

Inž. građ. Dane Šikić,  
Poljoprivredni fakultet, Zagreb

## IZGRADNJA POLJOPRIVREDNIH PUTEVA NA PRINCIPU STABILIZACIJE TLA VEZNIM SREDSTVIMA

### I. OPĆENITO

Koliko je stanje cestovne mreže u Jugoslaviji općenito loše govori nam i podatak, gdje od 82.000 km kategoriziranih cesta imamo tek 8—10% cesta sa suvremenim kolovozom. Mora se odmah napomenuti, da se ovaj procenat u ostalim zemljama Evrope penje i na 90% i više uz znatno razvedeniju i gušću cestovnu mrežu. Logično je očekivati onda, da ovakvo stanje cestovne mreže utječe na razvitak privrede, pa današnji tempo razvoja prometa i porasta broja vozila postavlja pred građevinske stručnjake cijeli niz problema kao npr. kako omogućiti brži tempo izgradnje puteva, kako omogućiti ekonomičnija i tehnički ispravnija građenja prometnih puteva zasnovana na naučnoj organizaciji rada i suvremenim principima nauke i tehnike uopće.

*Ova kompleksna problematika postaje posebno interesantna kada je u pitanju gospodarski put za potrebe poljoprivrede. Nije potrebno posebno naglašavati, da je baš u ovoj grani privrede stanje prometnica najlošije, te da baš tu treba tražiti najjednostavnija rješenja koja će osigurati brzu i ekonomičnu izgradnju poljoprivrednog puta. Gotovo uvijek, kada se radi o glavnim prometnim putevima u poljoprivredi, izgradnja će se vršiti po tzv. klasičnim metodama s teškim i čvrstim kolovozom. Međutim, za preostali dio mreže poljoprivrednih puteva treba primjenjivati jednostavnije metode koje će osigurati:*

- a) mnogo manju cijenu koštanja gospodarskog puta tj. ekonomičnije građenje;
- b) veće iskorištenje vlastite radne snage i raspoloživih poljoprivrednih strojeva;
- c) jednostavnije i ekonomičnije održavanje gospodarskog puta,
- d) i bržu i jednostavniju izgradnju gospodarskog puta.

Danas se ovoj problematici poklanja mnogo brige i pažnje u raznim zemljama, pa imamo cijeli niz interesantnih pokušaja koji u manjem ili većem obimu rješavaju ovaj problem.

Za brzu i ekonomičnu izgradnju gospodarskog puta, tamo gdje zadovoljava i manje čvrst pokrivač kolovoza, bez sumnje je interesantan studij oko izgradnje gospodarskog puta na principu stabilizacije tla veznim sredstvima. Kako je Amerika zemlja koja je najviše pridonijela u pronalaženju suvremenijih načina i postupaka građenja puteva, to se već 1932. godine javljaju prvi zemljani putevi izgrađeni na principima stabilizacije tla veznim sredstvima. Pravi studij ovog problema počinje 1932. god. kada se javlja i prva pokusna dionica takvog puta u Južnoj Carolini. U 1947. godini inž. E. A. Willis iznosi prve podatke o osmogodišnjem studiju na pokusnoj cesti sa svim zapaženim nedostacima i prednostima ovog načina građenja. Pokusna cesta bila je duga 10 km, a izložena prometu od oko 500 vozila na dan. Cesta je izgra-

đena u koherentnom materijalu u raznim debljinama i to 10, 15 : 20 cm i sadržinom cementa kao veznog sredstva od 3—11% uz završnu obradu kolovoza s asfaltnim emulzijama. U 1942. godini ova je cesta bila za vrijeme od oko 40 dana izložena prometu 1500—2000 vozila dnevno, gdje je još u to vrijeme preko nje prešlo 500 tenkova težine 15—30 tona u roku od 5 sati. Na osnovu ovakvog jednog pokušaja nemoguće je bilo nešto konkretnije zaključivati, no sama činjenica da se i danas još smjelije pokušava i stalno usavršava izgradnja zemljanih puteva i u drugim zemljama, govori nam da su ti pokušaji vrijedni pažnje. U časopisu »Annales des Travaux Publics de Belgique« inž. E. E. Beer, direktor državnog geotehničkog zavoda, u svom članku propagira izgradnju zemljanih puteva u Belgiji. Nadalje, u časopisu »BAUEN AUF DEM LANDE« iz 1963. god. autor članka »EINFACHE BODENSTABILISIERUNG MIT HYGROSKOPISCHEN SALZEN« von Nordewin von Diest, iz Hannovera, piše o jednostavnoj stabilizaciji tla posredstvom higroskopskih soli kod izgradnje gospodarskog puta. S obzirom na razvoj naše poljoprivrede i potrebe za odgovarajućom putnom mrežom, nameće se problem brze, jednostavne i ekonomične izgradnje gospodarskog puta koji ne bi predstavljao kočnicu u daljem razvoju poljoprivrede.

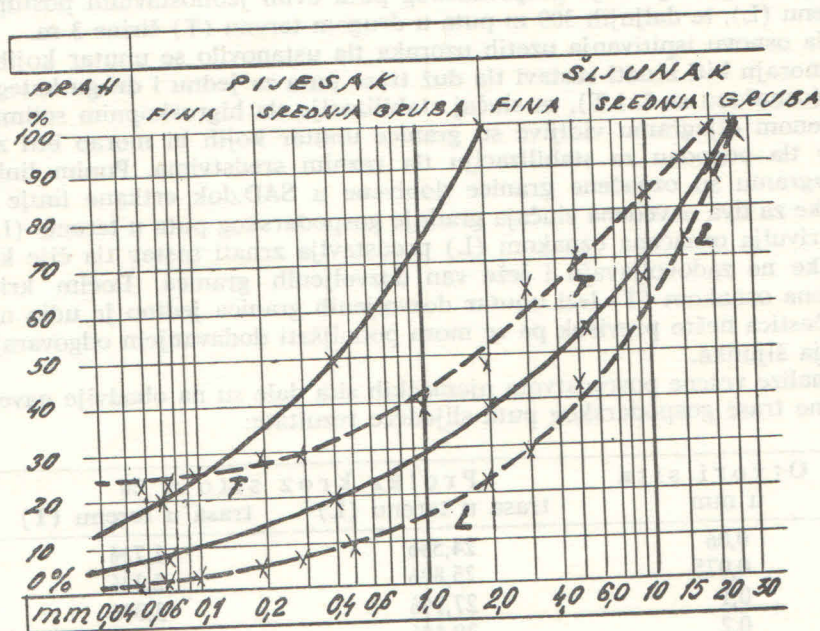
## II. NAČIN IZGRADNJE ZEMLJANIH PUTEVA

Izgradnja zemljanih puteva na principima stabilizacije tla veznim sredstvima, omogućuje nošenje tereta vozila bez razaranja i velikih deformacija kolovoza, pa uvijek kada raspolažemo sa koherentnim materijalima na samoj trasi budućeg puta, možemo pristupiti izgradnji puta ovim postupkom. Ako nam granulometrijski sastav zemljanog materijala u potpunosti ne odgovara, poboljšavamo ga tako, da kod veznog materijala dodajemo pijeska i šljunka, a kod nevezanog glinu. Izgradnja gospodarskog puta ovim jednostavnim postupkom sačinjavala bi slijedeće faze rada:

1. prethodno odstranjivanje zelenog pokrova i humusa duž buduće trase puta, po cijeloj širini budućeg kolovoza zajedno s odvodnim jarcima;
2. razrahljivanje tako očišćene površine planuma puta na dubinu do 20 cm;
3. formiranje i profiliranje budućeg trupa puta od tako razrahljenog zemljanog materijala s odgovarajućim popriječnim padom površine planuma;
4. ponovno razrahljivanje ukupnog trupa na cijeloj širini planuma duž cijele trase puta uz eventualno potrebno ručno poboljšanje;
5. dodavanje pijeska i šljunka ili gline zemljanom materijalu, već prema tome kakav je osnovni materijal trupa (vezni ili nevezni materijal);
6. dodavanje (raspršivanjem ili posipanjem) stabilizacionih veznih sredstava zemljanom materijalu po cijeloj širini trupa puta što je moguće jednoličnije;
7. ponovno miješanje i razrahljivanje zemljanog materijala s raspršenim stabilizacionim veznim sredstvom i dodatnim materijalom, radi poboljšanja granulometrijskog sastava do dubine 20 cm;
8. učvršćenje tako pripremljenog kolovoza iz zemljanog materijala, valjanjem od bočnih rubova prema sredini kolovoza; završnu fazu rada treba obavljati što solidnije uz kontroliranje poprijećnih podova kolovoza.

### III. VRSTE STABILIZACIJE TLA I VEZNIH SREDSTAVA

Pod stabiliziranim tlom podrazumijevamo tako pripremljeni zemljani materijal za kolovoz, koji dopušta kretanje vozila, te utjecaj opterećenja i vanjskih klimatskih faktora bez oštećenja i većih deformacija na prometnom putu. Takvo tlo ili zemljani materijal nalazimo direktno na samom gradilištu ili ga dovozimo i poboljšavamo sa strane. Zemljani materijal mora zadovoljiti traženom granulometrijskom sastavu tla za izgradnju puta takvim



Slika 1.

Odgovarajući zrnati sastav zemljanog materijala kod stabilizacije tla higroskopskim solima

postupkom. U tu svrhu potrebno je prvo poznavati zrnati sastav podloge iz koje se namjerava izgrađivati zemljani put. Znači, da duž trase budućeg puta uzimamo uzorke tla u cilju određivanja geomehaničkih karakteristika tla kao što su: zapreminska težina, granulometrijski sastav tla, prirodna sadržina vode, indeks plastičnosti i konzistencije, te koeficijent vodopropusnosti, kapilarno dizanje vode, kut unutarnjeg trenja, kohezija tla i najzad eventualna količina (utrošak) stabilizacionog sredstva. Na osnovu nekih podataka iz iskustva belgijskih stručnjaka, na bazi iskustava koja su postignuta u SAD kod upotrebe higroskopskih soli kao stabilizatora, grubo uzevši odgovarao bi ovaj granulometrijski sastav tla.

Američko sito u mm	Prolaz kroz sito u %
25,4	100
4,56	55—100
2,00	40—100
0,42	20—50
0,074	8—20

Jedno poljoprivredno gospodarstvo u Hannoveru provelo je 1959. i 1960. god. dva pokusa gradnje gospodarskog puta ovim jednostavnim postupkom, u terenu (L), te daljnjih 300 m puta u drugom terenu (T) širine 3 m.

Na osnovu ispitivanja uzetih uzoraka tla ustanovilo se unutar kojih granica moraju biti zrnati sastavi tla duž trase puta za jednu i drugu kategoriju puta (označenu sa L i T), za slučaj stabilizacije tla higroskopskim solima. Na priloženom dijagramu vidljive su granice unutar kojih bi morao biti zrnati sastav tla pogodan za stabilizaciju tla veznim sredstvima. Punim linijama u dijagramu su označene granice dobivene u SAD, dok crtkane linije daju podatke za dva navedena slučaja gradnje gospodarskog puta u terenu (L i T)

Krivulja označena oznakom (L) predstavlja zrnati sastav tla čije karakteristike ne zadovoljavaju i leže van dozvoljenih granica. Dočim krivulja označena oznakom (T) leži unutar dozvoljenih granica jedino je udio najsitnijih čestica nešto previsok pa se mora poboljšati dodavanjem odgovarajućih frakcija šljunka.

Analize vršene posredstvom njemačkih sita dale su na obadviije navedene pokusne trase gospodarskog puta slijedeće rezultate:

Otvori sita u mm	Prolaz kroz sito u %	
	trasa u terenu (L)	trasa u terenu (T)
0,06	24,5%	1,7%
0,075	25,8%	2,3%
0,1	27,1%	3,0%
0,2	29,4%	4,7%
0,3	30,5%	6,5%
0,5	33,0%	10,2%
1,0	38,4%	15,5%
2,0	47,5%	22,6%
3,0	56,4%	29,3%
5,0	70,8%	45,5%
10,0	83,5%	67,3%
15	91,2%	74,0%
20	96,7%	89,7%
25	100,0%	97,0%
30	100 %	100,0%

Dosad izvršena ispitivanja pokazuju, da za stabiliziranje tla imaju utjecaj slijedeći faktori:

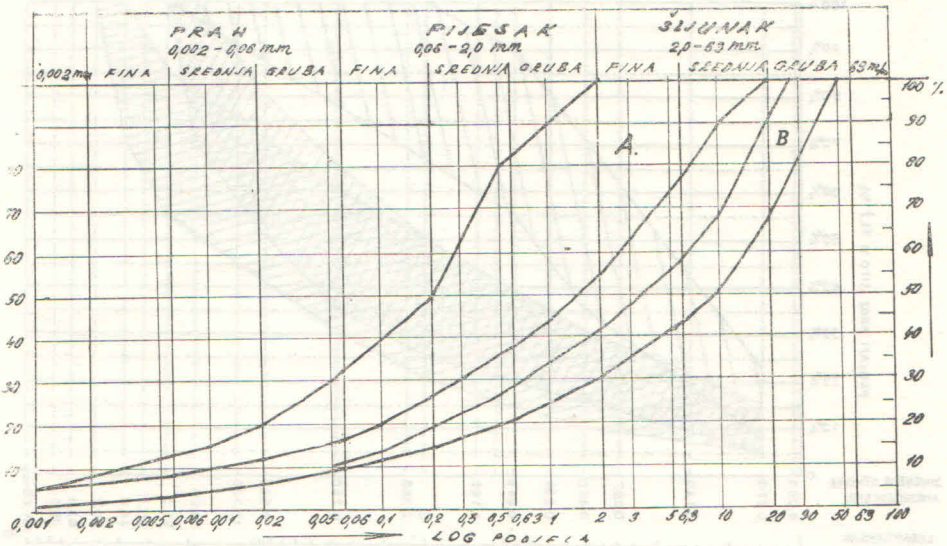
- priroda materijala,
- zbijenost materijala,
- i dodatak stabilizacionih sredstava.

U pogledu prirode materijala, najbolje odgovara pjeskovita glina uz određenu sadržinu vlage. Za slučaj da stabilizirano tlo služi kao kolovozni zastor, tada tlo mora da ima jaču koheziju i veću otpornost na abanje. Indeks plastičnosti za kolovozni zastor je 4—9, a granica tečnosti do 35%, što također ovisi i o klimatskim uvjetima dotičnog kraja, položaju trase puta i stupnju vlažnosti tla.

Stabilizaciona vezna sredstva možemo uglavnom podijeliti u dvije osnovne grupe.

### 1. Mehanička stabilizaciona sredstva u koja spada voda.

Voda je kao prvo stabilizaciono sredstvo, koja se u vidu tankih filmova priljubljuje i okružuje čestice ilovače i utječe na stvarnu koheziju materijala potrebnu za stabilizaciju tla. Količina athezione vode ovisi o veličini čestica,



Slika 2.  
Odgovarajući zrnati sastav zemljanog materijala kod mehaničke stabilizacije tla (A — za lakši saobraćaj, B — za teški saobraćaj)

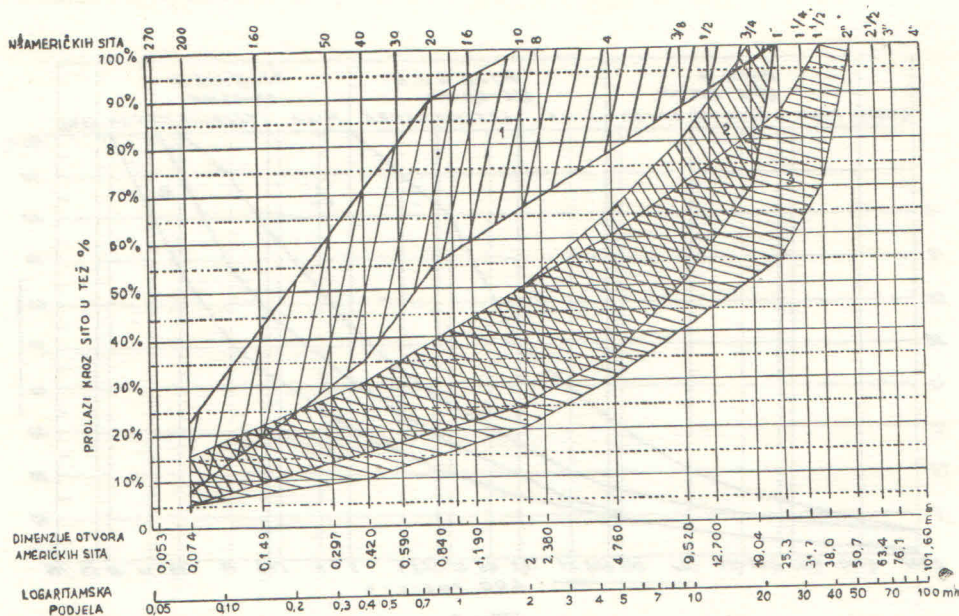
temperaturi i pritisku itd. Poželjno je da slobodne vode ima manje pa zato i zahtijevamo veliku zbijenost tla, tj. smanjujemo procenat šupljina u mješavini. Interesantan je Winterkornov opit kod koga je autor ustanovio, da tlo sa 28% vode podnosi pritisak od 1,10 kg/cm<sup>2</sup> a kasnijim zasićenjem ionima aluminija, koji imaju slabu privlačnu snagu za vodu noseći teret je pao na 0,80 kg/cm<sup>2</sup>, dok je kod dodavanja iona natrija, koji imaju veliki afinitet za vodu, pritisak naglo porastao na 3,0 kg/cm<sup>2</sup>. Znači, stabilizirano tlo zahtijeva određenu količinu athezione vode na površinama čestica, dok sadržaj slobodne vode treba da bude što manji, ali treba izbjegavati potpuno isušenje kao i zasićenost vodom.

## 2. Kemijska stabilizaciona sredstva gdje dolaze u obzir:

a) — *kalcijum klorid* ( $\text{Ca Cl}_2$ ) upotrebljava se često kao stabilizaciono sredstvo a ima slijedeća svojstva: privlači uzdušnu vlagu, snižuje tačku smrzavanja, veći površinski naponi od čiste vode

— kapilarna sila je mnogo veća nego od čiste vode, može se dodavati za vrijeme izrada kolovoza ili naknadno ( $0,5 \text{ kg/m}^2$ ).

b) — *Natrijum klorid* ( $\text{NaCl}$ ), kuhinjska sol, koja sprečava isparenja i izaziva stvaranje kristala na površini čestica. Rad sa  $\text{NaCl}$  treba obavljati po suhom vremenu, jer se tako na površini kolovoznog zastora mogu formirati kristali  $\text{NaCl}$  i smanjuju habanje i daju kolovozu veću koheziju. Natrijum klorid rastvaramo u vodi i tako dodajemo mješavini zemljišta prije miješanja i to za svaki sloj debljine  $7,5 \text{ cm}$  uzimamo  $1 \text{ kg}$  soli na  $\text{m}^2$ .



Slika 3.  
Zrnati sastav zemljanog materijala pogodnog za nosivi sloj  
(podlogu kolovoza od stabiliziranog tla)

c) — *Portland cement* je također stabilizaciono sredstvo, koje vezivanjem cementa pojačava koheziju tla, a prisustvo cementa smanjuje sposobnost bubrenja najfinijih čestica. Dosadašnja ispitivanja su dokazala, da je najpovoljniji procenat sadržine cementa 6—7%.

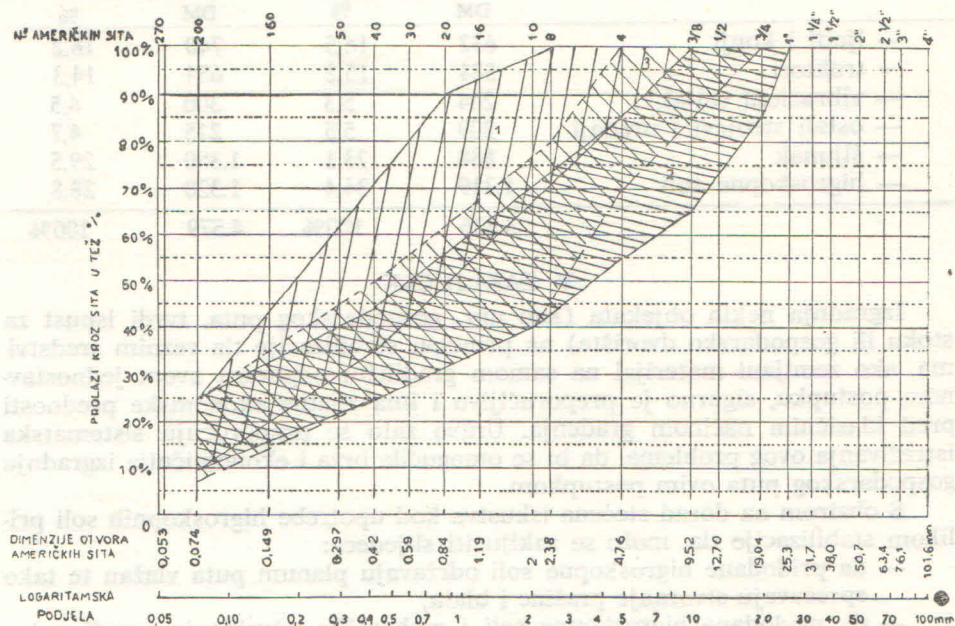
d) — *Bitumen* je također dobro stabilizaciono sredstvo, jer ne mijenja mehanička svojstva tla, a sprečava povećanje sadržine vode u mješavini.

Kada stabilizirano tlo treba predstavljati kolovoznu površinu, onda mješavina mora da sadrži i krupniji agregat (pijesak i šljunak). Sama mješavina se radi na više načina ili u samom trupu razrivanjem drljanjem i prevrtanjem

zemljane mase, a sadržina vode u mješavini mora biti konstantna za vrijeme nabijanja. Potrebni strojevi za ugrađivanje su (rijači, grederi, buldožeri, ježevi valjci itd.).

S obzirom na vrste stabilizacije tla razlikujemo kod izgradnje puteva slijedeće vrste i kategorije:

- izgradnja od prirodnog materijala (tla),
- izgradnja od odabranog materijala (tla),
- izgradnja od poboljšanog materijala (tla),
- izgradnja od glinovitog betona.



Slika 4.  
Zrnat sastav zemljanog materijala pogodnog za habajući sloj, tj. kolovoz od stabiliziranog tla

#### IV. TROŠKOVI GRAĐENJA

Troškove građenja zemljanih puteva na principu stabilizacije tla veznim sredstvima ilustrirat će neka iskustva iz Belgije.

Troškovi građenja ovim postupkom uz širinu zemljanog puta 6,0 m i debljinu kolovoza 15 cm iznašali su:

- |   |     |
|---|-----|
| — rad na kolovozu                             | 23% |
| — dovoz materijala sa strane radi poboljšanja | 72% |
| — upotreba veznog kemijskog sredstva          | 5%  |

100%

Iz ovoga je uočljivo, da glavnu stavku u cijeni troškova čini prevoz materijala (72%), pa ipak i tada je cijena koštanja za oko četiri puta manja. Ako je zrnati sastav zemljanog materijala duž trase budućeg puta pogodan za

rad ovim postupkom, pa je dovoz materijala sa strane neznatan, logično je da troškovi građenja postaju još manji. U Belgiji su vršena stalna ispitivanja tokom godina pa se ustanovilo da 1 km kolovoza širina 6,0 m i debljine zastora od 15 cm izrađen ovim postupkom iznosi tek 19,2—29,7% od stvarnih troškova kod izgradnje klasičnog betonskog kolovoza. Nešto detaljniji prikaz troškova ilustrirat će također ranije spomenuta gradnja gospodarskog puta u Belgiji rađena u lakšem i težem terenu, kod širine puta 3,0 m i dužine 1 km gdje je raspored troškova bio ovaj:

	U lakšem terenu		U težem terenu	
	DM	%	DM	%
— ljudi i konji	632	16,5	740	16,2
— traktori	584	15,2	654	14,3
— vibracioni valjak	204	5,3	300	6,5
— ostali strojevi i uređaji	209	5,5	215	4,7
— šljunak	888	23,1	1.350	29,5
— higroskopne soli	1.319	34,4	1.320	28,8
	3.836	100%	4.579	100%

#### V. ZAKLJUČAK

Izgradnja nekih objekata (kao npr. gospodarskog puta, tvrdi ispust za stoku ili gospodarsko dvorište) na principu stabilizacije tla veznim sredstvima, ako zemljani materijal na samom gradilištu odgovara ovom jednostavnom postupku, sigurno je preporučljivo i ima znatne ekonomske prednosti pred klasičnim načinom građenja. Uravo zato se preporučuju sistematska istraživanja ovog problema, da bi se omogućila brža i ekonomičnija izgradnja gospodarskog puta ovim postupkom.

S obzirom na dosad stečena iskustva kod upotrebe higroskopnih soli prilikom stabilizacije tla, može se zaključiti slijedeće:

- da pridodane higroskopne soli održavaju planum puta vlažan te tako sprečavaju stvaranje prašine i blata;
- da pridodane higroskopne soli i mehaničko učvršćenje površine kolovoza sprečavaju prodiranje oborina u kolovoz i tako omogućuju brže oticanje vode s kolovoza;
- da pridodane higroskopne soli zemljanom materijalu daju potreban elasticitet;
- da pridodane higroskopne soli sprečavaju djelovanje mraza na zemljani kolovoz;
- te da pridodane soli sprečavaju rast zelenila na zemljanom putu itd.

Budući da postoji cijeli niz kemijskih veznih sredstava, koja se upotrebljavaju prilikom stabilizacije tla, potrebno je napomenuti, da ovakva općenita zapažanja i djelomična dosadašnja iskustva upućuju na kompleksno sagledavanje ovog problema oko njegove praktične primjene i ekonomičnosti pa istraživanja u tom smislu ne bi smjela izostati.

Sam problem šire primjene raznih sistema ovog jednostavnog postupka svodi se u osnovi na traženje mogućnosti primjene lokalnih materijala za pojedine dijelove ili cijele kolovoze od zemljanog materijala. Iz svega navedenog proizlazi, da stabilizirano tlo ima veliki značaj u pogledu proširenja i modernizacije naše putne mreže, a naročito kada se radi o gospodarskom putu za potrebe poljoprivrede.



## LITERATURA

1. Dipl. inž. Klaus Linemann, Landwirtschaftlicher Wegeban
2. Von Nordewin von Diest, Hannover  
»Einfache Bodenstabilisierung mit hygrokopischen Salzen«
3. Anleitung für den Bau und die Unterhaltung mechanisch verfestigter Trag — und Verschleisschichten. Aufgestellt und herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen, e. V., Köln, und der Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen im österreichischen Ingenieur — und Architekten — Verein, Wien, 1957.
4. Richtlinien für den Bau von Betonfahrbahndecken. Herausgegeben von der Hauptverwaltung des Strassenwesens im Ministerium für Verkehrswesen, Berlin 1958.
5. Patty, R. L. and Larsen, L. F. (1943): New Hard Surfaced Floors for the Farm Poultry House, South Dakota Agricultural Experiment Station, Circular 42, Brookings.