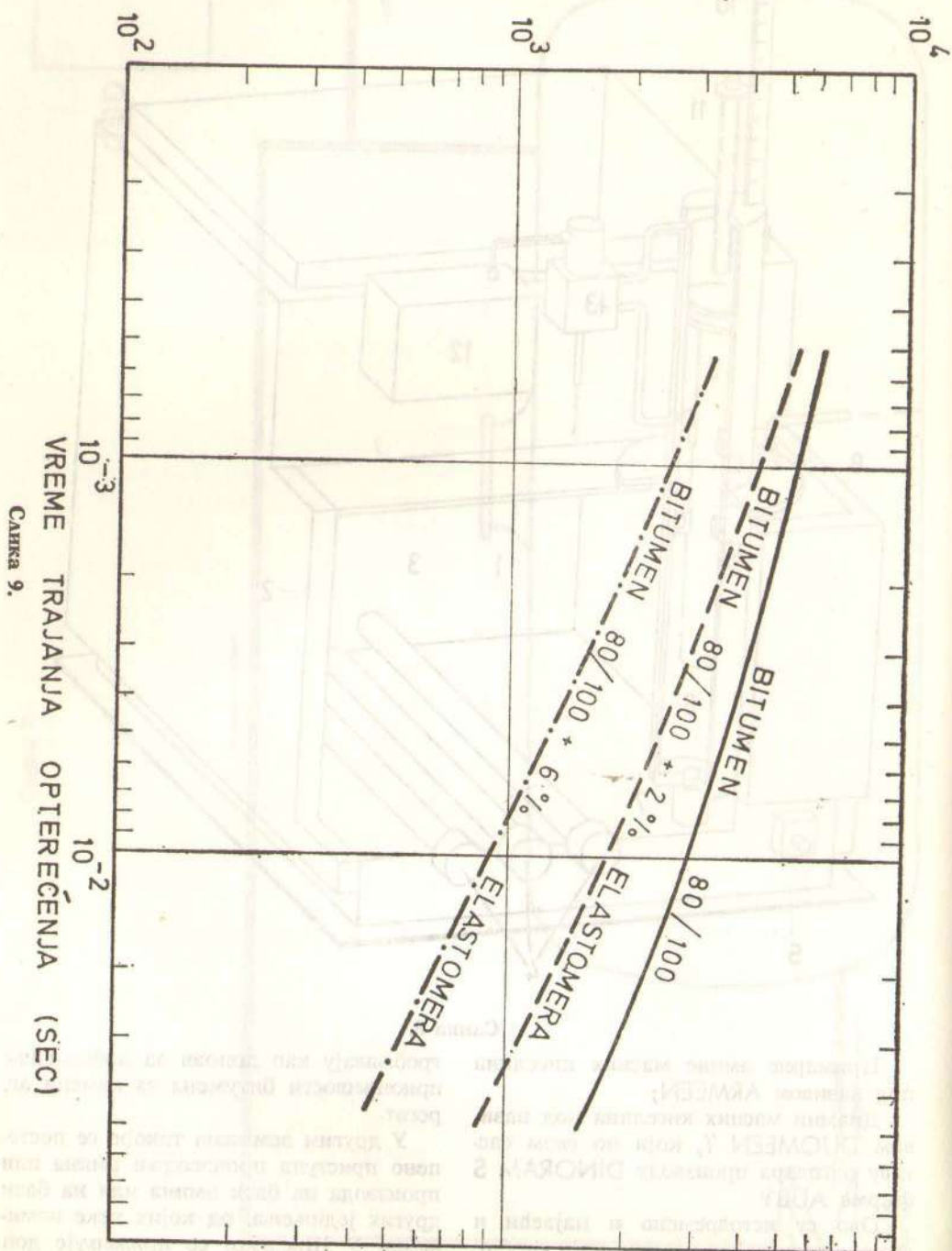
Примарне аминe масних киселина под називом **ARMEEN**;

Диамин масних киселина под називом **DUOMEEN T**, који по свом саставу одговара производу **DINORAM S** фирме **AUBY**

Ово су истовремено и највећи и главни произвођачи амина који се упо-

ребљавају као допови за побољшање прионљивости битумена за камен и асфалт.

У другим земљама такође се постепено приступа производњи амина или производа на бази амина или на бази других једињења, од којих неке помињемо: У Шведској се примењује доп

MODUL UKOČENOSTI (KP / CM^2)

Слика 9.

под називом BEROL, и то Asco-60 и Asco-66; У Мађарској препарат EVA-ZIN, у Пољској препарат М 2, у Источној Немачкој препарати на бази амина масних киселина Viacoll, Kati-nol и Adhesal, као и сирови монтан восак под називом ROMONTA.

Код нас „Нафтагас-рафинерија Београд (раније „Антикор“) производи примарне амине под називом „АНТАМИН“ а на тржишту се појавио и производ ПОЛИАНТАМИН НО 200, који одговара производу POLYRAM НО 200 фирме PIERREFITTE-AUBY-PROCHINOR.

Количина допа која се додаје битумену зависи од врсте допа, карактера битумена и каменог агрегата, начина дозирања, система асфалтног застора итд. За засторе, који се уграђују по врућем поступку, количина допа износи око 0,2 до 0,8% у односу на количину битумена, што у просеку износи око 5 кг допа на тону битумена, односно око 300 грама допа на тону асфалтног бетона, што значи да издаци код примене допова нису велики пошто је цена допа око 1 \$ по килограму. Треба рачунати да се у већини случајева добри резултати постижу већ са 0,2 до 0,3% допа у односу на битумен, што знатно смањује трошкове примене допа.

НАЧИН ПРИМЕНЕ ДОПОВА

У овом чланку задржаћемо се само на примени допова код врућег поступка израде асфалтних мешавина. Не треба, међутим, изгубити из вида да се допови у великим количинама употребљавају код хладних поступака уградња и справљања асфалтних мешавина са битуменским емулзијама и разврћеним битуменима, као и код покретних обрада, пенетриција и других поступака.

Код врућег поступка справљања асфалтних мешавина примена допа се најчешће изводи на два начина:

— додавањем допа директно у битумен,

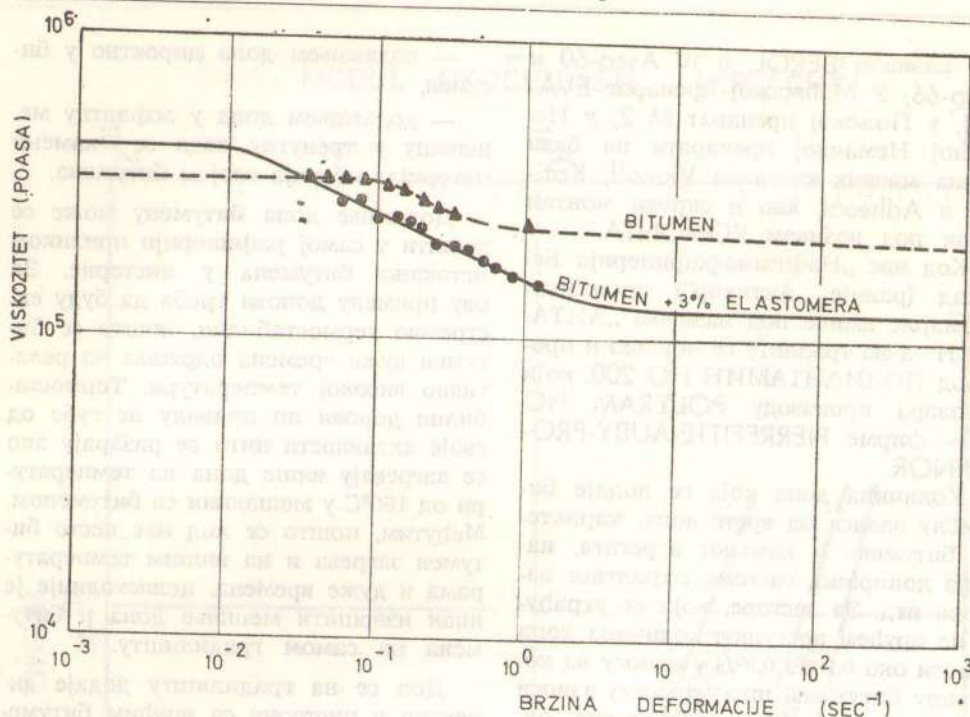
— додавањем допа у асфалтну мешавину у тренутку када се камени материјал обавија слојем битумена.

Додавање допа битумену може се вршити у самој рафинерији приликом истакања битумена у цистерне. За ову примену допови треба да буду екстремно термостабилни, пошто се битумен дуже времена одржава на релативно високој температури. Термостабилни допови по правилу не губе од своје активности нити се разарају ако се загревају више дана на температури од 160°C у мешавини са битуменом. Међутим, пошто се код нас често битумен загрева и на вишим температурама и дуже времена, целисходније је ипак извршити мешање допа и битумена на самом градилишту.

Доп се на градилишту додаје директно у цистерну са врућим битуменом која је снабдевана пумпом којом се врши мешање (слика 7). Уколико асфалтна база не располаже цистерном са пумпом, доп се додаје директно у покретну цистерну којом се врши допремање битумена. Одатле се цели садржај битумена коме је додат доп препумпа у резервну цистерну а одатле у радну из које се напаја асфалтна база. Ово троструко препумпавање обезбеђује хомоген распоред допа у битумену.

Најекономичнији начин примене допова, а истовремено и научно и стручно најисправнији је помоћу специјалног уређаја монтираног на асфалтној бази, помоћу кога се доп распрскава директно у мешалицу у којој се врши обавијање каменог агрегата битуменом. Доп се може додавати у исто време када се додаје и битумен, а може и пре или после додавања битумена.

Један такав уређај који производи фирма WIBAU приказан је на слици 8.



Слика 10.

Доп се налази загрејан на температури нешто вишој од тачке топљења у суду (1) који је снабдевен термоизолацијом (2). Доп (3) се загрева грејачима (4) и преко термостата (5) одржава на константној температури. Из суда доп се у мешалицу пребацује помоћу пумпе (6) која има усисни (7) и издувни вентил (8). Пребацивање допа се врши помоћу цилиндра (9) који се покреће компримованим ваздухом преко уређаја 12 и 13. Количина допа регулише се полугом (11) а на скали (10) читава се количина допа која се додаје у одређену количину везива, односно одређену количину асфалтне мешавине.

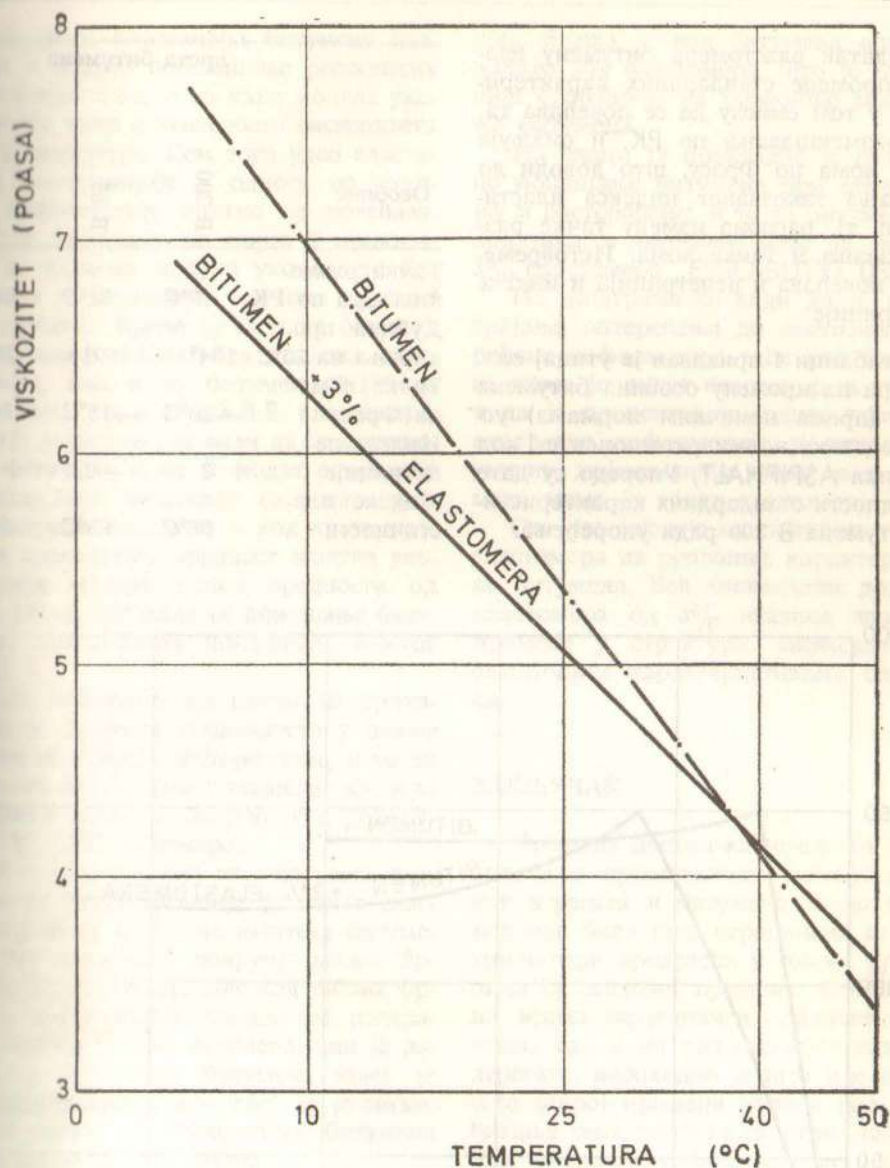
Фирма MARINI из Италије такође производи један сличан уређај за аутоматско додавање допа у асфалтну мешалицу асфалтне базе.

ПРИМЕНЕ ЕЛАСТОМЕРА ЗА ПОБОЉШАЊЕ РЕОЛОШКИХ КАРАКТЕРИСТИКА БИТУМЕНА И АСВАЛТНИХ МЕШАВИНА

Сем добре прионљивости за каменни агрегат, код специјалних мешавина за хrapаве асфалтне засторе, битумен треба да има и одређене еластичне особине, а стандардне и реолошке карактеристике треба да буду повољније од оних које прописује стандард за битумен за коловозне засторе.

Побољшање стандардних и реолошких карактеристика битумена постиже се додатком еластомера који су високомолекуларна једињења дугачких ланаца и изражених еластичних особина. Од еластомера примењују се природни и синтетички еластомери и већина од њих је непознатог састава или састава заштићеног патентом.

Од природних еластомера најчешће се примењује природни латекс, одно-



Слика 11.

ние производи на бази латекса. Ста-
 билизатор и концентрисан латекс на
 тржишту се појављује под називом
 NEVERTEX, док се латекс у комбинацији
 са извесним процентом одређеног
 филера и у спрашеном стању појав-
 љује под називом PULIVATEX.

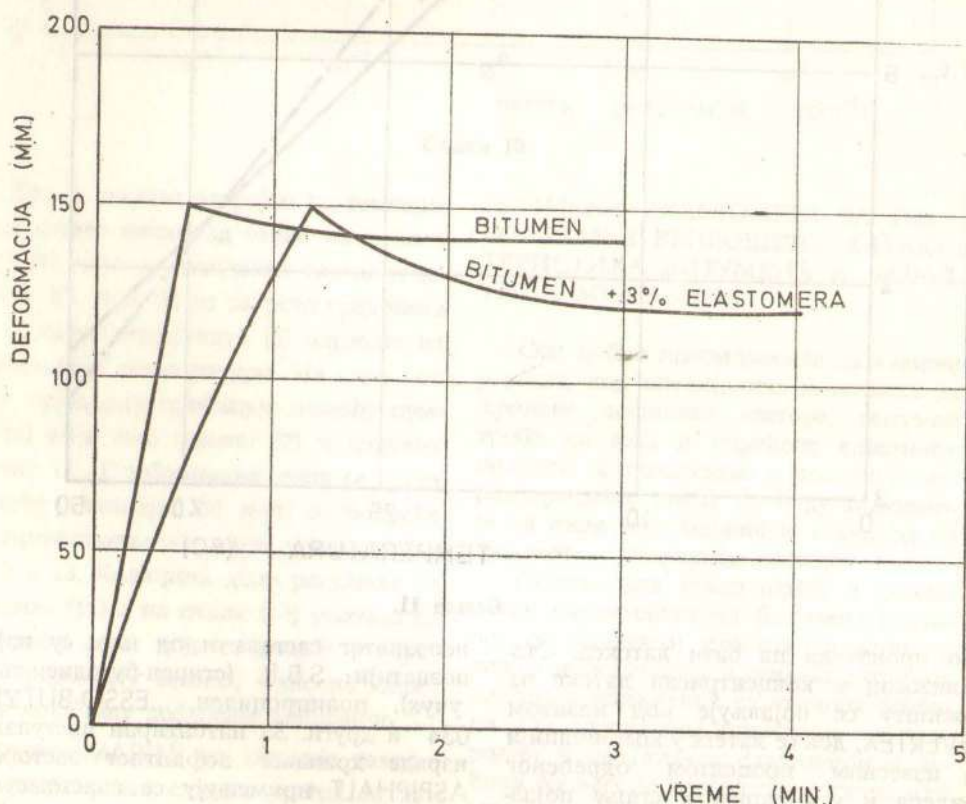
Синтетски еластомери су скоро сви

непознатог састава и од њих су нај-
 познатији: S.B.R. (стирен-бутадиен-ка-
 учук), полипропилен, „ESSO-BUTYL
 034" и други. За патентиран поступак
 израде храпавог асфалтног застора
 ASPHALT примењују се еластомери
 под називом „полимеркомпонента I"
 итд.

Додатак еластомера битумену изазива промене стандардних карактеристика у том смислу да се повећава тачка размекшавања по РК, и смањује тачка лома по Фрасу, што доводи до повећања такозваног индекса пластичности, тј. распона између тачке размекшавања и тачке лома. Истовремено се повећава и пенетриција и индекс пенетриције.

У табели 1 приказан је утицај еластомера на промену особина битумена В 65 (према немачким нормама) услед додатака полимеркомпоненте I код поступка ASPHALT, Упоредо су дате и вредности стандардних карактеристика битумена В 200 ради упоређења.

Особине	врста битумена		
	В 200	В 65	8 65 + РК I
Тачка размекшавања по РК	46°C	52°C	60°C
Дубина продирања на 25°C	184 ⁰	59 ⁰	73 ⁰
Тачка лома по Фрасу	-20°C	-13°C	-24°C
Индекс пенетриције	+ 2	-0,5	+ 2
Индекс пластичности	66°C	65°C	84°C



Слика 12.

Додатак еластомера битумену изазива и знатно побољшање реолошких карактеристика, и то како модула укочености, тако и зависности вискозитета од температуре. Сем тога удео еластичне деформације у односу на укупну деформацију знатно се повећава.

На дијаграму на слици 9 приказана је промена модула укочености битумена у функцији времена трајања оптерећења. Криве су дате за битумен пенетриције 80/100 без додатка еластомера, као и за битумен 80/100 са додатком 2% и 6% S.B.R. еластомера.

Из дијаграма се види да се понашање битумена коме је додат еластомер приближава битумену са израженом структуром пошто се и код краткотрајних оптерећења вредност модула укочености налази испод вредности од око 10^4 кп/цм² када се понашање битумена приближава понашању чврстог тела.

На дијаграму на слици 10 приказана је промена вискозитета у зависности од брзине деформације, и то за битумен без податка полимера, као и за битумен коме је додато 3% „ESSO-BUTYL 035” полимера.

Као што се види из дијаграма, вискозитет битумена коме је додат еластомер виши је од вискозитета битумена без додатка у подручју малих брзина деформације, док код виших брзина деформације долази до разарања структуре оба битумена, али је разарање структуре битумена коме је додат еластомер веће тако да је вискозитет нижи од вискозитета битумена без додатка еластомера.

Ово указује на чињеницу да додатак еластомера утиче на стварање структуре у битумену.

На слици 11 приказана је промена вискозитета у функцији температуре за битумен без додатка и битумен коме је додато 3% „ESSO-BUTYL 035” еластомера.

Као што се види из дијаграма, промена вискозитета у функцији темпера-

туре блажа је код битумена коме је додато 3% еластомера, што је повољније с обзиром на реолошко понашање битумена.

На слици 12 приказано је еластично понашање битумена при оптерећењу и растерећењу, и то за битумен без додатака и битумен коме је додато 3% еластомера „ESSO-BUTYL 035”

Из дијаграма се види да је време трајања оптерећења до достизања одређене деформације веће код битумена коме је додат еластомер, а такође и да је процентуални однос повратне еластичне деформације у односу на укупну деформацију виши код битумена коме је додат еластомер.

Све ово указује на повољан утицај еластомера на реолошке карактеристике битумена. Већ минимални додатак еластомера од 3% изазива значајне промене у структури, вискозитету и еластичним карактеристикама битумена.

ЗАКЉУЧАК

Примена допова као средства за побољшање прионљивости између каменог агрегата и битумена је до данас код нас била јако ограничена и свега три-четири предузећа у земљи приступила су њиховој примени. С обзиром на веома неуједначен квалитет битумена, као и на разноврсност каменог агрегата, неопходно је што пре прићи што широј примени допова код уграђивања свих типова асфалтних застора. Код храпавих асфалтних застора без примене допова немогуће је замислити уграђивање ма по ком систему.

Еластомери су се код нас примењивали само у два-три специјална случаја, тако да је код храпавих асфалтних застора неопходно што пре усвојити примену природних и синтетских еластомера и проучити најцелисходнију технологију справљања и угађивања оваквих мешавина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Duruy, Montagne
Les enrobés a chaud au bitume-butyl
Bull. de liaison des Lab. Routiers, Spec D, 9—19 (1965)
2. Duruy
Etude sur les liants bitumes-caoutchouc pour enrobés a chaud a base de polymères S.B.R.
Bull. del liaison des Lab. Routiers, Spec D, 21—25 (1965)
3. Garnier
Importance des dopes et des agents tensio-actifs dans la technique routière moderne

Ive Réunion Mondiale de la Fédération internationale Routière, Madrid (1962)

4. Schott
Etude de quelques développements récents dans l'utilisation des dopes d'adhévité
XII Congres mondial de la Route, Rome (1964)
5. Светел
Примена допова за побољшање приоњљивости битумена за камени агрегат у асфалтним мешавинама
Симпозијум предузећа „Војводинапут“ Нови Сад (1968).

EMPLOI DES ENDUITS (DOPES) ET DES ELIOMERES DANS LES MELANGES D'ASPHALTE

Dans le présent article on donne un aperçu des influences des dopes sur l'amélioration de l'adhésivité du bitume à l'agregat. On énumère les enduits les plus connus qu'on puisse trouver sur le marché et on a expliqué la méthode d'application des dopes lors de la préparation et la mise en place de l'enrobage d'asphalte selon le procédé à chaud. On a

présenté également l'influence des élastomères sur le changement des caractéristiques normales et rhéologiques des liants d'hydrocarbures. Vu la qualité très hétérogène du bitumen on a donné la conclusion qu'il est absolument nécessaire d'entreprendre vast application des dopes, tandis qu'on une recommande, dans les cas spéciaux aussi l'application des élastomères.

ПРИМЕНЕНИЕ УСАДОЧНЫХ ПРИМЕСЕЙ И ЭЛАТЕРИТОВ В АСФАЛТНЫХ СМЕСЯХ

В статье говорится о влиянии усадочных примесей (допов) и влиянии их на более надежное и плотное соединение битумена и каменных агрегатов. Приводятся самые известные усадочные примеси, существующие на рынке и излагается способ применения их в процессе составления смесей дорожного асфальта и укладе асфальтовых одежд в горячем процессе покрытия. Рас-

считывается и влияние эластеров на изменение реологических качеств углеводных вяжущих составов. Принимая во внимание наличие, разнородных по качеству, битуменов, сделан был вывод о необходимости приступить к широкому применению усадочных примесей, а в особых случаях рекомендуется применение и эластеров.

USE OF DOPES AND ELASTOMERS IN ASPHALT MIXTURES

The present paper sets forth the influence of dopes upon the improvement of adhesion of the bitumen to the aggregate. It enumerates the best known dopes to be found on the market and explains the method of their use in preparing and construction of asphalt surfacings according to the process. It presents also the influ

ence of elastomers on the change of standard and rheologic characteristics of hydrocarbon binding materials. Considering very heterogeneous quality of bitumens it concludes that it is absolutely necessary to start using the dopes to a wide extent, while in special cases it is also recommended to use the elastomers.

GABRAUCH VON DOPEN UND ELASTOMEREN IN ASPHALTMISCHUNGEN

Der vorliegende Artikel gibt eine Darstellung der Einflüsse von Dopen auf die Verbesserung der Haftfähigkeit des Bitumens am Füllstoff. Es werden die bekanntesten, am Markt erhältlichen Dopen aufgezählt und die Methode ihrer Anwendung bei der Herstellung und dem Aufbringen von Asphaltüberzügen nach dem Warmverfahren erklärt. Es wurde auch der Einfluss von Elastomeren auf die Veränd-

erung der normalen und rheologischen Charakteristiken der Kohlenwasserstoff-Bindemittel dargestellt. Mit Rücksicht auf sehr heterogene Qualität des Bitumens, wurde der Schluss gezogen, dass es unumgänglich ist, einen weiten Gebrauch von Dopen zu machen, während in besonderen Fällen auch die Anwendung von Elastomeren anempfohlen wird.

MEREN IN ASPHALTMISCHUNGEN

Проф. Милан ЈАНЧИКОВИЋ, дипл. инж.

Градња аутоцесте Загреб — Карловац

1. УВОД

Година 1970. била је у знаку рада на изради средњорочног плана развоја привреде Југославије у периоду од 1971. до 1985. У склопу израде тог плана развоја обрађује се и проблематика развоја цестовне мреже свих категорија, укупне мреже од цца 88.000 км. У првом реду требало је утврдити основну мрежу магистралних цеста. Југославије.

Међународне европске „Е” цесте повезују Југославију са свим сусједним државама, а преко њих с осталим државама Европе. На њима се одвија главни транзитни промет на релацији Западна и Сјеверозападна Европа преко наше земље на југоисток Европе и даље преко Мале Азије према Блиском и Далеком Истоку. Те главне сабирне магистрале прикупљају све токове робног и путничког промета.

Геополитички и прометно географски положај Југославије у Европи врло је значајан ради повезивања Европе са Азијом. Од посебног значаја је лонгитудинална прометница правцем запад-исток у међуречју Саве, Драве и Дунава, која се у смјеру меридијана продужује Моравско-вардарс-

ком долином у правцу Егејског мора. Не мање важни су трансферзални правци из подунавског простора према Јадранском мору из изразито значајних прометних раскршћа у простору Љубљане, Загреба и Београда.

Међутим, садање стање цеста у Југославији по својим техничким елементима, пропусној моћи, постојећем стању и разних услуга корисницима не задовољава. Негативна својства југословенске магистрале цестовне мреже имају лош глас у свијету, што доводи до успоравања промета и смањења сигурности пријезова и великог броја прометних несрећа.

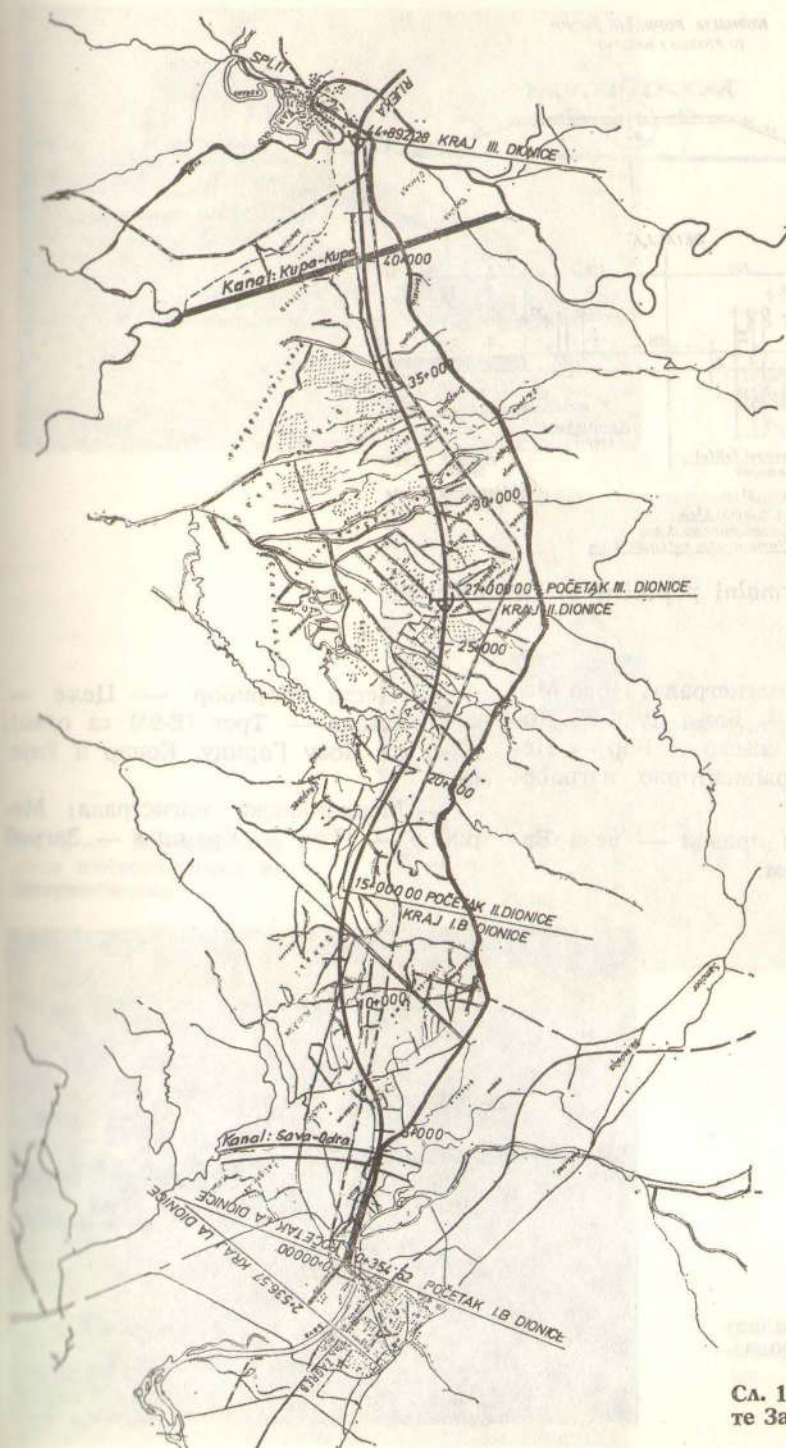
Лонгитудинални правци магистралних цеста су:

— Аутопут „Братства Јединства” (са још неизграђеном другом траком) Јесенице — Љубљана — Загреб — Београд — Ниш (Софија) — Скопље (Солун) Е-94, Е-5)

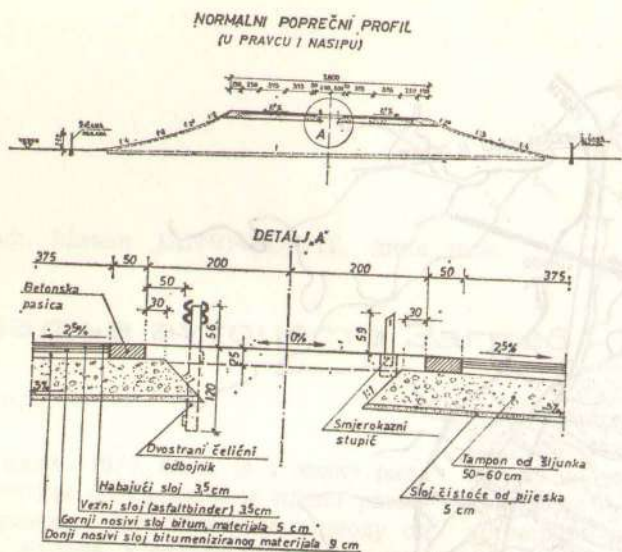
— Јадранска магистрала: Трст — Ријека — Оплит — Дубровник — Титовград — Приштина — Скопље (Е-27).

— Подравска магистрала: Дравоград — Марибор — Вараждин — Копривница — Вировитица — Осijek — Нови Сад

Чланак је објављен у броју 6/71 „Грађевинарство”. Због интересовања за грађење аутопута Загреб—Карловац, а на сагласност аутора, чланак се штампа и у нашем часопису.



Сл. 1 — Траса аутоцесте Загреб — Карловац



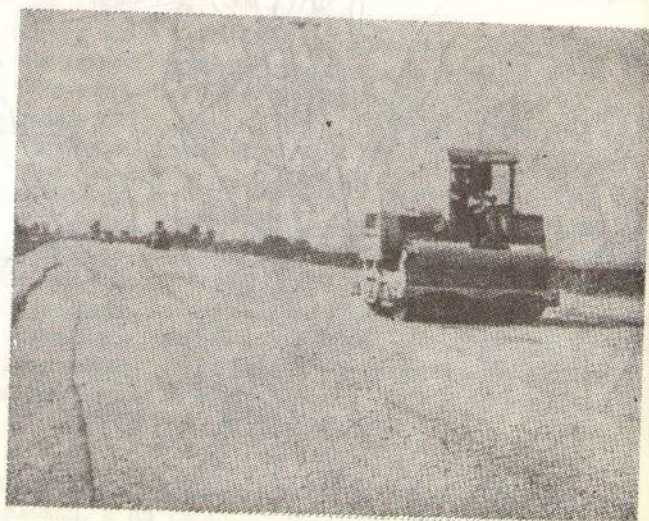
Sl. 2: Normalni poprečni profil autoceste

— Средишња магистрала: Ново Место — Карловац — Бања Лука — Добој — Тузла — Ваљево — Бор — Неготин (данас фрагментарно изграђена).

Трансверзални правци — веза Европе са Јадраном:

— Цеста Марибор — Цеље — Љубљана — Трст (Е-93) са одвојцима за Нову Горицу, Копар и Ријеку

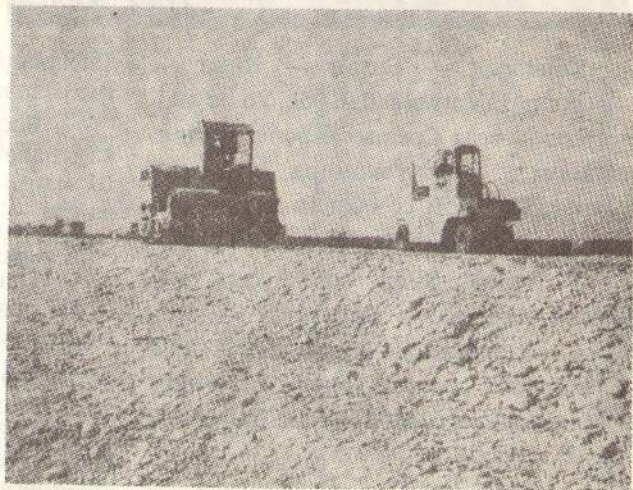
— Меридијанска магистрала: Марибор — Птуј — Крапина — Загреб



Sl. 3 — Ваљање плану ма дуплекс вибровалцима Bomag



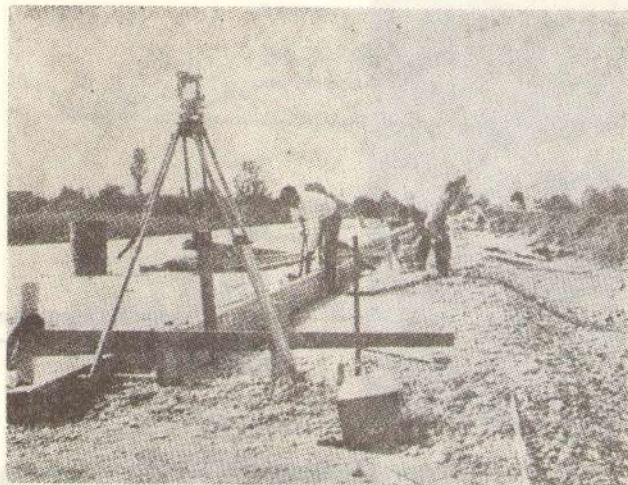
Сл. 4 — Планирање
грејдером Orenstein —
Koppel



Сл. 5 — Ваљање дуп-
леко вибровалцима на
пнеуматикама



Сл. 6 — Ваљање вибро-
валком на пнеуматика-
ма



Сл. 7 — Израда рубних бетонских пасица

— Карловац — Бихаћ — Книн — Сплит (дјелимично Е-96). То је најпогоднија веза Средње Европе са Далмацијом и прикључком на Јадранску магистралу, њом се обавља велики туристички транзит за Грчку и Туроку.

— Трансверзална магистрала: мађарска граница — Вараждин — Загреб — Карловац — Ријека (Е-96), која је најкраћа веза са ријечком луком и Медитераном, значајна за Мађарску, ЧССР и СССР.

— Цеста Брач — Вировитица — Окучани — Бања Лука — Јајце —

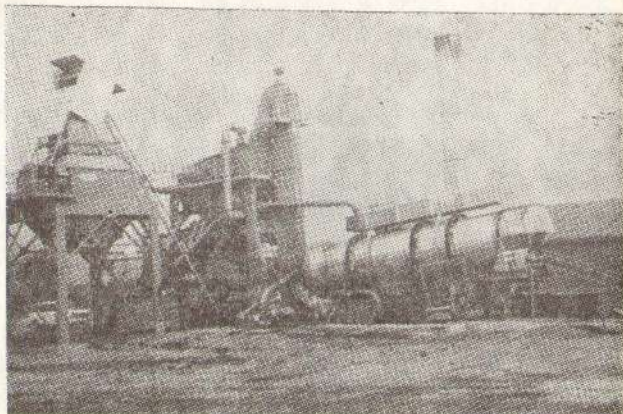
Јабланица — Плоче, са огранком од Вакуфа преко Ливна на Сплит.

— Босанска трансверзала: мађарска граница — Осијек — Ђаково — Шамац — Добој — Зеница — Сарајево — Фоча — Никшић — Титовград — граница Албаније.

— Цеста Суботица — Нови Сад — Београд (Е-5) као дио европске магистрале Лондон — Истамбул.

На крају овог уводног разматрања треба још споменути необично брз развој цестовног промета у Југославији, који управо диктира што интензивнију градњу цеста у блиској будућности:

Сл. 8 — Асфалтна база Marini 20 t/h



	1965.	1970.
Бр. моторних возила	60.686	1,253.000
Робни промет	5,5	45 мил. т.
Путнички промет	33	450 мил. ос.
Улаз страних возила у Југославију	320.000	11,000.000 возила

У ожујку 1971. изгласао је Сабор СР Хрватске Закон о мрежи аутоцеста у Хрватској са пропрамом градње појединих дионица у раздобљу 1971—1975.

Основна мрежа аутоцеста у Хрватској обухваћа ове правце:

— граница СР Словеније Брегана — Загреб — Славонски Брод — Липовац (граница СР Србије)

— граница СР Мађарске Летење — Вараждин — Загреб — Карловац — Ријека — граница СР Словеније према Трсту

— граница СР Словеније Птуј — Бурманец — Крапина — Загреб — Карловац — Книн — Сплит. Надаље је у Сабору одлучено:

— аутоцеста према Сплиту иде долином Уне с тиме, да се у периоду 1971—1975. године гради дионица са двије траке Книн — Бихаћ

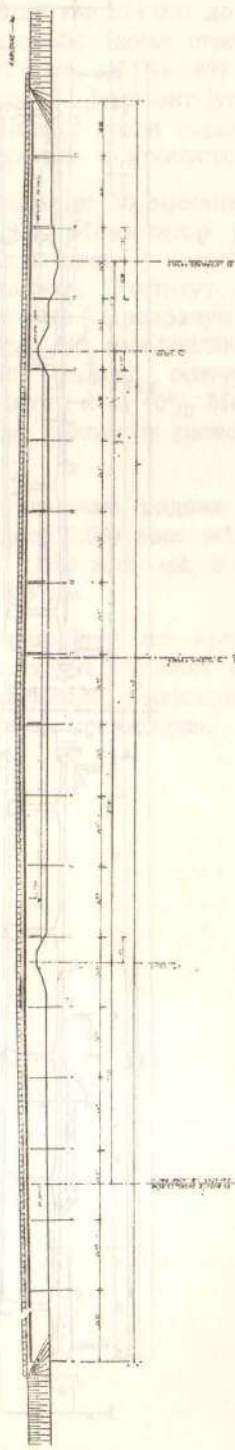
— аутоцеста „Братство и Јединство“ Загреб — Београд градит ће се као комплетна аутоцеста од Загреба до Окучана

— аутоцеста Ријека — Делнице градит ће се четворотрачно,

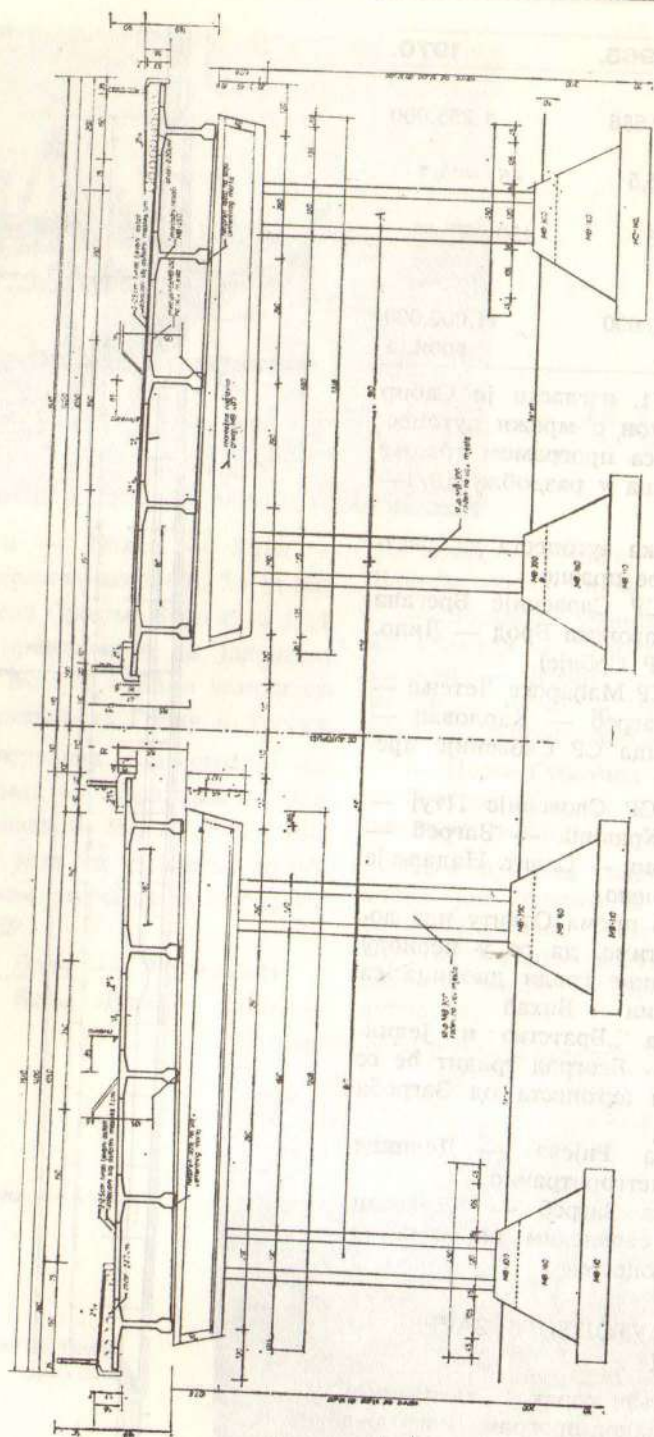
— аутоцеста Загреб — Карловац гради се по европским нормама за савремене аутоцесте.

2. ГРАДЊА АУТОЦЕСТЕ ЗАГРЕБ — КАРЛОВАЦ

Први озбиљан корак у реализацији уводно приказаног програма изградње магистралних праваца и аутоцеста у



Сл. 9 — Поглед на вијадукт преко олушног канала



Сл. 10 — Попречни пресек вијадукта

Хрватској је почетак радова на дионици аутоцеста Загреб — Карловац. 6. свибња 1970. године поводом прославе 25-годишњице ослобођења Загреба свечано су отпочели радови, које је отворио Драгутин Харамџија, председник Извршног вијећа Сабора.

Траса те аутоцесте у дужини од 44+892 км пролази дужином од железничке пруге Загреб — Ријека и рубом поплавног подручја најкраћом линијом савлађује удаљеност између Загреба и Карловца. Траса је за 12 км краћа од данашње и пролази равничастим тереном, савлађујући двије веће водене препреке: Канал Сава — Одра у близини Загреба и канал Купа — у близини Карловца.

Главни носилац радова је ГП „Хидроелектра“ из Загреба са кооперативима ГП „Градитељ“ из Дубровника, ГП „Градња“ из Осијека и ГП „Југомонт-Југобетон“ из Загреба.

I дионицу км 0+000 км 10+500 са прикључком на исток у Загребу до км 2+354 изводи „Хидроелектра“

II дионицу км 10+500 до 20+000 изводи „Градитељ“ (доњи строј)

III дионицу км 20+000 до 32+500 изводи „Градитељ“ (доњи строј) а од км 32+500 до 44+892 изводи „Хидроелектра“. „Југомонт-Југобетон“ изводи на цијелој траси горњи строј, вијадукте, мостове и пропусте.

Рок изградње је 30 мјесеци, тј. до листопада 1972. Инвеститор је Републички фонд за цесте, у Загребу. Пројектант и надзор: Институт грађевинарства Хрватске. Предрачун радова је 29 милијарди Нд, или 660.000 Нд/км. Финансирање радова осигурава са 60% СР Хрватска и са 40% Међународна банка за обнову и развој у Вашингтону.

Количине главних радова су ове: земљани радови 3,084 мил. м³, асфалтни коловоз 1,022 мил. м², и мостова и пропуста 3,3 км.

Радови напредују по временском плану, захваљујући у првом реду одличној организацији и најсавременијој механизацији за цестоградње, што показују слике.

Из наше шћамје

Ново бетонско гвожђе

„Борба“ је 15. 4. 1971. године објавила је под горњим насловом следећи напис:

У Бачкој и околини Загреба у току прошле године израђено је неколико путева уз помоћ арматуре од истегнутог црног лима — дело београдског инжењера Димитрија Милутиновића. Накнадна испитивања ових путева показала су да су знатно квалитетнији од оних у којима је класична арматура бетонског гвожђа.

Нова арматура, у облику тракастих решетки, разликује се од класичног бетонског гвожђа по томе што нема попречних штапова за повезивање. Она је јединствена и за њу је потребно 20 одсто гвожђа мање. Истегнути црни лим, према томе, има двоструку предност: јефтинији је, а због јединствености изградња путева је знатно бржа.

— Проналазак је тестирао Завод за испитивање материјала у Љубљани и закључио да се арматура од истегнутог црног лима може применити као нормално бетонско гвожђе са додатним напрезањем од 1.800 килограма — каже аутор, инжењер Димитрије Милутиновић.

Истегнути црни лим тренутно се највише користи у ниској градњи, код бетонирања горњег застора путева у дебљини од 10 сантиметара. Такав пут погодан је и за најтежи саобраћај. Црни лим има широку примену и у градњи бетонских подова фабричких хала и авионских листа.

Једини произвођач новог бетонског гвожђа је фабрика у Топуском. Она је за потребе путева у Бачкој и Хрватској прошле године произвела сто хиљада квадратних метара истегнутог лима.

Ииж. Милутиновић предлаже још два своја нова патента финализације горњег застора модерних путева, који ће пружити далеко боље услове тешком транспорту. Код њих је карактеристично и што је квалитет бољи, а инвестициона улагања су мања. То су пластично-бетонски и монтажни колови.

“ “
“ “

„Југословенско проналазаштво“ бр. 118, мај 1971. године.

ФРАНЦУСКА: ДА ЛИ ГРАДИТИ АУТОПУТЕВЕ?

„Монд“, Париз — Путеви су одговорни за, 15.000 мртвих и 350.000 рањених набројаних у 1969. години. Због тога, неминовно је довести их у ред. Ако се изузме 1.300 км. аутопутева, национална путна мрежа није се ништа изменила за последњих 40 година. Због недостатка кредита, али пре свега због помањкања концепција, наши путеви више не одговарају брзинама које постижу возила, нити повећању саобраћаја. По садашњим нормама, прописаним у министарствима, потребна је густина од 8.800 возила на дан да би се пут са две траке проширио на три или четири траке. Све док се то не оствари, две струје возила се крећу у супротним смеровима проузрокују несреће, успоравају саобраћај, ноћу доводе до заслепљивања и доносе велике штете.

Предлажу се два дугорочна лека: ауто-пут и пут са четири траке.

Ауто-пут представља непорецив напредак. Он захтева две строго упоредне траке, обавезно у истом нивоу, дакле велики посао који компликује пројектовање и обавезује током извођења на прављење усека, вијадукта и других скупих објеката. Осим тога, ауто-пут обавезује да се њиме ноћу креће са обореним светлима, што је фактор удеса; возило које се отме контролисаним возача лако прелази на траке супротног смера; одбојници који деље ауто-пут, с друге стране, неефикасни су када се ради о тешким возилима, а мања се одбијају од њих и враћају на возила која придолазе. Ауто-путеви су скупи — 4,5 — милиона франака по километру (око 13.000.000 нових динара), што онемогућује да се граде мостовно. На њима се осим тога уводи и плаћање путарине. Они остављају у животу убице путева са две траке које и даље тре-

ба одржавати јер се саобраћај на њима врло мало смањује — јер је возња бесплатна. На крају, са нових 1.000 километара ауто-путева број погинулих смањи се само за 1 до 2 одсто.

Пут са четири траке пружа мање више исте непогодности као и ауто-пут. Шта више, статистике откривају да на њима долази, при подједнаком саобраћају, до 5 одсто несрећа више него на путевима са две или три траке.

Због тога не изгледа да ће сада важећи рецепт донети Француској довољно брзо нове и сигурне путеве, који су јој неопходни да унапреди све своје области и да се смањи број и тежина удеса. За узврат она треба да извуче што више из 60.000 километара постојећих путева од чега је 40.000 са интензивним саобраћајем.

ПЛАН AŽIR — уређење великих путних праваца представља претварање постојећих националних путева у једносмерне подизањем у другом смеру нових путева националног значаја. Ови путеви требало би да се граде на уобичајен начин, у нивоу земљишта, на стотину или више места од постојећих. Заједно, они би се могли назвати двоструким путевима.

Прво би се приступило изградњи и опремању новог пута, који би се по завршетку отворио за саобраћај само у једном смеру. Потом би се реконструисао стари пут, који би такође био једносмеран. Улазак и излазак са пута био би могућ само са десне стране. Осим тога, треба забранити сваку градњу с леве стране на одређеној удаљености, да би касније било могуће проширити ове путеве. Укрштања би била у два нивоа, или у нивоу, с тим да попречни правци добију ознаку „стоп“.

Цена изградње, на равном или нормално таласастом земљишту, износо по километру (око 2.000.000 нових

сила би отприлике 750.000 франака динара). У случају да треба градити приступне путеве до насеља или сносити издатке за откуп пољопривредног земљишта, цена се повећава за 30 до 50.000 франака по километру. Касније проширење путева једном траком од 3,5 метара могуће је извести уз мање трошкове, јер би се оно изводило само са леве стране не дирајући, дакле, обе ивице.

Специјални фонд за инвестирање градње путева требало би да финансира ове радове. Његова дотација (14 одсто у 1968. години) требало би да се повећа на 22 одсто од пореза на приходе од продаје горива.

Како је порез на гориво донео 1968. године државној каси 14 мили-

јарде фаранака, 11 одсто издвојених за план АЖИР представљало би капитал од 1,5 милијарде. Ако би километар новог пута стајао чак 750.000 франака, у најгорем случају би се тако могло финансирати 2.000 километара годишње а да се не мора прибегавати задуживању.

Када би план АЖИР почео да се примењује у свим крајевима земље истовремено, уз координацију на националном нивоу, садашња, а не будуће генерације (као што је случај када су у питању ауто — путеви) добијали би сваке године по 2.000 километара брзих и сигурних друмских веза.

(Борба, Београд)

РЕДАКЦИОНИ ОДБОР

Вукић Живорад, дипл. инж. Филиповић Љубомир, дипл. инж. Браунсвић
Предраг, дипл. инж. Тодоровић Бранислав дипл. инж. Стевановић Добривоје,
дипл. инж. Вучинић Вуко, дипл. инж. Вујовић Илија, дипл. инж. Радловић
Василије, дипл. инж. Коблишка Душан дипл. инж. Јовановић Милан, дипл. инж.
Томић Арса, Стевић Душан, Букић Томислав и Јовановић Миодраг, дипл. инж.

Главни и одговорни уредник:

Живка Савић Београд, Кумодрашка нова 257, тел 466-134, 466-522, 466-543.

Претплату слати на текући рачун Друштва за путеве код Народне банке 608-8-735-4

Огласе и остало слати на Друштво за путеве СР Србије, поштански фах 452.
Кумодрашка нова 257, тел. 466-522

Претплата за појединце 2 Н. динара за један број. Претплата за установе и пре-
дузећа годишње 100 Н. дин. тарифа за огласе: цела страна у тексту 300 Н. дин.
цела стране 200 Н. дин., на корицама цела страна споља 500 Н. динара,
унутра 350 Н. динара.

Цена 2 Н. динара

Тарифа за огласе који се штампају целе године мања је за 50%.

Издавач,

Друштво за путеве Србије, Македоније и Црне Горе.

Часопис излази месечно.

