

Se
gleda

INSTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO
SLOVENIJE V LJUBLJANI

NAČIN GRADNJE ZGORNJEGA
USTROJA GOZDNIH CEST

Pravoslavní

Strani 1 - 10

ost. 323.4

Institut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije
v Ljubljani

NAČIN GRADNJE ZGORNJEGA USTROJA GOZDNIH CEST

Razprava je bila dovršena 15. aprila 1963.

Sestavljač elaborata

B. Črnagoj

Ing. Boleslav Črnagoj

višji znanstveni sodelavec

Dirktor

Bogdan Žagar

Ing. Bogdan Žagar



K A Z A L O

	Stran
Uvod	2
Nazivi za oddvojen kameni material, pojem zemljine ter nazivi za kameni material v zemljinah	8
Betonske gozdne ceste	11
Črni plašči na gozdnih cestah	79
Gradnja in vzdrževanje s peskom zaplavljenih drob- ljenčevih plaščev	114
Nasute ceste, zgoščene s tresalcem	124
Preprostejši način gradnje nasutih cest	134
Razne vrste utrjenih (stabiliziranih) vozišč	140
Najnovejše koncepcije in skušnje v rešavanju prob- lematike stabilizacije tla v ZDA	161
Mehanično utrjeni nosilni in obrabni stroji	163
Utrditev zemljin s cementom	206
Neki podatki o utrditvi s cementom	221
Ceste v zemljedelskih področjih, ki jih gradi "Biro za izgradnjo puteva objekata u poljopri- vrđi"u Novom Sadu	230
Podatki o stabilizaciji, dobljeni ob obisku tega Biroja	232
Opis ceste, ki se je gradila na področju Zemljo- radničke zadruge Novi Bečej	234
Garnitura strojev za stabilizacijo tla "Howard"	240
Utrditev z bituminoznimi vezili	249
Utrditev zemljin z apnom	262
Ekonomičnost raznih vrst spodnjega ustroja in plašča	278

Nekaj načelnih pripomb k dimenzioniranju zgornjega ustroja gozdnih cest	282
Račun debelin zgornjega ustroja in maksimalnih napetosti	318
Viri	330

U v o d

Elaborat obravnava zgornje ustroje gozdnih cest in način njihove izgradnje. Predvsem obravnava tzv. sodobne zgornje ustroje (betonske in črne), dalje pa tudi z vodo vezane, ali, kar je isto, s peskom zaplavljene, dalje vibrirane in stabilizirane zgornje ustroje.

Prvotno nisem imel namere, da tudi z vodo vezane zgornje ustroje vključim v razpravo, smatrajoč, da je ta način gradnje že dovolj poznan. Po natančnem pregledu najnovejših navodil za te ustroje, pa sem ugotovil, da vsebujejo nekaj podrobnosti, ki se morejo smatrati kot nove. Zato sem vključil v razpravo tudi njih.

Kdor bi opisoval zgornje ustroje vseh mogočih cest, torej tudi javnih cest III., II. in I. reda, bi mogel sestaviti zelo lep, še obširnejši elaborat, s polno interesantnosti. Toda tak elaborat bi bil za gozdarstvo praktično manj vreden, saj zgornji ustroji za javne ceste višjih redov so za gozdarstvo predragi in zato neuporabljivi. Zato sem smatral kot svojo najvažnejšo nalogo, da obravnavam samo snov, ki se nanaša na gozdne ceste, vse drugo gradivo pa da odbijam.

Že od preje sem imel razne znanstvene razprave o zgornjih ustrojih gozdnih cest, oziroma cest, ki so gozdnim cestam ravne. Za to razpravo pa sem uspel, da se dokopljen raznih kratkih in zelo eksaktno formuliranih zapadnonemških navodil za gradnjo zgornjih ustrojev.

Navodila se deloma nanašajo izključno na gozdne ceste, deloma pa še na druge. Na katere ceste se nanašajo, je navedeno pri vsakem navodilu posebno.

Navodila so v razpravi uporabljena tako, da so prevedena v celosti (skoraj vsa) ali pa delno. Delne prevode predstavljajo viri 18, 19 in 20. Delni prevodi pa niso izvršeni tako, da bi prevedeni teksti bili dani v enostavnejši ali spremenjeni obliki, temveč prevod predstavlja točne originalne tekste. Nprevedeni odlomki, ki so ostali taki zaradi slik, bi se po interesnih morali pogledati v originalnih navodilih. Za to svrhu bi bilo potrebno, iz inozemstva nabaviti še neko dalje število navodil. Zaenkrat navodil nisem mogel nabaviti v večjem številu, ker nimam na razpolago nobenih deviz. Tudi večji del navodil, ki sem jih za razpravo uporabljal, sem uspel nabaviti samo po prijaznosti neke slovenske tovarišice ing. gozdarstva, ki živi v Norveški in ki jih je plačala tamkaj, v norveški valuti.

Za točen prevod, a ne za podajanje snovi s svojim opisom, sem se odločil, ker bi vsako menjanje originalnih tekstov, pomenilo poslabšanje navodil. Saj originalna navodila so do skrajnosti precizna in izklesana do popolnosti.- V početku sem pričel delati drugače, toda sem kmalu uvidel, da to nima smisla.

Z nekaterimi zapadnonemškimi ustanovami, kakor tudi s posameznimi strokovnjaki, je izmenjano več dopisov, zaradi želene natančnejše pojasnitve kakih smernic ali druge literature. Pojasnitve, ki so mi poslone, so zelo postrežljive, izčrpne in precizne.

Ker se v razpravi obravnavajo zgornji ustroji cest, je seveda na nešteto mestih treba govoriti o "cestah". Tu se mora pripomniti, da niti v slovenščini, niti v nemščini, nista razmejena pojma "pot" in "cesta". Da ne bo nejasnosti, pripominjam, da je izraz "cesta" v tejle razpravi uporabljen za vse umetno učvrščene ceste, pod pogojem, da so tako široke, da je na njih mogoč avtomobilski ali vprežni promet. Ako pa je utrjena pot

tako ozka, da ni uporabljiva za zgoraj navedena vozila (temveč n.pr. samo za kolesa), je to "pot". V prvi vrsti pa so "poti" neučvrščene zamljinske poti.

Pojem "zemljina" je objašnjen v poglavju "Nazivi za oddvojen kameni material" itd.

V opisih gradnje cest je neštetokrat imenovan kameni material razne debeline. To je potrebno, kadar se en ali drug material navaja za sebe, ravno tako pa, kadar so razni materiali, kot sestavni deli zemljin, med seboj pomešani in je potrebno n.pr. navesti, koliko odstotkov odpade na eno, koliko na drugo zrnnavost.

Pri pregledovanju literature se more opaziti, da razni avtorji razne debeline kamenega materiala nazivajo različno. V tejle razpravi bi zato, ako bi se naslanjal enostavno na nazive raznih avtorjev, prišlo do konfuznosti, saj en avtor isti material naziva z enim, a drugi z drugim nazivom.

Smatram zato za potrebno, da objasnim, kako bom uporabljal razne nazive. Da bi prišel do enotnih nazivov, sem se obrnil najprej na Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij LRS in nato na Ing.R.Jenka, profesorja Gradbene fakultete v Ljubljani, s prošnjo, da mi stavijo na razpolago že usvojene nazive za razne debeline zrnatega materiala.

Nisem pa jih mogel dobiti, ker ti nazivi niso še utrjeni.

Zato mi ni preostalo drugega, kot da grem svojo pot in da nazive utrdim samostalno.

Ta pot je bila sledeča:

Glede oddvojenega materiala sem se naslonil na nemške DIN 1179, a glede zmešanega, v zemljinah, na opis materiala kot ga daje Dr. Ing. E. Neumann v svojem delu (8). Za prevod posameznih nazivov materiala sem uporabljal terminologijo prof. Kregarja v njegovem delu (31), prof. dr. B. Žnideršiča v njegovem delu (26), prof. ing. R. Jenka v njegovem delu (29) ter prof. dr. L. Šukljeja v njegovem delu (27).

Pripominjam, da ima v delih zgoraj navedenih štirih slovenskih avtorjev cela vrsta izrazov, ki sem jih zaradi poenostavljanja in zaradi naslonitve na nemško terminologijo, izpustil.

To so izrazi:

prof. Kregarja: grez, mivka, prodec, krogle, prah, pržina, drobir, melje, kršec, drobec, tolčenec;

prof. Žnideršiča: fini kamniti drobiž (mlevec), grobi kamnit drobiž (drobec), tolčenec;

prof. Jenka: prašnati pesek (Mo), prah, prod;

prof. Šukljeja: prod, gramozasto kršje.

Za to, da sem se naslonil na nemško terminologijo, imam zelo tehten razlog: V razpravi citiram razne nemške avtorje, posebno pa še razne nemške smernice za gradnjo raznih zgornjih ustrojov cest. Med citiranimi teksti ter ključem za razumevanje nazivov mora obstojati skladnost.

Nazivi za oddvojen material, kakor tudi za zmešan material v zemljinah, so podani v poglavju "Nazivi za oddvojen kameni material" itd.

Zamotanost obstoji tudi glede nazivov raznih slojev zgornjega ustroja cest. Kot se iz skice 1 na str. 7 vidi, obstoji razlika med nemškimi in avstrijskimi nazivi (15).

Iz poglavja "Navodilo za gradnjo in vzdrževanje mehanično učvrščenih nosilnih slojev" (2o) dajem tudi še skico, z oznakami, kot je navedena v tem navodilu. Glej skico 2 str. 7 . Iz skice se vidi, da je v tem navodilu uporabljena deloma avstrijska terminologija. To navodilo je namreč deloma sestavljeno v Avstriji.

V poglavju "Mehanična stabilizacija" je uporabljena terminologija, kot je uporabljena v viru (2o), v ostalih poglavjih, po nemških virih, pa nemška. V viru (1) je uporabljena v glavnem nemška terminologija, a ne popolnoma dosledno (članek je iz Avstrije).

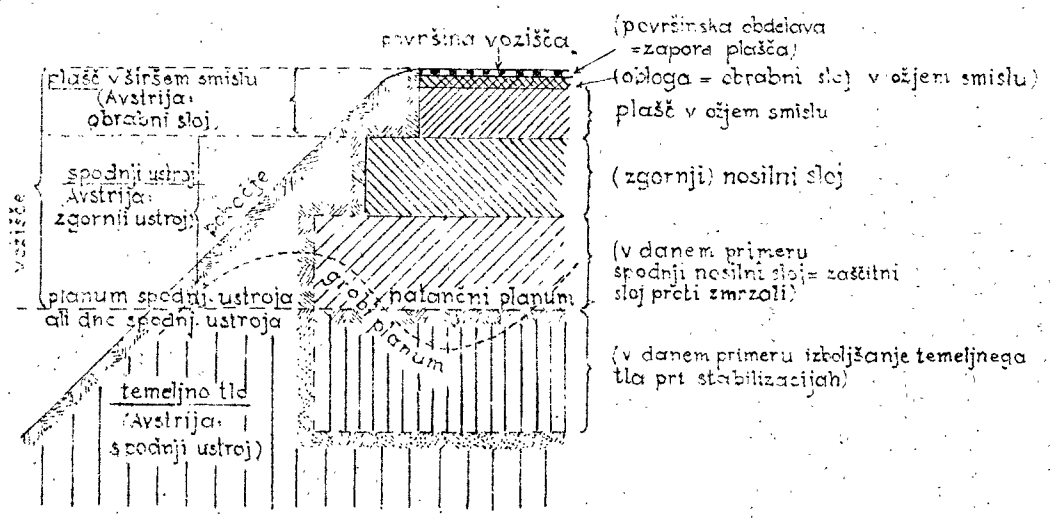
V poglavju "Nekaj načelnih pripomb k dimenzioniranju zgornjega ustroja gozdnih cest", ki ga je sestavil prof.ing. R.Jenko, je navedena terminologija, kot jo on uporablja, ilustrirana s skico 3 na str. 7 .

V opisih stabilizacije cest v Vojvodini in v izvodih člankov iz hrvatske revije "Ceste i mostovi" je uporabljena tamkaj običajna terminologija, ki je brez daljega razumljiva.

Tudi je brez daljega razumljiva terminologija, uporabljena za opis cest, ki sem jih osebno pregledal v Avstriji (glej poglavje "Preprostejši način gradnje itd.")

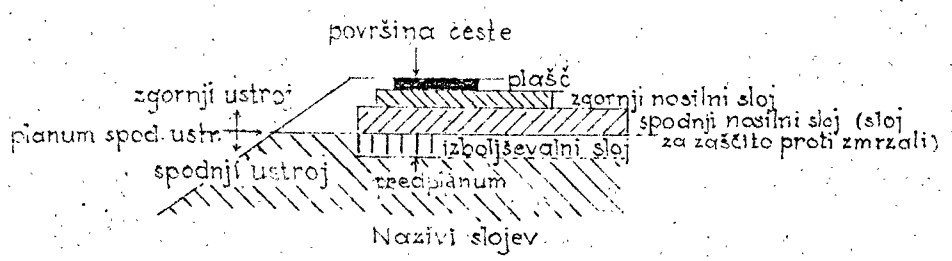
Pojem "stabilizacija" je prevajan z "utrditvijo" in sicer glede na to, da jo tako naziva prof.dr.B.Žnideršič, v skriptah, ki jih je spisal za svoje slušatelje.

Sploh pa sem s slovenskimi izrazi imel velike težave, ker Slovenci še nimamo tehničnega slovarja.



1

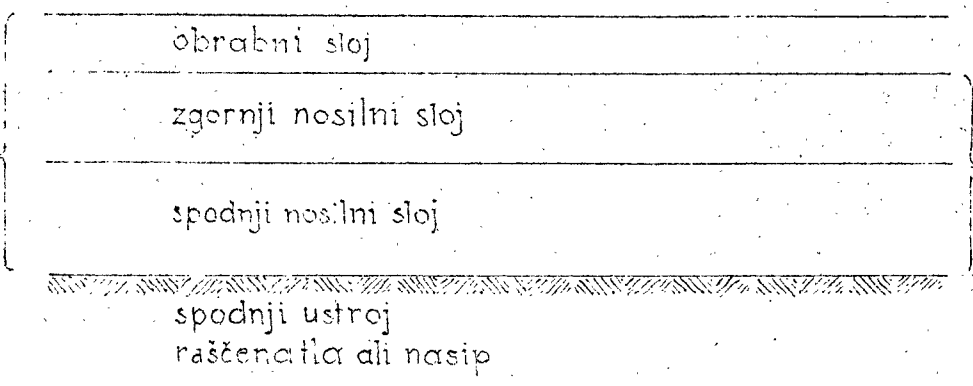
Nazivi slojev konstrukcije uvrstitve vozišča



2

Nazivi slojev

zgornji ustroj



3

nosilni sloj

planum spodnj. ustroja

Nazivi za oddvojen kameni material, pojem zemljine ter nazivi za kameni material v zemljinah.

Nazivi za kameni material po nemški normi DIN 1179, kot sem jih določil, so sledeči:

Izvleček iz nemške norme DIN 1179

Zrnavosti pod 1 mm se ugotove z mrežastimi siti po DIN 1171. Zrnavosti od 1 mm navzgor pa s siti z okroglimi vrtaninami po DIN 1170.

Prirodne snovi

Zdrobljene snovi

I. Splošne oznake

		mm			mm
pesek	mokast pesek	< 0,06	moka	moka	< 0,06
	" "	0,06/0,09		"	0,06/0,09
	droben pesek	0,09/0,2		"	0,09/0,2
	sred. debel pes.	0,2/1			
	grob pesek	1/3			
gramoz	drobni gramoz	3/7	drobljen pesek	droben drobljen pesek	0,2/1
	sred. deb. gram.	7/10		grob drobljen pesek	1/3
	" " "	10/15	zdrob	droben zdrob	3/7
	" " "	15/30		" "	7/10
	grob gramoz	30/40		grob "	10/15
	" " "	40/50		" "	15/30
	" " "	50/60			
" " "	60/70				
kame- nje	> 70	drob- ljeno	droben droblj.	30/40	
			grob "	40/50	
			" "	50/60	
			" "	60/70	
srednje debel gramozni pesek	< 30	drob- ljeno kame- nje		> 70	
gramozni pesek (grob gramozni pesek	< 70				

II Posebne oznake

betonski pesek	betonski droben pesek < 1	betonski drobljen pesek	betonski droben pesek < 1
	betonski grob pesek 1/3		betonski grob pesek 1/3
	" " " 3/7		betonski grob pesek 3/7
betonski gramoz	betonski droben gramoz 7/30	betonski zdrob 7/30	
	betonski grob gramoz 30/70	betonski drobljenec 30/70	
betonski gramozni pesek < 70			

K prednjim oznakam pripominjam:

Kakor v tej normi, tako se tudi sicer v nemški literaturi govori o raznih "finih" materialih, kot n.pr. finem pesku, finem gramozu, finem zdrobu, finem drobljencu. Ker se je po Slovenskem pravopisu Slov. akademije znanosti in umetnosti, iz. l. 1950, besedi "fin" v skrbnem jeziku treba izogibati, so v tej razpravi "fini" materiali imenovani "drobni".

Definicija za zemljine, je po viru (27) sledeča:

"Zemljine so tvorivo, ki je sestavljeno iz drobcev prvotno kompaktnih hribin".

Za zrnje razne velikosti, iz katerih sestojе zemljine, dajem po viru /8/, stč. 242 ter viru /27/ sledečo skupinsko razdelitev ter oznake za skupine:

mm	Oznaka	
< 0,0002	drobna	
0,0002/0,0006	srednja	glina
0,0006 / 0,002	debela	
0,002/0,006	drobni	
0,006/0,02	srednji	melj
0,02/0,06	debeli	
0,06/0,2	drobni	
0,2/0,6	srednji	pesek
0,6/2	debeli	
2/6	drobni	
6/20	srednji	gramoz
20/60	debeli	
> 60	kamnje (po slov.pravopisu kamenje)	

Po mojem mišljenju bi namesto prednjih oznak "srednja oziroma srednji" bilo bolje uporabljati izraz "srednje debela" oziroma srednje debeli".

Pripominjam tu, da kot se iz teksta "Navodila za gradnjo in vzdrževanje mehanično učvrščenih nosilnih in obrabnih slojev" (20) vidi, je v tem navodilu uporabljena še malo drugačna skupinska razdelitev (glej to navodilo).

Strani 11 - 113

Fotografske in druge slike glej v originalnih
navodilih

Betonske gozdne ceste

Za gradnjo betonskih gozdnih cest obstoje smernice (18).

Njihova vsebina je sledeča.

Tehnične smernice

za

gradnjo betonskih cest v gozdu

Obdelava v maju 1957

Uporabnost betonskega načina gradnje za gozdne ceste

I. Sodobni promet zahteva boljše gozdne ceste

Potem ko je betonska gradnja na javnih cestah bolj in bolj pridobila na važnosti in se pri veliki uporabi v gradnji avto-prog obnesla ter izkazala kot neizogibno potrebna, je lahko razumljivo, da se je prišlo na pomisel, preizkusiti, ali je njena uporaba tudi v gozdarstvu smotrna in ekonomična.

Razvoj današnjega prometa in posebno močna preložitvev na prevoz s težkimi kamioni govori za to, da se gozdne ceste, na katerih kamioni morejo voziti brez preložitve tovora, grade tako globoko v gozd, kot to omogočajo ekonomski momenti. Za določitev ekonomske meje na dolgo perspektivo, bo pri tem merodavna

proizvodnja v m³/ha (kot povprečni skupni prirastek), v zvezi z vrednostjo vsakega m³ v posameznem gozdnem revirju ali posameznem gozdnem področju.

Razvoj gre razločno v tej smeri, da se les dopremi iz sečin do gozdnih cest (spravilo), kjer se pri izkoriščenju največjega tovora, ki je dopusten na cestah za velike daljave, naloži na kamione in brez preložitve prepelje do namembnega kraja (prevoz). To more povzročiti pomembne pocenitve prevoznih stroškov in gre na koncu koncev v korist izkopička za les.

Spravilo z žičnimi vrvmi navzgor ali navzdol potrebuje kvečjem ureditve tras. Le spravilo s traktorskim ali konjskim vlekrom potrebuje posebnih poti, ki v normalnem slučaju, kot vlake, morejo biti popolnoma enostavne zemeljske poti.

Praktično pride na ta način do 2 kategorij:

- a) zemeljskih poti - vlak
- b) kamionskih cest za največje tovore.

Ali so za prevoz lesa po teh sodobnih zahtevah ceste iz betona uporabne?

II Prednosti betonskega načina gradnje v gozdu

1. Široka, toga betonska plošča porazdeli pritisk osnovin popolnoma enakomerno na celokupno površino, dočim ta pri cestnem trupu iz posameznih členov deluje samo na malo površine. Cestni trup je zato ozko neenakomerno obremenjen in poznano je dejstvo, da se na ozkih cestah s stavljenjo podloge kolesnice polagoma vrisnejo čedalje globokeje.

2. Kot glavni sovražnik naših gozdnih cest je veljala doslej vlaga vsled zasenčenja. Gozdne ceste "gnijejo". Popolnoma tu ne pomagajo niti široke preseke, ki pa na drugi strani pomenijo ne nepomemben izpad proizvodne površine. Beton pa doseže največjo trdnost in trdoto ravno v vlažni klimi, ki vlada v gozdu. Betonske ceste so zato lahko popolnoma zasenčene. Ako je preseka široka samo 3 m, pomeni to, da se pridobi na dolžinski km ceste 0,3 ha gozdne površine. To pomeni za proizvodnjo lesa 1-2 m³ dobitka, v posebno ugodnih pogojih pa celo 3-4 m³. (-6/7^x) (-sl.lo.s.-7/8⁺)

3. Pri betonskih cestah se more računati z nenavadno visoko življenjsko dobo. Ako se pomisli, da avtoproge po čisto že več kot 20 letih in kljub najtežjemu prometu, ki se more zamisliti, niso izgubile na svoji trpežnosti, se more računati, glede na neprimerno manjšo prometno gostoto gozdnih cest, z življenjsko dobo 50 let in več.

4. Vzdrževalni stroški so v primeri z drugimi načini gradnje nizki. To je za vsakega gozdnega gospodarja, ki iz izkušnje ve, kako velika sredstva zahteva redno vzdrževanje drugih načinov gradnje, od bistvene važnosti.

5. Po betonskih cestah je mogoč celo vlek lesa do nakladalnih mest, brez nevarnosti, da bi površina pri tem trpela, dočim se to n.pr. na cestah, ki so povezane z vodo, mora zabraniti (največkrat brez zadostnega uspeha), ker bi sicer nastale poškodbe, katerih odstranitev bi povzročila neprimerno visoke stroške.

Opomba: x) konec strani 6 in začetek strani 7 orig. Smernic

+) slika 1 orig. smernic; Konec strani 7 in začetek strani 8 orig. smernic.

6. Betonske ceste se morejo, /-sl.1 o.s.-7/8^x)
brez posebnih težav, ravno tako kot ceste s stavljenjo podlogo in
plaščem, ki je vezan z vodo, graditi z lastnimi gozdnimi delav-
ci. Niso potrebni nobeni dragi stroji ali stroji, katere se
more težko upravljati. Ta okolnost je za mnoge gozdne obrate
zelo velikega pomena, v času, ko naj gozdarstvo skrbi za polno
zaposlitev svojih gozdnih delavcev. Seveda pa delo morejo vrši-
ti tudi gradbena podjetja, tam, kjer okoliščine to dovoljujejo.

7. Betonska vozišča so, to ve vsak voznik motornih vo-
zil, posebno hrapava in varna za vožnjo (sl. 1 o.s.). Za konj-
ska kopita so sicer manj hrapava kot ceste s stavljenjo podlogo.
Da se pa s povprečnimi brazdicami (sl. 2 o.s.) posebno v padcih,
hrapavost zelo poboljšati. Koristna je tudi svetla barva beto-
na, ki razločno označuje vozišče, kar je ugodno posebno pri oz-
kih voziščih; ona poveča prometno varnost.

8. Beton je tudi nerazrušljiv po površinski vodi, ki
je sovražnik cestnega trupa - v gorovju največji - in ne nudi
nobenih napadnih točk, kot je to pri cesti s stavljenjo podlogo
slučaj v splošnem, a posebno na izvoženih kolesnicah.

9. Navadna vozišča, ki so občutljiva za vodo, morajo
biti zaradi boljšega odvoda površinske vode, v sredini izboče-
na. Betonu pa zadostuje ravna, samo na eno stran slabo nagnjena
površina. Izboklina drugih vozišč zmanjšuje vozno varnost
in olajšuje tvorbo cestnih gub. /-sl.2 o.s.-8/9-

Opomba: slika 1 orig. smernic; Konec strani 7 in začetek strani

8 orig. smernic

III. Prilagoditev betonske gradnje potrebam gozdarstva

Betonska cestogradnja mora seveda biti ekonomična. Ne da bi hoteli posegati v važno končno poglavje, ki temeljito primerja ekonomičnost raznih načinov cestogradenj, se mora ta že tu na kratko obravnavati. Da bi betonska cestogradnja bila ekonomsko znosna, je vezana na predpostavko, da se v zahtevah glede mere in kakovosti najde pravilna meja. Gradnja avto-prog mora - puščajoč popolnoma na strani skrajno draga dela planiranja in gradnje mostov - računati z mnogo višjimi stavkami kot pa so znosne za gozdarstvo. Zato pa so seveda prometne obremenitve pri največjih brzinah tudi maksimalne. Glede na to je mogoča cela vrsta gradbenih poenostavitev.

1. Glede debeline. Dočim se na avto-progah gre do debeline 20-25 cm betonskih plošč, se je doslej v gozdarstvu gradilo z debelinami med 7 in 20 cm, sorazmerno nosilnosti temeljnega tla. V naši klimi, ko zimska zmrzal igra precejšnjo vlogo, naj bi se ne šlo pod 10 cm. Z debelino 15 cm, pa bi se, po dosedanjih izkušnjah, mogla doseči popolna varnost. Večje debeline so potrebne samo izjemoma, tako eventuelno ako gladina talne vode seže zelo visoko.

2. Avto-proge imajo v novejšem času zmogničene betonske plošče, ker se je pokazalo, da se sicer male neravnine na stikih plošč (pri nezaslišanih silah, ki pri visokih brzinah na njih delujejo), polagoma povečajo. Pri gozdnih cestah zmogničenje more odpasti - z izjemo morda odsekov z nezanesljivim temeljnim tlom - ker so brzine, kljub težkim tovorom, nizke, kar sledi že iz majhne cestne širine. Zato tudi ni potrebna take natančna enakost višin, posebno na stikih betonskih plošč, ki je pri gradnji avto-prog neizogibno potrebna.

3. Jekleno tkivo. Ono pri majhni obremenitvi ni potrebno, ker poviša stroške za ca 2 DM. Izjema bi mogla nastopiti samo pri mokrem temeljnem tlu, kjer je treba računati z visokimi naponi vsled zmrzali.

4. Zrnavost dodatkov. Glede tega bi moglo biti zadostno, da je zajamčeno, da uporabljeni dodatki leže znotraj dopustne presejne krivulje. Brezpogojna ločitev v 4 velikosti zrna ni potrebna.

5. S širino ceste se more iti in naj se gre navzdol do 3 m, ker v pravilu zadostuje eno vozišče. Dočim se pri plaščih, vezanih z vodo, navadno gre do 3,5-4 m, da bi se preprečilo izvoženje kolesnic, ta nevarnost pri betonu ne obstoji, ker nosi cela plošča, tudi če se kolesa kotale vedno po istih travkovich. Skrajna možnost varčevanja pa obstoji v izgradnji dveh ločenih tirov, ki se najprej more zagovarjati, ako so tiri iz betona.

V vseh prednjih točkah iti istočasno do skrajne meje poenostavitve, pa bi bilo nevarno. Vsaj v dvomljivih slučajih je treba konsultirati pristojni posvetovalni urad za betonske gradnje. Določitev pravih mej, na osnovi praktičnih izkušenj, je odločilnega pomena za uporabo betonskega načina gradnje v gozdu, ki se z ekonomskega stališča da zagovarjati.

Možnosti uporabe v gozdarstvu

/-9/10-

1. Novogradnja.

Pride v poštev pri težkem prometu, ako se cesta gradi na novo ali ako se že neka obstoječa zemeljska pot hoče zamenjati z novo cesto. Stroški betonske gradnje često niso bistveno večji od ceste s stavljeno podlogo in z vodo vezanim plaščem, ako

se vzame v obzir, da je mogoča pri gradnji poenostavitev, kot je to zgoraj navedeno. Posebno se opozarja na možno zmanjšanje širine vozišča do 3,0 m. Izogibališč za promet v nasprotni smeri v pravilu ni potrebno utrditi, ako namreč iz nasprotne smeri prihajajo vedno samo prazna vozila. (Pri voziščih, ki so široka 3,50 m, ostane prazno vozilo s kolesi ene strani vedno na utrjenem vozišču). Razširitev vozišča v ostalem ni pri nobenem drugem vozišču lažje izvedljiva kot pri betonskem. Brez vsake težave je na obstoječe vozišče mogoče dodati betonski trak potrebne širine.

Normalna debelina betonskega plašča je 15 cm.

Posebna vrsta novogradnje je gradnja samo betonskih tirov. Izbetonirata se samo 2 betonska traka. Prostor med trakovi in izven trakov ostane neutrjen. Ta način, ki dopušča stvarjanje prihrankov, je uporabljiv, ako cesta na dolgih odsekih nima vijug, predvsem torej na ravnih terenih.

2. Pregraditev izvoženih cest, ki imajo stavljen podlogo.

Kjer sta na cestah s stavljen podlogo že globoko izvoženi kolesnici in je nastala /sl.3 in 4 o.s.- 10/11 - v sredini močna cestna grba, bo v največ slučajih, z izkoriščenjem nosilne sposobnosti spodnjega sloja, najsmotrnejše prekritje z betonskim plaščem.

Glede na razne okolnosti, prideta v poštev dva postopka:

a) Prvotni profil se pusti neizpremenjen. Staro vozišče se čisto pomete. Vse neravnosti, posebno izvožene kolesnice, se izpolnijo s slojem mršavega betona (po prostornini približno 1:10). Ta se tako zgosti, da površina tega izravnalnega sloja, po vezavi, tvori planum za novi, normalno izdelani betonski plašč, katerega debelina mora v pravilu znašati samo

10-12 cm. Slaba stran tega postopka: Ker je novo vozišče višje od prejšnjega, je potrebno odgovarjajoče dosipanje banketov.

b) Prvotni profil se odstrani. Stari plašč, t.j. grba in oba stranska višja trakova se raztrgajo, izplanirajo in krepko povaljajo, ravno tako tenak izolirni sloj od gramoza in sloj čistoče nad njimi. Na ta planum se položi 10-12 cm debel betonski plašč.

c) Za poskušnjo so tudi samo globoko izvožene kolesnice izpolnjene s svežim betonom, enake sestave kot za normalno novogradnjo ter z roke zgoščene. Za utrditev in ohranitev cest s stavljeno podlogo, ki so šele malo obrabljene, bodo druge gradbene mere kot n.pr. črni plašči, ekonomičnejši.

Na ta način se stvorijo -- ob zelo nizkih stroških -- pravzaprav kolosečne proge.

3. Posebne vrste gradnje

Beton kot sredstvo za gradnjo cest, se da, odvisno od raznih vrst in oblik dodatkov oziroma gradbenih sredstev, ki so poceni na razpolago, uporabiti v skoraj poljubno visokem številu drugih gradbenih oblik. Primerjaj poglavje "Posebni načini gradnje" /-risbi 5 in 6-o.s.-11/12

Prigovori proti betoniranim gozdnim cestam

1. Primitivni gradnji pripada bodočnost.

Glede na ugodne izkušnje in na tehnično popolno izvedbo v USA, se priporoča uporaba dozerjev in grejderjev za novogradnjo in tekoče vzdrževanje gozdnih cest, posebno zmaltnje zemljin z gramozom in naravnim drobljencem. Da je uporaba

grejderja za izdelovanje planuma novih cest v velikem obsegu važna in potrebna, je brez dvoma. Tudi izgradnja vozišč iz zmaltanih zemljin ima gotovo mnogo možnosti, tako v velikih, strnjenih in pretežno ravnih gozdnih področjih ali pri cestah brez velikih vzponov, kjer je uporaba grejderja ekonomska. Vendar pa se ne sme spregledati, da je tak primitiven način gradnje potrebna prilagoditev na primitivno stanje gozda, z izkoristkom 1 m³/ha približno³ dolarjev vrednosti in pri v glavnem manjkajočih redčenjih. Čozdovi z visokimi letnimi etati (v Nemčiji od pribl. 4 m³/ha, vrednost najmanj 200.-DM) in stalno se pojavljajočimi redčenji pa ne samo dovoljujejo temveč primoravajo, da se zgradi trdna, prvovrstna mreža glavnih gozdnih cest.

2. Betonske ceste so predrage.

Ta prigovor se nehote vsiljuje vsakomur, ki dnevno čita o visokih gradbenih stroških avto-prog. Poglavje "Ekonomičnost različnih načinov gradnje cest" kaže, da pri prilagoditvi gradbene tehnike na gozdarske razmere, pomisleki te vrste niso utemeljeni.

/sl.7 o.s.- 12/13-

3. Betonske ceste so za visoke nagibe neuporabne.

Na osnovi dobrih izkušenj glede hrapavosti, ki se s prečnimi brazdicami da še ojačiti, so na gozdnih cestah v betonu zgrajeni čedalje večji vzponi, do 15 %, ne da bi prišlo do katerihkoli težav ali očitkov.

4. Poledica.

Pazljiva opažanja niso dala razloga za mišljenje, da bi poledica na betonskih cestah bila močnejša, kot na drugih utrjenih voziščih. Ker betonska vozišča v sredini niso izbočena, je vožnja po njih celo bistveno varnejša.

5. Težavna gradnja.

Ne more se oporekati, da je gradnja betonske ceste težja od običajne gradnje s stavljeno podlogo in da zahteva mnogo pazljivosti in dobro organizacijo. Mnogi primeri pa kažejo, da gozdarska praksa more betonsko tehniko popolnoma obvladati. Odločilen je vestni gozdarski gradbeni vodja - kot pri vsaki drugi gradnji v ostalem tudi. Smotrna je ustanovitev gradbenih enot za večje gozdno področje (kot tudi že obstoje), ki se, s potrebnimi stroji in orodji, ki imajo za voditelje enega gradbenega vodjo in enega strojevodjo, pošiljajo v razne revirje. Gozdni delavci, ki so tam na razpolago, se presenetljivo hitro vžive v novo delo, ki jih zelo zanima.

6. Betonska cesta se ne prilega gozdu.

Ta prigovor s čustvenim povdarkom, ki se usmerja tudi proti motornim žagam in drugim tehničnim pridobitvam, ne more vzdržati stvarni preudarek. Živimo pač v tehnični dobi.

Sicer pa - kdo se more odtegniti mikavnosti, ki ga nudi svetli trak avto-proge, ki vodi skozi gozd? Mnogi, katerim je v lastnem gozdu izpočetka betonska cesta izgledala tuja, priznajo sedaj njene prednosti tudi v estetskem pogledu in se je vesele.

/-sl.8 o.s.- 13/14-

Tehnika betonske gradnje.

I.

Gradivo, njegova kakovost in vgraditev.

Vsaka vrsta cementnega betona - torej tudi cestni beton - se pripravlja z mešanjem dodatka (gramoz, zdrob) s cementom in vodo. Ta zmes, sveži beton, se zgosti, veže in se strdi v tr-

dni beton. V tem betonu tvori dodatek trdno ogrodje, sestavina cementa in vode lepilo, ki posamezna zrna dodatka med seboj poveže. Vsak beton pa mora imeti gotovo, svojemu namenu odgovarjajočo kakovost. Ta je določena:

- A) s kakovostje uporabljenih gradiv,
- B) s sestavo zmesi,
- C) s tehničnim postopkom mešanja, zgostitve in s postopkom ^{pe} betoniranju.

Te tri točke naj bodo v naslednjem - nanašajoč se in omejene na gradnjo betonskih cest - posamezno obravnavane.

A. Kakovost gradiva.

1. Dodatki.

a) Sestava:

Najvažnejša lastnost dodatkov je pravilna sestava po velikosti zrna; t.j. v celokupnem področju od 0-30 (vent. 0-50) mm - kot primernem okvirju - morajo posamezne velikosti zrna po svojih deležih biti tako zastopane, da so praznine med vsakokratnimi večjimi zrni čim bolj gosto zapolnjene z zrni vsakokratne manjše zrnivosti. Izprani gramoz in zdrob se danes more skoraj povsod pridobiti z nakupom v štirih ločenih zrnivostih (0-3, 3-7, 7-15, nad 15 mm).

Zrnivost se ugotovi s poskusnim presejanjem (sl. 9 o.s.) in upodobi s presejno krivuljo. Primerjava dobljene presejne krivulje z dolgoletnimi preizkušenimi vzorčnimi presejnimi krivuljami za cestni beton, pokaže, ali je izbrani dodatek brez daljnjega uporaben ali pa se z dodatkom gotovih manjkajočih skupin zrn šele mora napraviti uporabnim. Ker v betonu posebna važnost pripada pesku, se zanj (0-7 mm) izdelava posebna presejna krivulja.

Opozarja se že tu, da se kot "pesek" sme dodati dodatku, ki sicer ni v polni meri uporaben, samo gramozni pesek, ne pa drobljen pesek iz trdih kamenin. Ta poslednji vsebuje skoraj vedno mnogo prahu in se mora tudi zaradi svoje oblike zrna označiti kot neugoden (glej str. 17o.s.) /-sl.9 o.s.-14/15

Za ugotovitev presejnih krivulj se potrebuje preizkusni zaboje II Nemškega betonskega društva (sl. 12 o.s.). Zaboju je dodano navodilo, dalje obrazci z vrisanimi vzorčnimi presejnimi krivuljami. Presoje dodatnega materiala pa na željo izvrše tudi zastonj,

Posvetovalnice betonske industrije, ki interesantom tudi posredujejo obširno literaturo o betonu. Poleg preizkusnega zaboja II Betonskega društva, se za tekoča preizkusna presejanja z dobrim uspehom more uporabljati tudi "splakovalni sestav sit" po dr. Risselu (sl. 13 o.s.), ki ima prednost enostavne uporabe in ki omogoča dobre, hitre preveritve.

Kolikšna je važnost pravilne mešanice gradiva, se vidi iz sledečega:

Pri mešanici po težini, cementa z dodatkom, v razmerju 1 : 7, znaša betonska tlačna trdnost po 28 dnevih:

pri razmerju 1 dela cementa:	7 delom peska	100 kg/cm ²
" " " "	: 1 delom peska:	
	2 delom gramoza	145 "
" " " "	: 3 delom peska:	
	4 delom gramoza	190 "

Za 1 m³ gotovega betona je potrebno:

iz grobega gramoza 20/30 mm	500 l cementa
" drobnega peska 0,2/1 mm	650 " "
" mešanice zrnatega gramoznega peska 0/30 mm	250 " "

b) Čistoča dodatka: /risbi 10 in 11 o.s.-15/16-

Dalje je pri dodatku važna čistoča, t.j. dodatek ne sme vsebovati ilovnato-glinenih sestavnih delov ali organskih primesi. Tudi kameni prah spada k nezaželenim sestavnim delom.

Delež snovi, ki se dajo izprati /-sl.12 in 13 o.s.16/17 (ilovica, glina, kameni prah) se ugotovi z splakovalnim poskusom, v valju, ki spada k opremi preizkusnega zaboja II. Ako se pri splakovalnem poskusu pokaže delež splakljivega materiala večji od 2-3%, se dodatek mora odkloniti. Ti mokasto-drobni delci obvijajo često, debelejša zrna in zmanjšajo možnost zlepljenja o-grodja. V pravilu je izpran nazavni gramoz in izprašen zdrob od trdega kamena dovolj čist.

Preiskava dodatka glede organskih sestavnih delov se izvrši s prelitjem s 3 % natronovo lužino. Ako se po 24 urah pokaže močno obarvanje lužine, ki stoji čez material, je uporaba materiala sumljiva in ga je bolje odkloniti. Organske snovi se najdejo češče v neizpranem gramozu, tudi zato je v načelu priporočljivo, da se pri gramozu uporablja samo opran material.

c) Oblika zrna:

Končno mora dodatek imeti primerno obliko zrna, ki omogoča čim večjo zgostitev. Gramoz vsled svoje okrogle oblike odgovarja tej zahtevi pač vedno, zdrob od trdega kamna naj ima kolikor mogoče kockaste oblike; ploščato, dolgo iverje je neugodno in naj bi tvorilo kvečjemu neznaten delež celokupnega dodatka. Dvakrat drobljeni zdrob od trdega kamna bo tej zahtevi večinoma odgovarjal, dočim je pri enkrat drobljenem zdrobu delež neugodnih oblik često zelo visok. Ocena oblike zrna se izvrši na oko.

2. Cement

Uporabljajo naj se samo običajni standardni cementi (portland-cement, železni portlandcement, plavžni cement). Od teh imenovanih vrst ima portlandcement največ, a plavžni cement najmanj bazičnih sestavin. Od portlandcementsa in železnega portlandcementsa obstoje trije kakovostni razredi (Z 225, Z 325, Z 425), ki se pri približno enakem času vezanja strde različno hitro. Končne trdnosti pa se le neznatno razlikujejo. Znotraj istega polja pa se vrsta cementsa ne sme menjati. Plavžni cement se izdeluje samo v dveh kakovostnih razredih (Z 225 in Z 325). Ker je pri gradnji gozdnih cest navadno brez težav mogoča popolna zapora za vsak promet po završitvi del za 3-4 tedne, je mogoča omejitev na uporabo kakovostnega razreda Z 225, ki se po standardnem predpisu dobavlja v papirnih vrečah. S tem kakovostnim razredom se dosežejo popolnoma zadostne trdnosti (glej spodaj I B 4, str. 30 o.s.). Ako se v gradnji gozdnih cest uporabljajo zgornji standardni cementi v originalnih zavojih, niso potrebne nobene preiskave posameznih cementnih lastnosti. Paziti pa je treba, da se dobi tvorniško svež, vendar pa vsaj 3-4 dni hlajen cement. Cement, ki je vsled slabega skladiščenja-tudi pri trgovcu gradbenega materiala - postal grudast, je od svoje kakovosti mnogo izgubil in ga je treba zavrniti.

3. Voda

/-17/18-

Pri gradnji gozdnih cest se bo komaj dogodilo, da voda za pripravljanje betona ne bi bila dobra. Zaradi popolnosti pa naj bo omenjeno, da se ne smejo uporabljati odpadne vode n.pr. tovarniških postrojenj, zaradi vsebovanja soli, kiselin ali organskih snovi. V posebnih primerih (n.pr. pri uporabi močvirske vode) je priporočljiva preiskava vode s strani gradbenih posvetovalnic.

B. Predelava surovin

1. Mešalno razmerje.

Kakovosti vsakega betona zavise - poleg kakovosti izhodnih snovi - v odločilni meri od mešalnega razmerja osnovnih snovi: dodatka, cementa in vode. Treba je razlikovati in upoštevati dvoje:

- a) mešalno razmerje dodatka k cementu,
- b) mešalno razmerje vode k cementu.

a) Mešalno razmerje dodatka k cementu:

Zgoraj je rečeno, da z vodo zamešeni cement povzroči zlepljenje dodatka. Po tej ugotovitvi se mora odmeriti delež cementa v mešanici z dodatkom. Premajhna količina cementa v "pustem" betonu poslabša dobre lastnosti betona, vsaj nekatere od njih, dočim prevelika količina cementa ne povzroči primernega poboljšanja, temveč naposled samo poviša stroške. Na osnovi izkustev iz gradnje javnih cest in iz dosedanje gradnje gozdnih cest, izgleda, da je 280-300 kg cementa k enem m³ gotovo zgoščenega betona povprečno pravilno razmerje - pod predpostavko, da presejna krivulja dodatka leži najmanj v uporabljenih mejah ter ako je oblika zrna in zgostitev betona (s tresalci) dobra. Po težini ta zmes odgovarja približno 1 delu cementa k 6 delom dodatka, po prostornini pa približno 1 : 4.

Pri gradnji v dveh slojih betonskih gozdnih cest (torej pri delitvi celotne debeline plašča v spodnji in zgornji beton), je zgornje mešalno razmerje mišljeno za zgornji beton. Spodnji beton more biti bolj pust, ne da bi zanj važne lastnosti izgubil v škodljivi meri. Kako daleč se more iti z dodajanjem cementa navzdol, zavisi posebno od enakomerne nosilne trdnosti temeljnega tla. Pri dobrem temeljnem tlu, iz katere-

ga je tudi dobro odvedena voda, ki je preko cele širine ceste enakomerno trden, so se za obremenitev gozdnih cest dosegli še popolnoma zadostni uspehi s (150-)180 kg cementa na m³ gotovega betona v spodnjem sloju. To odgovarja težinskemu razmerju ca 1 : 12 in prostorninskemu ca 1 : 8. Da bi se kolikor mogoče zmanjšala razlika v naponih vsled različnih količin cementa v zgornjem in spodnjem betonu, je pri zmanjšani količini cementnega deleža v spodnjem betonu, koristno, /-18/19- ako je tudi delež peska v dodatku spodnjega betona manjši v primeri z zgornjim, da je torej presejna krivulja kakor za celokupni dodatek, tako tudi za sam pesek v spodnjem betonu, izpod presejne krivulje za dodatek v zgornjem betonu.

Ali se gradi v dveh ali pa samo v enem sloju, pri čemer se samo en sloj sestoji od betona, ki pri dvoslojnem betonu odgovarja zgornjemu sloju, zavisi od raznih vidikov. Enoslojni način poenostavi brezdvoma celokupno gradnjo, zahteva pa večje stroške za gradbeni material, posebno vsled povišanja porabe cementa. Dvoslojni način gradnje dopušča v spodnjem sloju zmanjšanje porabe cementa in istočasno dovoljuje uporabo nekoliko grobejšega dodatnega materiala. Dvojna zgostitev pri dvoslojnem načinu gradnje je gotovo koristna, čeprav se ne more trditi, da bi pri enoslojnem načinu gradnje zgostitev ne bila zadostna. Izgleda, da je pri debelini plašča pod 12 cm bolje graditi enoslojno, pri debelini 12 cm in več pa bolje dvoslojno, z ločitvijo spodnjega in zgornjega betona.

Na velikih betonskih gradbiščih se pridrževanje razmerja cementa k dodatku zagotovi s tehtanjem dodatka (po možnosti ločeno po skupinah zrna) in cementa po danih tabelah. Pri gradnji gozdnih cest je ta metoda prezapletena. Priporoča se sledeči postopek:

Napravi se zgoraj odprt, stabilen zaboj z dnom, ki znotraj meri točno 1 m² in ki je približno 30 cm visok. Vanj se sipa količina dodatka, ki predstavlja normalno polnjenje uporabljenega mešalnega stroja in se v zaboju zgosti z zgoščevalnim orodjem, ki je na razpolago, pri čem mora višina polnjenja biti enaka na vsej površini zaboja. Z izmero višine zgoščenega polnjenja v zaboju, se ugotovi prostornina polnitve mešalnega stroja ter izračuna za to količino potrebna količina cementa, pri čem se predpostavi n.pr. 300 kg cementa na m³ gotovo zgoščenega betona. Ugotovljena količina cementa se stehta in strese v merilno posodo, ki se za dodajanje cementa pripravi (vedro). Ako se enaka količina cementa potem doda vsakemu polnjenju mešalnega orodja za zgornji beton, je mešalno razmerje vedno (z neznatnimi odstopanji) enako in pravilno. Ako se za spodnji beton uporablja bolj pusta zmes (glej zgoraj), se ugotovi na enak način potrebna količina cementa za vsako polnjenje mešalnega orodja za spodnji beton. Pri tej metodi se predpostavlja, da se za časa vršenja gradbenih del, prostorninska teža cementa ne menja ali samo nebitveno, ravno tako ne presejna krivulja dodatka. Zaradi gotovosti pa naj se med gradnjo večkrat ugotovi vsebina cementa. Za to svrhu se iztehta količina cementa, ki se običajno doda vsaki mešanici, mešanica zagotovi, sipa v omenjeni zaboj, enakomerno razdeli in zgosti. Iz prostornine kontrolne mešanice, ki se je ugotovila z izmero in iz predhodno iztehtanega deleža cementa v tej mešanici, se stvarna vsebina cementa v kg na m³ tudi lahko izračuna.

b) Mešalno razmerje vode k cementu: /-19/20-

To razmerje ima na razne lastnosti gotovega betona odločujoč vpliv. Za to razmerje se v naslednjem uporablja izraz "vodo" cementna vrednost" ali izraz, ki je bolj v rabi, "vodo-

cementni faktor", skrajšano $\frac{v}{c}$.

Ako je $\frac{v}{c} = 0,35$, pomeni to torej, da se 100 kg cementa doda 35 l vode. Za glavno nalogo dodatka vode, da povzroči vezanje in strditev cementa, zadostuje manjši vodocementni faktor kot pa je za možnost vgraditve svežega betona in za dosegljivost dobrih betonskih lastnosti, ki se žele doseči, potrebno. Z dodatkom vode je treba iti vedno do spodnje meje možnosti vgraditve, t.j. pri dobrem dodatnem materialu in pri uporabi dobrega orodja za tresenje, do faktorja 0,35 - 0,40. Svež beton s tem vodocementnim faktorjem, se imenuje "prstenovlažen". Pri neoporečni zgostitvi s kakim orodjem za tresenje, doseže tak prsteno-vlažno pripravljene beton najboljše tlačne, vlečne in obrabne trdnosti, zaostane pa glede gostote betona in prodornosti za vodo za optimumom.

Popolna zapora plašča se s takim suhim ("prsteno-vlažnim") svežim betonom more doseči samo s težkim orodjem za tresenje, ki pa pri gradnji gozdnih cest, ako jih vrši gozdna uprava, iz drugih razlogov ne pridejo v poštev. Najbolj opazne so slabe strani prsteno-vlažno uporabljenega betona pri vgraditvi zdroba od trdih kamenin kot dodatka, ne da bi pa pri betonu od gramoza manjkale popolnoma. Brez menjanja vodocementnega faktorja se morejo navedene slabe strani /-graf.14 o.s.-20/21- daljnosežno izključiti z višjim dodatkom cementa, kot pa je to navedeno pod I B₁ str. 18 o.s., toda to podraži gradbene stroške.

Odločitev med prsteno-vlažno- torej zelo suho - uporabo svežega betona in med tako, ki ima višji vodocementni faktor, naj olajša prikaz odvisnosti betonske tlačne trdnosti od vodocementnega faktorja (grafikon 14 o.s.).

Grafikon kaže zelo jasno izredno strmopadanje betonske trdnosti (vlečna in obrabna trdnost tečeta v isti smeri) pri povišanju vodocementnega faktorja. Dobro bo, imeti sliko te krivulje vedno pred očmi, tudi če se včasih kakemu kritičnemu opazovalcu kako ne popolnoma zaprto mesto na površini vozišča manj dopade ali ako zgostitev svežega betona z nizkim vodo-cementnim faktorjem povzroča več truda. Vgraditev betona se v ostalem more izboljšati tudi brez povišanja vodocementnega faktorja, z dodatkom kakega tzv. sredstva za plastificiranje.

Ta sredstva za plastificiranje obstoje v tekoči obliki ali v prahu pod označbami raznih znamk. Ona gibkost svežega betona pri pravilni uporabi tako zelo povečajo, da se celo more znižati dodatek vode. Mora pa se zelo paziti dodati svežemu betonu od teh sredstev za plastificiranje več, kot je to v priloženem navodilu navedeno. Preveč tega sredstva znižuje trdnost betona.

Nazorni prikaz odvisnosti tlačne trdnosti od vodocementnega faktorja se pa za gradnjo gozdnih cest da še drugače izkoristiti. Ako se smatra kot upravičena predpostavka, da za normalno obremenitev gozdnih cest zadostuje tlačna trdnost od pribl. 200 kg/cm² in se zavestno hoče odreči večjih tlačnih trdnosti, se more vodocementni faktor povišati na ca 0,60 do 0,70. Na ta način doseženi "mehki" beton se vgrajuje zelo dobro, postane zelo gost in dobi dobro zaprto površino, ker pri tresenju izbiije na površino izdatna cementna zaplaka.

Pred odločitvijo za tak postopek pa je treba pomisliti, da je ravno visoka tlačna trdnost ono, kar daje betonskemu vo-

zišču zaželeno, vsa druga vozišča daleč nadkriljujočo trajnost. Z visokim vodocementnim faktorjem se v cestogradnji poslabša najvažnejša lastnost betona v korist drugih, manj važnih. S tem vlažnim postopkom pa se tudi pride zelo blizu one meje, ki se ne sme prekoračiti, ako se noče poleg trdnosti zmanjšati tudi gostoto betona in stanovitnost na mrazu, razvrednotiti torej več ali manj tudi druge dobre lastnosti betona.

Bodisi pa, da se dela prsteno-vlažno ali pa mehko, vedno je treba imeti na umu, da dodatni material vpliva na vodocementni faktor. Suh, luknjičav dodatni material povleče vodo nase in zniža pri enakem dodatku vode vodocementni faktor, nasprotno se ta z vlažnim dodatnim materialom poviša. V ekstremnem slučaju (n.pr. pri mokrem gramozu) postane dodajanje vode nepotrebno. V vsakem primeru je za vodocement- /-21/22- ni faktor merodajno vsebovanje vode v svežem betonu, ko napušča mešalni stroj. Upoštevati je tudi treba, da suho temeljno tlo ali suh lesni opaz odvzame svežemu betonu vodo, morda celo pod najpotrebnejšo mero za vezanje. (Pri dejanskem vodocementnem faktorju od samo 0,15 - 0,20 nastopi pri betonu stanje tzv. uničenja vsled "žeje". Tak beton je brez vrednosti).

Glej podrobnejše poglavje III, Delovni postopek, str. 39 o.s.

2. Mešanje

Tehnični postopek mešanja mora biti izveden tako temeljito, da so vsa zrna dodatka, od velikega do najmanjšega, obvita s cementom. Samo takrat se more pričakovati od cementa

neoporečno zlepljenje. Ročno mešanje doseže ta cilj samo težko in za velike betonske gmote v cestogradnji zaradi visoke porabe časa (stroški mezd) izpada. Za strojno mešanje danes tržišče gradbenih strojev nudi obilico tipov in velikosti. Naslednja obravnava se omejuje na dva vidika:

a) Z mešalcem s prostim padom, prisilnim mešalcem ali betonskim avtomatom:

Mešalec s prostim padom (sl. 15 o.s.) je splošno znani mešalec z zmerno hitro vrtečim se bobnom, v katero se napolni celokupno gradivo za zmešanje. V bobnu je nekoliko različno oblikovanih loparjev, ki pri vrtenju bobna gradivo vzemo s seboj navzgor in spet puste pasti. Potrebno trajanje mešanja znaša normalno 2-3 minute. Po dokončanju se zmes-sveži beton - izprazni v posebna prevozna kolica. - Široka razprostranjenost mešalca s prostim padom pokazuje, da je njegovo mešalno opravilo dobro, a upravljanje z njim enostavno. Vsaj pri manjših tipih, ki se v gradnji gozdnih cest naveš uporabljajo (150 l vsebine bobna), nastopi razmeroma hitro oskorjenje stene bobna in loparjev s cementno malto; vsled tega se postopek mešanja podaljša in delo mešanja poslabša. /-sl.15 o.s.-22/23-

Ta pomanjkljivost se pokaže najmočnejše pri uporabi zdroba od trdega kamna, ki ni brez prahu. K temu pride kot daljnja posebnost mešalca s prostim padom, da delci prahu stvarjajo z vodo za mešanje male kepice, ki vsebujejo komaj kaj ali nobenega cementa in ki prepoje sveži beton sorazmerno deležu prahu bolj ali manj; na dlani leži, da je s tem zlepljenje betona brez vrzeli, za katerim se teži, ogroženo in s tem olajšan nastanek površinskih poškodb.

Te pomanjkljivosti malega mešalca s prostim padom, pri uporabi prisilnega mešalca (sl. 16 o.s.), ne nastopajo. Pri malem

tipu prisilnega mešalca, ki se do sedaj uporablja v gradnji gozdnih cest, se zmes napolni na skladišču v prevozne mešalne krožnike in ti se prepeljejo v pravi mešalni stroj.

V napolnjeni mešalni krožnik se od zgoraj vtakne mešalna naprava, ki sestoji iz stalnih in premičnih loparjev in ki povzroči zelo temeljito premešanje. Skepitve prašnih delcev niso mogoče, oskorjenja samo na mešalni napravi in samo v zelo majhni meri. Trajanje mešanja je v primeri z mešalcem s prostim padom, skrajšano. Posebne prevozne kolice za sveži beton pri teh prisilnih mešalcih niso več potrebne.- Vsem tem prednostim stoji nasproti kot nedostatek, da prisilni mešalec porabi več moči in da posebno mešalna naprava, a tudi stene mešalnih krožnikov podleže močnejši obrabi, kot pa je to slučaj pri mešalcu s prostim padom. Pri obeh mešalnih oblikah si torej stoji nasproti prednosti in pomanjkljivosti; odločitev, ali mešalec s prostim padom ali prisilni mešalec, mora zaviseti od krajevnih okoliščin.

Betonski avtomat (sl. 17 o.s.) je prisilni mešalec, ki deluje neprekinjeno, dodatne snovi se do 3 različnih razredov zrna morejo dati v posode in se zmešati v vsakem zaželenem razmerju.

Dodatek cementa se more v mešalnem razmerju 1 : 3 do 1 : 12 neoporečno dozirati z nastavno skalo in vodocementni faktor odrediti z ventilom, ki se da /-sl.16 o.s.-23/24- natančno regulirati, z natančnostjo od $\pm 1\%$ Intenzivno zmešanje z vodoravno delujočim dozirnim polžem da zelo enakomeren sveži beton. Vsled odprtega korita je dana stalna kontrola mešalnega postopka. Iztok se vrši preko prevrnilne naprave v japonsko oziroma s pomočjo prenosnega traku ali brez tega neposredno na delovno mesto. Delovna hitrost se more s tremi namestil-

nimi stopnjami regulirati od 6,8 ali 11 m³/uro, sorazmerno vsakokratnim delovnim pogojem in stopnji dosežene vaje.

Stroj predstavlja dalji razvoj tipa prisilnega mešalca in omogoča z avtomatičnim načinom dela racionalno izboljšanje na gradbišču. /-sl.17 in 18 o.s.-24/25-

b) Z na mestu stoječim ali premičnim mešalcem:

Zavisno od dolžine cestnega odseka, ki naj se zgradi, se more urediti eno ali več mešalnih mest, do katerih se dopelje celokupno gradivo za zmešanje, za gradbeni odsek, ki ga je treba obskrbeti, in na katere se postavi stroj za daljšo gradbeno dobo in od katere se sveži beton - morda s poljsko železnico - odpelje na mesto vgraditve. Ta postopek se bo moral neizbežno uporabiti vedno takrat, kadar se vključi kak večji mešalec (sl. 18 o.s.) (z dvigalom in večinoma z več kot 150 l vsebine), ker montiranje takega mešalca za pogosto menjanje stališča zahteva preveč časa. Bolj v rabi je^v gozdni cestogradnji ta čas drugi postopek, pri katerem se gradivo za zmešanje na celi dolžini ceste dopelje v pravilni razdelitvi, ter se mešalec, ki je potem manjši (150 l) in ki stoji zelo blizu mesta vgraditve, z napredkom dela večkrat premesti in se sveži beton v mešalnem krožniku prisilnega mešalca (oziroma v japoncu pri mešalcih s prostim padom) dopelje na kratko razdaljo do mesta vgraditve. Najočitnejše prednosti in pomanjkljivosti obeh postopkov so približno sledeče:

Mešanje na istem mestu:

Prednosti: Veliki mešalec, ki se tu uporablja, meša praviloma bolje in enakomernejše kot pa mali mešalec,

dovoz gradiva na eno mešalno mesto ne povzroči nikdar zoženje delovnega prostora na mestu vgraditve,

kakovost materiala se more tekoče preverjati pri dovozu,

pripravljeni planum s slojem čistoče ostane pred mestom vgraditve lepo v redu, kar pa velja samo, ako se prevoz svežega betona od mešalca vrši ob strani poleg pripravljenega planuma; kot posebno koristno se je pokazalo, da se stranski prevoz položi na šine, ki se na mestu vgraditve povišajo z lesenimi kozami,

vsled možnosti dobre ureditve skladišč za gradivo se morejo v veliki meri preprečiti izgube vsled raztresenja.

Pomanjkljivosti: Tekoča povezava med mestom mešanja in vgraditve je toliko težja, kolikor bolj oddaljena sta oba delovna mesta,

nadzirajoči uradnik nima istočasno pred očmi najvažnejših potekov dela, namreč mešanja, vgraditve in zgostitve; s tresočim prevozom svežega betona na tirnicah poljske železnice ali v drugih vozilih na daljše razdalje se pospešuje razmešanje in sicer tem bolj, kolikor vlažnejša je zmes; pri prsteno vlažnem betonu se ta pomanjkljivost ne pojavlja,

pri pomanjkanju prostora, je neizogibno polaganje poljske železnice na cestni planum, kar povzroča tekoče podiranje tirnic pri napredovanju dela; zato se mora sveži beton na mestu vgraditve eventualno prenašati z lopato do dolžine ene tirnice; za premikanje vagončkov med mestom vgraditve in mešalcem v nepopolnoma ravnem terenu človeška moč ni več zadostna, zasedba z osebjem mešalnega mesta in /-25/26- vgrajevalnega mesta se mora tekoče prilagajati trajanju transporta med obema delovnimima mestoma; to komplicira postopek,

večja nabavna cena večjega mešalca.

Premično mešanje

Prednosti: Zagotovljena je trajna, dobra povezava med mestom vgraditve in mešalcem, tako da se vsaka napaka mešanja, ki se pokaže na mestu vgraditve, že pri naslednjem mešanju more odpraviti,

pomaganja ene delovne skupine pri drugi so brez daljega mogoča,

dnevno večkrat potrebno pomikanje naprej lahkega mešalca ne dela nobenih težav, posebne priprave za postavitve mešalca niso potrebne,

vsi delavci vsega oddelka morejo tekoče prezreti celokupni delovni potek, preteči prazni tek se more spoznati v nastanku in more biti preprečen s ojačenjem obsega ene skupine.

Pomanjkljivosti: Nasutje dodatka na dolgem odseku ima posledico večje izgube kot pa strnjeno skladiščenje na enem centralnem mešalnem mestu,

dovozi dodatka, ki se morajo izvršiti, pred pričetkom vgrajevanja, ne morejo nikdar izračunati 100%, dasiravno je mogoče, izogniti se večjim razlikam med dovozom in potrebno količino,

končna prireditvev planuma pred nanosom svežega betona zahteva več dela kot pri mešalcu, ki meša na istem mestu, pri katerem je planum praviloma pred vgraditvijo komaj še delovno mesto.

Vzavši vse v obzir, prevladuje po dosedanjih izkušnjah v gradnji gozdnih cest vtis, da je mali, premični mešalec smotrnejši od velikega mešalca, ki meša na istem mestu in ki kljub svoje večje polnitve pod danimi okoliščinami ne more doseči nobe-

nega pospeška napredka dela in pri katerem celokupni potek dela brez praznega teka ni vedno tako zagotovljen kot pri malem, premičnem mešalcu, v neposredni bližini mesta vgraditve. Tudi ne obstoji noben povod za domnevo, da bi višji nabavni stroški velikega mešalca mogli biti upravičeni vsled boljših kakovosti betona. Pri preozkih cestah za skladiščenje gradiva ali pri pretežkem vračanju praznih kolic v strmem terenu, se je treba odločiti od slučaja do slučaja.

3. Zgostitev

pred

Sveži beton mora za dosego polne kakovosti vezanjem biti zgoščen, t.j. s posebnim postopkom se zrna posameznih zrnivosti dodatka morajo dovesti v čim gostejši položaj - sedaj obvite cementnim mlekom. Najenostavnejša oblika zgoščevanja, phanje (z ročnim phalcom) se tudi danes še /-26/27- uporablja z uspehom pri malih betonirskih delih (sl. 19 o.s.). Za večja betonska dela, h katerim brez dvoma spada tudi gradnja gozdnih cest, se uporabljajo pa danes samo še orodja za tresenje, že iz razlogov varovanja človeške delovne sile. Orodja za tresenje se z motornim pogonom s pomočjo ekscentričnih gredi dovedo do 2500-3500 tresljajev na minuto in preneso na stičnih površinah te tresljaje na sveži beton, ki se pod njihovim dejstvom zelo gosto skupaj strese. - Za gradnjo gozdnih cest, z razmeroma tankimi betonskimi sloji pridejo v poštev samo tzv. površinski tesalci v obliki tresilnih plošč ali tresilnih plohov. Tresilne plošče (sl. 20 in 21 o.s.) /sl. 19 in 20 o.s.-27/28- (primerna dimenzija najmanj 60 x 60 cm) se prosto vodi preko polja, ki ga je treba zgostiti. Ni torej vezana na gotove širine cest. Ker se zgoščevanje vrši v progah, je treba posvetiti veliko pazljivost na izvedbo ravne površine betona, da bi voda od dežja neovirano mogla odtekat. Brez dvoma se ravna površina more zgo-

toviti lažje s tresilnim plohom (sl.22 o.s.), ker ta zavzema naenkrat celokupno širino ceste. Slaba stran ploha pa je zato njegova povezanost z odrejeno širino ceste - ki odgovarja dolžini ploha - katere pa se pri gradnji gozdnih cest ni mogoče vedno pridržavati. Kombinacija ploha in plošče v istočasni uporabi bi najbrže dala najboljše rezultate. (Podrobnejše k temu pod II B, str. 32 o.s.)

Na zelo važen moment pri uporabi plošče in ploha je še treba upozoriti: Plošča ne more zgostiti mehkega svežega betona, ker se pri tresenju v tega takoj pogreznene (mehko pripravljene beton /sl.21 in 22 o.s.-28/29- ne proža plošči nobenega upora in se ji bočno izmika), more se torej uporabljati samo za zgostitev prsteno-vlažnega betona.

Tresilni ploh pa se v normalnem slučaju premika na obeh straneh na opažu, se torej ne more pogrezniti globokeje kot leži zgornji rob opaža in bi zato mogel biti dobro uporabljiv tudi pri betonu, ki je pripravljen vlažnejši. Ako se zavestno, zaradi doseženja visokih trdnosti, prizadeva, vodocementni faktor zadržati nizek, je možnost uporabe tresilne plošče naravnost merilo za zgornjo mejo dodatka vode. - Stopnja zgostitve se more ugotoviti na zmanjšanju prostornine svežega betona. Kot normalno dobra zgostitev se more smatrati, ako je prostornina svežega betona po zgostitvi za najmanj 25 (do 30) % manjša kot pred zgostitvijo. Drugo merilo za dobro zgostitev je pri prsteno-vlažnem betonu zmeščanje površine, povzročeno po cementnem mleku, ki je po zgostitvi dodatnega materiala, vsled tresenja (ali phanja) potisnjeno na površino. Ta iz prsteno-vlažnega svežega betona iztisnjena cementna zaplaka je najboljša zapora plašča.

4. Naknadno negovanje

Približno eno uro po zmešanju pričenja vezanje cementsa, proces strditve betona. Do tega trenutka morajo biti zaključene vse predelavne faze betona, vključno zgostitve. Po pričetku strditve pa je treba storiti še nekaj za kakovost betona. Posebno važna in pri suhem vremenu neizogibno potrebna je zaščita betona proti izhlapevanju. Pri gradnji gozdnih cest se je za to svrhu dobro obnesel /-sl.23 o.s.-29/30- debel sloj listja ali trave, ki se ga razprostre na betonsko ploščo in ki se ga^z nanj položenim dračjem zavaruje proti raznašanju. Obneslo se je tudi prekritje svežih polj s platnom za žaklje (sl.23 o.s.) sli s pletenicami od trstike, ki celo pred primitivnejšim postopkom prekritja s travo, praprotjo, listjem ali igličasto steljo (sl. 24 o.s.) ima prednost, da eventualno nastopivše plohe ne morejo poškodovati površine, ki je v prvem času občutljiva. Pri vročem, suhem poletnem vremenu naj se ta pokrov obdrži vlažen približno en teden.

Zaščita proti izhlapevanju povzroči enakomerno vezanje in strditev v vsem betonskem sloju in prepreči nastajanje razpok vsled krčenja, ki se lahko raztezajo od površine pa globoko v betonski sloj. Pomanjkanje zaščite proti izhlapevanju more celo dovesti do tega, da na površini beton nima več dovolj vode za proces vezanja ter se v tem primeru govori o betonu, uničenem vsled "žeje". Svetli, suhi madeži na sicer temno-vlažni betonski površini se v tem smislu morejo smatrati kot alarmi/signal. K naknadni negi spada tudi preprečenje obtežb in streslajev še nezadostno strjenega betona. Ako se s prezgodnjo obtežbo razpusti še ne trda zlepitev, se škoda ne da popraviti. Zunanji videz zadostne trdote naj ne preslepi in vztrajati je treba na popolni prepovedi uporabe skoz najmanje 3 tedne.

Tudi pri gradnji gozdnih cest so slučajji, kjer normalna brezpogojno predpisana, 3-4 tedne trajajoča zapora ceste, po završitvi gradbenih del, dela težave. V takih slučajjih se priporoča, v zadnjih 10 delovnih dnevih uporabljati boljšo vrsto cementa, kot Z 325, ki se, kot rečeno, hitreje strdi. Beton, ki je napravljen z Z 325, mora po završetku gradbenih del biti za promet zaprt samo 12-14 dni. Uporaba Z 425 dovoljuje dalje skrajšanje zapornega časa za 2-4 dni. Cement večje vrednosti je pa občutno dražji od cementa Z 225, ki se normalno uporablja.

/-sl.24 o.s.- 30/31 -

II.

Vključitev strojev in orodij.

Za gradnjo betonskih cest v gozdu se potrebujejo sledeči stroji in orodja:

mešalci s pritiklinami,

tresalci za zgostitev,

viri za proizvodnjo moči za mešalec in tresalec,

naprava za preskrbovanje vode,

razno drobno orodje,

opaži, deske za raztezne rege.

A. Mešalec

Pri mešalcu s prostim padom, veličine 150 l, ki je spoznana kot primerna, morajo vnašati dodatek v mešalni boben 3 delavci. 1 delavec odmerja cement in ga dodaja, 1 delavec streže mešalec, 1 delavec (v danem primeru 2) vozi sveži beton - v japoncu ali v drugih specialnih kolicah - od mešalca do mesta vgraditve. 5 teh delavcev stoji torej stalno pri mešalcu, njihova delovna hitrost je odrejena deloma od učinka stroja, deloma

od vključitve voznika kolic. Pri večjem, trdno zgrajenem mešalcu s prostim padom, razpored delavcev pri stroju načelno ni drugačen, na učinek vpliva pri večji razdalji mešalca od mesta vgraditve, samo v večji meri transport svežega betona. Olajšuje se v tem slučaju transport svežega betona z vključitvijo vagončkov, prekucnikov ali motornih kolic.

Pri tipu prisilnega mešalca, ki se doslej uporablja v gradnji gozdnih cest (glej str. 23 o.s.), se meša v prevoznem mešalnem krožniku, ki ima gumijasta kolesa. Smotrno se vključijo istočasno 3 mešalni krožniki. Na vsak mešalni krožnik prideta 2 delavca, ki polnita dodatek in vodo, oskrbujeta mešalec (to samo pri električnem pogonu; pri pogonu mešalca z eksplozivnim motorjem, je za oskrbovanje potreben en poseben delavec) in zmešani sveži beton vozita do mesta vgraditve. Dodajanje cementa vrši poseben delavec. Skupno je torej pri prisilnem mešalcu vključenih 7 delavcev, ki pa delajo v treh samostojnih mešalnih skupinah in so samo toliko navezani eden na drugega, kot je potrebno, držati se delovnega razmaka od skupine do skupine. K temu se mora paziti na to, da razdalja med samim mešalcem, mestom vgraditve in skladiščem dodatka, znaša približno med 6 in 12 m. Pri pravilnem kroženju mešalnih krožnikov, je med mešanjem v enem krožniku, drugi na mestu vgraditve, oziroma že na povratku odtod, a tretji je na skladišču dodatka oziroma že na poti do mešalca. -

Betonski avtomat potrebuje strojnika, ki mora opazovati tek stroja in kakovost zmesi, ki stalno izteka. Za vmetavanje dodatkov so odvisno od števila različnih skupin velikosti zrna, potrebni dva ali trije delavci, za vsipanje cementa še en delavec. Ako se sveži beton ne more transportirati s prenosnim trakom neposredno na delovno mesto, zadostujeta dva voznika kolic za obvladanje samo kratke razdalje do polja, /-31/32- ki je v gradnji. Za strežbo je torej potrebno 5 do 7 delavcev;

delovna hitrost zavisi v veliki meri od nastavitve stroja, učinek je ustrezno visok.

Pri vseh mešalcih bo transport na zelo strmih odsekih moral dovesti do drugačne zasedbe. Pri mešalcu s prostim padom in pri betonskem avtomatu mora potem kolica biti strežena od dveh delavcev, pri prisilnem mešalcu morajo za vsak mešalni krožnik biti vstavljeni 3 delavci, pri čem se en mešalni krožnik tako dolgo postavi na stran in se dela samo z dvema krožniki. Ta izjemni slučaj, ki posebno neugodno vpliva na razdelitev dela pri prisilnem mešalcu, pa bo nastopil zelo redke (vzponi nad 8 %).

B. Tresalec

Obstoje tresilne plošče za strežbo z enim delavcem in z dvema delavcema. Tresilna plošča za strežbo z enim delavcem mora biti urejena za hod naprej in nazaj. Po dosedanjih izkušnjah je dati prednost plošči za strežbo z enim delavcem. Prestava na hod naprej ali nazaj se izvrši med delom n.pr. z enostavnim dvigom ali poveseanjem vodilnega ročaja. Ker se zelo često zgoščuje v dveh slojih (zgornji in spodnji beton), mora obstojati možnost, da se pri zgoščevanju spodnjega betona plošča dovede tesno do opaža, mora torej na dveh paralelnih straneh v smeri vožnje biti pravokotno zakrivljena navzgor, dočim obe strani prečno k smeri vožnje, morajo, zaradi boljšega drsenja, biti poševno odrezani. Samostojno premikanje plošče naprej, je naravno, pri enaki naravnavi, navzdol hitreje kot navzgor. Voditelj orodja mora torej skrbno paziti na enakomerni hod, da bi dosegel tudi enakomerno zgostitev.- Tresilni plošč seže preko cele cestne širine, odvisno od dolžine in tovarniškega izdelka in je gonjen od enega ali od dveh motorjev. K vsakem motorju spada v danem slučaju več

ekscentričnih gredi, ki proizvajajo tresenje. Pri gradnji v dveh slojih (zgornji in spodnji beton) se more uporabljati samo za zgostitev zgornjega betona, ker zaradi svoje dolžine ne more delati med opažom. Smotrno je plošč ca 0,50 m daljši, kot pa znaša širina ceste, da bi vsegdar mogel sigurno biti voden nad opažom. Strežen je po dveh delavcih in doseže boljše ravnost cestnega plašča kot plošča. Pri enoslojni gradnji, torej brez ločitve po zgornjem in spodnjem betonu, se izhaja s samo enim neoporečno delujočim plohom za zgostitev betona, se pa pri tem ne sme prezreti, da se sveži beton napolni dovolj visoko čez opaž. Morebiti potrebne zgostitve sloja čistoče (glej tudi pod III A 3 str. 40 o. s.) se morajo tudi v tem slučaju izvršiti s ploščo. Najboljši uspehi se dosežejo teoretično s povezano vključitvijo obeh tresilnih orodij, ako se zgornji beton med opažom zgosti s ploščo, a zgornji beton s plohom.

V praksi zadeva zaenkrat ne izgleda prav tako dobro. Plohi, ki morejo biti vlečeni od dveh delavcev, ne zgoste v enem delovnem poteku tako zanesljivo, kot je potrebno, več delovnih potekov ne oteža napredovanja dela neznatno. Težki plohi se v danem slučaju morajo, kljub samostojnemu pomikanju naprej, pri vzponih, vleči od več kot 2 delavcev. /-32/33-

Doseženo izboljšanje dela (ravnost površine) pa potem ni v nobenem znošljivem razmerju več k porabi dela in s tem višini mezd. Kljub temu naj bi se zadržalo zanimanje za vključitev tresilnih plohov, ker gotovo bo industrija v doglednem času, po p^okusnih vključitvah, ki do sedaj niso zadovoljile, ponudila plošč, ki bo ustrezal posebnim pogojem gradnje gozdnih cest.

C. Vir energije za mešalce in tresalce

V normalnem slučaju je mešalec poganjan od enega malega Dieseljevega motorja ali od enega 2 taktnega bencinskega motorja, tresalci od enega (ploč : v danem slučaju od dveh) malih bencinskih motorjev. Dobavne firme pa prinašajo oba orodja tudi z elektromotorji. V poslednjem slučaju se cena bistveno zniža. Ker na gradbiščih gozdne cestogradnje ni normalnih električnih oskrbovalnih vodov, je potrebno, da se pri opremljenju orodij z elektromotorji, proizvaja potreben električni tok z lastnim agregatom. Ker prve in danes še večina obstoječih skupin orodij za gradnjo betonskih gozdnih cest imajo posamezni pogon z eksplozivnimi motorji, je primerjava prednosti in pomanjkljivosti obeh oprem zelo poučna.

1. Posamezni pogon z eksplozivnimi motorji

Prednosti: Vsako orodje deluje popolnoma neodvisno od ostale skupine orodij.

Pomanjkljivosti: Vsak posamezni motor mora tekoče biti strežen,

ker eksplozivni motorji stoje neposredno v delovnem prostoru, je pospeševano njihovo trošenje vsled razvijajočega se prahu,

začasni izpad enega eksplozivnega motorja (poškodba svečic itd.) ohromi vse delovno mesto, ker delo enega orodja sega v delo drugega,

poraba goriva več eksplozivnih motorjev malega kalibra je višja kot pa poraba enega eksplozivnega motorja večjih dimenzij,

orodja, ki so poganjana od eksplozivnih motorjev neposredno, ne teko nikdar popolnoma enakomerno; to velja posebno

za tresalce; ropot več eksplozivnih motorjev neposredno na gradbišču, predstavlja za delavce, pri dolgem trajanju, pomembno obremenitev.

2. Centralno postrojenje za proizvodnjo energije.

Proizvodnjo električnega toka, ki poganja motorje posameznih orodij, se vrši z Dieseljevim agregatom za vrtilni tok (sl. 25 o.s.). Od tipov, ki so na razpolago, se smotrno izbere orodje z močnejšim 2 cilindrskim motorjem in z učinkom, ki je za 1/3 višji od normalne potrebe. S tem se ima vedno na razpolago rezerva moči, v danem primeru se more priključiti še eno daljnje orodje in z nepopolno obremenitvijo se doseže miren, gorivo varčujoč tok. Primerjava s posameznim pogonom z eksplozivnimi motorji, izgleda, kakor sledi:

Prednosti: Na gradbišču je treba streči samo 1 eksplozivni motor, ki je vsled svoje krepke opreme razmeroma neobčutljiv,

elektromotorji, ki poganjajo posamezna orodja, ne potrebujejo takorekoč nobene strežbe, en strokovni pregled letno zadostuje,

/-33/34-

poraba goriva je znatno manjša kot pri več malih manjših motorjih, ker je proizvajalec toka postavljen ob strani gradbišča, je motilni ropot zelo znatno zmanjšan,

posamezna orodja, ki so poganjana z elektromotorji, teko mirneje in enakomerneje.

Pomanjkljivosti: Proizvajalec toka se mora, kot ostala orodja, stalno predstavljati, čeprav v nekaj daljših časovnih presledkih,

kablovodi včasih na gradbišču nekoliko motijo, prvokratna nabavka proizvajalca toka je relativno draga.

L. 1954 je delovna skupina VI "Gradnja betonskih cest" v delovnem krožku "Gradnja gozdnih cest" TCG (tehnične centrale za gozdarstvo) izvršila primerjave obratnih stroškov na različnih gradbiščih. Z izsledki teh primerjav je ugotovljeno, da pri vključitvi enega proizvajalca toka in opremi posameznih orodij z elektromotorji, prihranki obratnih stroškov zadostujejo že pred pretekom 5 letne odpisne dobe, da izravnavajo večje stroške prve nabavke nasproti orodni skupini s posameznimi eksplozivnimi motorji. Po tem se pri novih nabavkah more izbor celokupne električne opreme posebno priporočati.

Po dosedanjih izkušnjah (4 leta) z gradbeno garnituro na električni pogon, je priporočljivo, nabaviti od generatorja do delovnega mesta glavni kabel odgovarjajočega preseka od 80 do 100 m dolžine. Na delovnem mestu naj se ta kabel konča na prenosni stikalni deski z več stičnic. Od stikalne deske do posameznih orodij naj se preskrbe približno 20 m dolgi, v preseku slabejši kabli. Skrbeti je treba za stalno suh položaj stikalne deske ter za zaščito zveznih vtikačev pri glavnem kablu (ovitje s strežno lepenko). Če je mogoče, naj se kabel, zaradi zaščite proti poškodbam, vodi čez veje ali posebne podpore.

/-sl.25 o.s.- 34/35 -

D. Postrojenje za preskrbo vode

Pri normalnem delovnem poteku se potrebuje, pri 8 urnem delovnem času, za pripravo betona, za čiščenje orodij in za vlaženje zaščite pred izhlapevanjem, ki je v danem primeru potrebna, do 2000 l vode, v posebno neugodnih dnevih še več. Samo redek je srečni položaj, da se to vodo more vzeti neposredno iz kakega vodovoda. Toda često je ne predaleč od grad-

bišča v gozdu kak potok, kak jarek z vodo, ali slična priložnost, ki se je ne more izkoristiti. Tu se stvari z enostavno zaježitvijo zaloga od nekoliko m³ vode, potem ko se je ugotovilo, da pritok nadomešča najmanj dnevno porabo. Z malo motorno črpalko polni se skozi cevni vod sod za vodo, ki je postavljen na kamionski priklopnik. Priklopnik z zalogo vode se postavi tako nad gradbiščem, da se dobi naravni pad in da se voz z vodo, do ponovnega polnjenja, ne mora premeščati. Ne redko kdaj se, po skušnji, vsredogorju more voz z vodo postaviti tako, da se s cevni vod, ki je na razpolago, na eni strani seže do motorne črpalke ob zaježitvi, na drugi strani pa do gradbišča in da se pri ustreznem prelaganju cevi, voz z vodo za daljši gradbeni odsek ne mora premikati. Cevni vod konča na gradbišču z običajnim zapiranjem, v vedru, iz katerega se voda za pripravo betona črpa z merilno posodo. Dopolnilno je treba k omenjenemu orodju reči še sledeče:

Motorna črpalka (sl. 26 o.s.) mora za pogon v vsakem slučaju imeti bencinski motor, ker bo često v obratu daleč od gradbišča in takrat ni mogoč priključek na proizvajalce toka. Njen učinek naj bi pri dvigalni višini 40 m in pri uporabi tlačnega cevnega voda od enega palca, bil najmanj 60-70 l na minuto.

Kot voz za vodo (sl. 27 o.s.) je uporaben vsak normalni kamionski priklopnik (že rabljen). Nanj se montira sod za vodo tako, da se z odločno pipo doseže popolna izpraznitev. Posoda za vodo naj ne bo premajhna. Pri novi nabavki se priporoča vsebina 5000 l. Vzmeti voza morajo odgovarjati vedno teži polne napolnitve sode, mora se jih zato v danem primeru ojačiti. Namesto posode za vodo od 5000 l vsebine, se mora uporabiti tudi taka od 2000 l vsebine, ako se istočasno /-sl.26 o.s.- 35/36- na gradbišču vmes vključi rezervni sod od 1000 l vsebine. V tem

slučaju se sicer mora voz za vodo, z namontiranim sodom od 2000 l, večkrat polniti na mestu za natakanje in se s tem potrebuje za en vlečni stroj itd. več časa, se pa zato ima prednost bistveno lažjega transporta v primeri z veliko posodo od 5000 l vsebine. Posebno priporočljiva je ta poslednja metoda takrat, kadar poti, ki leže na zgornji strani gradbišča in na katerih se mora postaviti sod za vodo, transportu velike posode delajo težave vsled slabega stanja ali vsled pomanjkanja prostora. 200-250 tek. m. tlačnega /sl.27 in 28 o.s.- 36/37-cevnega voda, premera 1 palca, bodo najbrže zadostovali za potrebe vsakega gradbišča. Posamezni kosi voda naj bi pri tem ne bili daljši kot 30 m in ne krajši kot 20 m. Za povezovanje posameznih kosov so tzv. sklopke Storz (sl. 28 o.s.) smotrnejše kot vijakne zveze. Ako se orodje dlje časa ne uporablja, se mora paziti na skrbno izpraznitev črpalke, soda in cevi od vsakega ostanka vode.

E. Drobno orodje

Drobno orodje je v naslednjem samo naštetu, pri čem to naštetje, za potrebe posameznih delovnih mest, niti ne more zahtevati, da mu se prizna absolutno popolnost. Tu je treba navesti najprej preizkusni zaboj II Nemškega betonskega društva za preizkušnjo dodatkov, kakor tudi splakovalni sestav sit po dr. Risllu. Za preizkušnjo vsebine cementa v betonu se potrebuje zaboj, lastne izdelave, 1 m² površine dna, kot je zgoraj, pod I Bl, str. 19 o.s. opisano. Odmerjanje cementa se vrši smotrno v normalnih, pocinkanih vedrih, katerih se potrebuje 3 komada. Za domerjanje vode je treba dati napraviti 2-3 male vedriče, katerih polnje nje da natančno izbrani vodocementni faktor normalne mešanice, potem ko se je ugotovila lastna vlaga dodatka z presušilnim poskusom. (Opazne spremembe lastne vlage dodatka in spremembe v dodajanju cementa (spodnji in zgornji beton) je treba upoštevati.)

Dalje se potrebuje za prireditev temeljnega tla in uravnavo opaža s potrebnim stranskim nagibom, ravnalno letvo, libelo in mtrsko mero. Sveže vnešeni beton se pred zgostitvijo izravna na natančno višino s posnemalnim plohom. Dalje se na gradbišču potrebuje:

Ena škropilnica, nekoliko krampov, nekoliko navadnih, močnih motik, eno težko in eno lahko kladivo, ene železne vrtno grablje, ena zidarska ometaća, eno štirikotno phalo, za vsakega delavca ena močna lopata, ena ne pretrda metla, "Passava", ena ročna žaga ter priprave, ki so potrebne za oskrbovanje orodja. Ne morejo manjkati, predvsem v hribovitem svetu, eno enostavno razalo (Bose) in razalni križi.

Nazadnje spada k delovnem orodju še ena (ali več) lopa za zavetje za gozdne delavce, ki istočasno mora služiti za spravljanje pod streho dragocenega orodja, n.pr. motorne črpalke, kabelskih vodov, cevnih vodov itd., ako ta orodja niso v uporabi. Tudi skladiščenje cementa, ki mora biti varno pred vlago, se izvrši najbolje v lopah.

F. Opaži in deske za raztezne slike.

Betonske ceste se, kot znano, grade v posameznih poljih, ki naj v gozdarstvu ne bodo krajša od 6 m (ne računajoč krivine) in ne daljša od 9-10 m. Pri gozdnih cestah so do 4 m širine vozišča rege v sredini nepotrebne. Za opaženje polj so na zunanji strani potrebni močni opažni plohi, a za prečne rege, tzv. deske za raztezne rege. Ker beton v opažu mora vezati in se nekaj dni strjevati, /-37/38- se potrebuje toliko opažnih plohov, kolikor znaša delovno povprečje v približno 3-4 dnevih. (Pri dnevnem učinku od n.pr. 50 t.m. in 3 dni trajajočem zadržanju betona v opažu, torej

300 t.m. opažnih plohov). Posamezni plohi naj bodo 6 m dolgi in 4 cm debeli. Njihova širina se ravna po debelini betonskega sloja. Glede na razmere spodnjega ustroja gradbenega odseka ceste se potrebujejo eventualno plohi različne širine, da bi se debelina betonskega sloja brez težav mogla menjati. Plohi za opaž morajo imeti ostre robove. Za prečno rego, katere polnilo mora prestreči raztezanje betona vsled toplote, so zadostne tanjše deske.

Od pred nekoliko leti se v gradnji gozdnih cest deske za raztezne rege več ne izvlačijo in rege več ne zalivajo s posebno snovjo, temveč se te deske, ki se jih iz tega razloga smotrno impregnira, puste v regah. Deske za raztezne rege - od mehkega lesa in kolikor mogoče brez grč - morajo v tem slučaju segati točno do površine betona. Pri enoslojni gradnji se deske brez daljega morejo vgraditi kot celi komadi. Pri dvoslojni gradnji pa je boljše, da se deska za raztezno rego razdeli po debelini spodnjega in zgornjega sloja betona ter se zgornja deska pribije na spodnjo, ki je beton za zgornji sloj že nanešen na spodnji beton tik do rege. Na ta način ne nastanejo pri dopremi zgornjega betona nobene ovire. Ločitev v spodnjo in zgornjo desko ima tudi to prednost, da se zgornja deska v slučaju potrebe kasneje lažje izvleče, ako bi res kdaj strohnela. Ta, morda enkrat potrební ukrep se olajša še na ta način, da se zgornja deska oskoblji konično, torej spodaj nekoliko milimetrov tanjše kot zgoraj. ^{Pri} skozi segajočih deskah za raztezne rege, se da izvlek zgornjega dela olajšati na ta način, da se vsakih 20-30 cm od zgoraj napravi približno 4 cm dolga zareza v desko. Izdolbljenje zgornjega dela zaradi eventualnih poškodb se v tem slučaju lahko izvede po kosih. Deske za raztezne rege naj se ne nabavljajo v točni dolžini

(= širini vozišča), temveč nekoliko daljše, da bi se pri malih spremembah širine vozišča, ki se često dogajajo, v vsakem slučaju z njimi moglo shajati. Skrajšanje na pravilno dolžino ni nobena velika stvar, dočim pa je podaljševanje s kosi zelo dvomljive vrednosti. Za prestrezanje raztezanja betona zadostuje debelina desk za raztezne rege od 10 do 15 mm, sorazmerno dolžini polja. Predvsem pri deljenih deskah za spodnji in zgornji sloj betona, omogočajo nekoliko debelejše deske, v trgovsko običajnih debelinah 20 ali 24 mm boljše manipuliranje. Za pričvrstitev opažev na temeljno tlo se potrebuje večje število 15-20 mm debelih železnih žebeljev, v dolžinah od 30 do 50 cm. Ti žebelji se zrežejo iz ustreznih železnih šibik. Tudi kotna železa se dajo za to zelo dobro uporabiti. Na zunanji strani opaža se ta železa zabijejo v tla do pod zgornji rob ploha, da pri premikanju orodja za zgostitev (posebno pri uporabi tresilnega ploha) ne bi ovirali. Ti žebelji ostanejo zabiti do odstranjenja opaža po približno 4 dnevih. Na notranji strani opaža se žebelji zabijejo samo tako globoko, da ploh do zapolnitve z betonom trdno stoji. Nato se ti žebelji spet odstranijo, njihovo nalogo /-38/39- prevzame tedaj napolnjeni beton. Natančno v višini desk za raztezne rege mora opaž posebno trdno biti držan, od zunanje strani, da se pri zgostitvi ne potisne navzven in da na ta način med opažom in desko za raztezno rego ne nastane od polja do polja betonski most. Tudi pri prilagojenju deske za raztezno rego na spodnji ustroj je treba paziti na preprečenje takih nezaželenih betonskih vezi od polja do polja.

III.

Delovni postopek

A. Pripravljalna dela.

Pod temi deli je pri gradnji betonskih gozdnih cest treba razumeti prireditev temeljnega tla za prevzem betonske plošče.

1. Izdelave planuma pri novih in spreminjevalnih gradnjah.

a) Novogradnje

Projektiranje novogradnje neke gozdne ceste načelno ne spada v tole razpravo. Opozarja pa se na eno važno točko projektiranja:

Podolžni nagib ceste, ki naj se nanovo zgradi, more tudi za obremenjena vozila, brez pomisleka, imeti nekatere vzpone. Ti morejo na kratkih razdaljah, da bi se izbegli dragi ovinki, v redkih slučajih biti tudi zelo znatni (nekako do 8 ‰). V smeri, ki se normalno prevozi s praznim vozilom, more v slučaju potrebe vzpon biti še večji, kar dokazujejo primeri betonskih cest z 12-15% nagiba.

Pri izdelavi planuma za novogradnjo z dozerjem naj se od vsega začetka paži na to, da se cesti da že s spodnjim ustrojem prečni pad od 1 ‰. V krivinah se ta prečni pad z rastočim podolžnim nagibom in polprečnikom krivine ustrezno poveča do 5 ‰. Paziti je dalje treba na to, da zunanji rob kasnejše betonske plošče pride še na raščena tla, da na obeh straneh ostane mesta za 50 cm širok banket in na gorski strani za zadosten jarek koritnice, katere se more odpovedati samo

pri zanesljivo vodoprepustnih tleh v izjemnih slučajih. Jarek na gorski strani naj pa se samo takrat napravi v okviru pripravljajalnih del, ako talna vlaga ali izvirčna voda zahtevajo izsušitev cestnega trupa. K pripravljajalnim delom pa brezpogojno spadajo vsa ostala, odvodnjevanju planuma služeča dela, ki se komaj morejo izvršiti dovolj temeljito. Vsi potrebni cevni propusti se morajo položiti pazljivo, v vsa glede vlage sumljiva mesta se morajo vgraditi kamenite drenaže ali drenaže od glinastih cevi.

2. Spreminjevalne gradnje

Ako se stare utrjene ceste pregrajujejo v betonske ceste, obstoji za to več možnosti, glede na stanje stare ceste. Ako so v stari utrditvi/izvožene samo kolesnice, podolžni in prečni profil ceste pa sicer v bistvu odgovarja zahtevam, se morejo, po temeljitem očiščenju vse cestne površine, izpolniti kolesnice in vse druge kotanje z zelo pustim betonom (prostorninsko razmerje 1 : 10). /-39/40-

Da ne pride do zelo nezaželenega vzobčenja betonske plošče s slojem izpod nje, se mora ta izravnalni beton v pravilnem profilu razgrniti preko cele širine - čeprav mestoma samo v zelo tankem sloju - in po potrebni strditvi prevleči s katranskim ali ilovnatim premazom; lahko prekritje s peskom doseže isti namen. Pri močnejših okvarah ceste ali pri potrebnem menjanju cestnega profila, je bolje raztrgati stari plašč in ga ob uporabi prišujočega kamnitega materiala izravnati na novo. Tudi pri spreminjevalnih gradnjah se ne sme pozabiti na temeljita odvodnjevalna dela. Stari propusti se v vsakem slučaju nadomeste z novimi cevnimi propusti zadostne širine. Pri izravnanju krivin starih cest ali pri razširitvah starih cest

je potrebno paziti na to, da nove cestne površine imajo isto nosilno trdnost kot jo je imela stara cesta. Eventualno se mora v takih primerih na novih cestnih površinah celo položiti lahka podloga, ki pa ne mora biti tako pazljivo postavljena. Upošteva naj se vsekakor, da temeljno tlo, ki preko cele cestne širine enakomerno dobro nosi, omogoča znižanje debeline plašča, s čimer se morejo doseči prihranki.

3. Izolirni sloj

Pod betonskim plaščem se ravno tako ne sme zbirati voda kot pod drugimi plašči. Voda se lahko dviga kapilarno iz temeljnih tal - posebno pri vezljivih^{tleh} ali pa s strani prodira pod betonsko ploščo, n. pr. pri taljenju snega. Istočasno preprečuje^{dviganje} kapilarne vode pod betonsko ploščo in hitro odvaja vodo, ki je prodrla od zuna, izolirni sloj (sl. 29 o.s.). On se razprostire kakor pri novih, tako tudi pri spremenjevalnih gradnjah. Njegova debelina se ravna po propustljivosti za vodo temeljnega tla. Na peščenem tlu ali na gramoznem temeljnem tlu, ki zaradi svoje kakovosti ne dopušča zbiranje vode, je izolirni sloj nepotreben, njegovo funkcijo vrše že temeljna tla. Pri vezljivih^{za vodo nepropustnih tleh}, ki so druga skrajnost, /-sl.29 o.s.-40/41 se mora izolirni^{sloj} nanesti najmanj 20 cm močan. Kot material za izolirni sloj se more uporabiti gramoz, pesek, drobljenec ali slično delujoče kamenite oblike. (Popolnoma se je kot izolirni sloj obnesel odpadni material iz kamnelonov od glinenega skrilavca, ki pod pritiskom valjarja da prav raven sloj, ki pa lomi kapilare in iz katerega voda, ki je s strani prodrla, lahko odteka in ki se tudi ne vzboči z betonom, ki se nanese kasneje). V vsakem primeru je treba izolirni sloj učvrstiti (sl.30 o.s.), najbolje s težkim valjarjem. Ako obstoji bojazen, da se bo

gradivo izolirnega sloja vzobčalo z betonsko in plaščem, ki se bo kasneje nanese in potem preprečevalo raztezna premikanja, je treba na izolirni sloj dodati še poseben sloj za čistočo od drobnozrnatega peska. Pri gradnji gozdnih cest se prekritje tega sloja za čistočo, s papirjem, lahko opusti.

/-sl.30 in 31-o.s.-41/42-

4. Ostala pripravljajna dela

V pripravljajna dela za nove in spreminjevalne gradnje spada očiščenje skladišč (sl. 31 o.s.) za dodatni material ter prireditve možnosti za držanje na skladišču cementa, ki pa naj se, v ostalem dovaža vedno samo za tekočo potrebo nekoliko dni, prireditve mest za zaježitev vode, zapora gradbišča vključno vseh stranskih poti, ki peljejo do njega, končno oddaja dobav in prevoznih storitev ter izbor delavcev, ki bodo v delo vključeni ter njihova porazdelitev na posamezne delovne skupine, ustrezno njihovim posebnim sposobnostim.

B. Glavno delo

H glavnem delu spadajo vsa dela, ki služijo izdelavi samega betonskega plašča. Delo prične v vsakem primeru z dovozom za gradnjo potrebnega gradiva. V pravilu se bo samo takrat vse potrebno gradivo peljalo na ves odsek, ako se po pričetku gradnje, zaradi potrebne popolne zapore izgotovljenih polj, ne more s kamioni več voziti do mešalca. Bolje je, ako se tekoči dovoz gradiva more urediti tako, da je vedno na mestu zaloga za približno 2-3 dni. Ako bi tekoča dobava med gradbeno sezono, vsled preobremenitve dobaviteljev gradiva bila ogrožena, bi se bilo ^{potrebno} potruditi, da se, po zgodaj izvršenem predhodnem delu, že pred pričetkom sezone ca 3/4 po-

trebnega dodatka, enakomerno razdeljenega, pripelje na odsek, tako da je v sezoni potrebno pripeljati samo še 1/4. Potem se je v stanju, pridržavati se delovnotehnično pravilnega razmaka med položajem gradiva, mešalca in mesta vgraditve. To zelo smotrna metoda je pa samo tedaj mogoča, ako širina plana pusti toliko prostora, da more kamion peljati mimo pričujočega raztovarjenega gradiva.

Ker se ob pričetku gradnje postavi mešalec približno 12 m (poldrugo dolžino polja) od početka odseka, se mora pri vključitvi prisilnega mešalca začeti z odlaganjem gradiva približno 16 m oddaljeno od početne točke. Pri vključitvi premičnega mešalca s prostim padom, mora odlaganje gradiva početi neposredno za tem. Tudi se pri odlaganju dodatka ob strani ceste, mora misliti na postavitve in morda potrebno premikanje voza za vodo in v danem primeru proizvajalca toka, ako se ti ne morejo postaviti na neki stranski poti. - Žaklji s cementom se morejo pomožno zložiti na suhih podlagah in vsestransko zelo dobro pokriti s strešno lepenko. Zanesljivejše je shranjevanje v zaprtih kočah gozdnih delavcev ali v šotorih. Posamezni zložaji naj odgovarjajo nekako polovični dnevno potrebni množini. Pri dovozu opaža in desk za raztezne rege se tudi mora tako razkladati, da je ta material ob ugraditvi kolikor mogoče ugodno pri roki.- Namestitvev prvega opaža izvršita smotrno dva delavca že pred vključitvijo vse skupine. Ako se delovni odsek priključi na že obstoječi betonski odsek, se mora med stari in novi plašč vstaviti raztezna rega. Neizogibna praznina med starim betonom in desko za raztezno rego, se po očiščenju in ovlaženju starega betona, zapolni z drobnozrnato malto. Na enakomerni prehod od starega na novi beton, se, samoumevno, /-42/43- mora paziti. Iste vidike je treba upoštevati, ako se odsek, ki

je na novo zgrajen, konča s priključkom na prejšnji, stari plašč. Pri izgradnji nove betonske ceste brez priključka na stari betonski plašč, se na početku in na koncu tudi vstavi deska za raztezno rego. Za prehod na betonsko cesto, se na to desko za raztezno rego, od zunaj napravi približno 1 m dolga, poševna klančina, katera se takorekoč kot opornik vstavi v tlo. Pri kasnejši daljnji gradnji na desko za raztezno rego, se mora klančina spet odstraniti in daljna gradnja priključi na desko za raztezno rego.

Prevzem dela po celi skupini kaže oddelek v sledeči razdelitvi z odkazanimi deli:

1. Pri prisilnem mešalcu (premičen) (risba 32.o.s.)

6 delavcev na treh mešalnih krožnikih (po 2). Naloga te skupine: V enakomernem kroženju polnjenje mešalnih krožnikov z dodatnim materialom, dodajanje vode za pripravo, peljanje mešalnega krožnika v mešalec in strežba istega, izpeljanje iz mešalca in transport svežega betona v mešalnem krožniku do mesta vgraditve, tam izpraznitev mešalnega krožnika in peljanje nazaj k dodatnem gradivu (glej tudi pod II A, str. 31.o.s.).

1 delavec odmerja med skladiščem dodatka in mešalnim strojem cement in ga dodaja dodatku v mešalnem krožniku, medtem, ko se ta pelje do mešalca.

Ti dve skupini morata glede dodajanja cementa in vode paziti na to, ali se pripravlja mastnejši zgornji beton ali pustejši spodnji beton. En delavec mora biti odgovoren za strežbo mešalca in v danem primeru proizvajalca toka, vsi skupaj za dnevno očiščenje in pravilno shranjenje njihovega orodja po završitvi dela.

3 delavci delajo na mestu vgraditve. Oni ovlažujejo, če je treba opaž, desko za raztezno rego in temeljno tlo, razdeljujejo prispevajoči sveži beton, ga posnemajo, zgoščujejo in izvajajo daljnjo gradnjo opaža. Pri vključitvi tresilnega ploha, se mora za strežbo odrediti en dalji delavec. En delavec skupine mora pomagati vodji tresalca pri izdelavi ravnosti ter zatvarjanju plašča in v danem primeru preskrbeti na poljih številke.

(1) (Ako mešalec ima neposredni pogon z eksplozivnim motorjem, se mora določiti za strežbo in oskrbovanje en poseben delavec. Strežba mešalca z zasedbo mešalnih krožnikov v tem primeru odpade).

Skupno lo delavcev je torej normalna jakost vsega oddelka, ki so skupno odgovorni, da se zaščita proti izhlapevanju nanesse pravočasno, da se mešalec in proizvajalec /-43/44-toka pravilno premestita, da se kabel in cevi za vodo pravočasno izlože in pospravijo. V slučaju potrebe mora tudi ena skupina pomagati drugi, kar bo slučaj posebno pri prenosu naprej opaža in pri njegovem odstranjevanju.

2. Pri mešalcu s prostim padom (premičen) (risba 33 o.s.)

3 delavci za vmetavanje dodatka v mešalni boben. Ti delavci naj se po navodilu voditelja gradbišča pritegnejo k oskrbovalnim in negovalnim delom uporabljanih orodij itd.

1 delavec za odmerjanje in dodajanje cementa v mešalni boben.

1 delavec za strežbo mešalca in za dodajanje vode za pripravo v mešalni boben. On je odgovoren za oskrbovanje in

tekoče negovanje stroja.

/risbi 32 in 33 o.s.- 44/45-

1 delavec za transport svežega betona v kolici posebne vrste do mesta vgraditve, istočasno odgovoren za svoje orodje. On mora tudi polagati plohe, po katerih se vozi kolica, med mešalcem in mestom vgraditve. Ta delavec se smotrno zamenja v toku delovnega dne z enim od delavcev, ki polnijo dodatek v boben.

3 delavci na mestu vgraditve, Delo kod zgoraj pod 1.

Primer 9 delavcev je močan ves oddelek. Dela, ki pripadejo vsemu oddelku, so enaka kot je zgoraj opisano pod 1. V vsakem primeru pa velja, da vsak delavec mora skrbeti za odvijanje vseh delovnih potekov brez trenja.

3. Pri mešalcu s prostim padom (na mestu stojč)

Razdelitev oddelka kot zgoraj pod 2, z dopnilom, da se transport svežega betona od mešalca do mesta vgraditve ima urediti glede na krajevne možnosti in okolnosti, pri čem naj bi se pri uporabi tirnic, transport vagončkov po možnosti vršil s konjem in enim delavcem. Oddelek za vgrajevanje se mora elastično zmanjšati ali ojačiti, glede na daljše ali krajše trajanje transporta, svežega betona od mešalca do mesta vgraditve, povzročeno vsled spreminjajoče se razdalje. Važnost delavca, ki je pristojen za transport, raste vsled tega, da ima skrbeti za tekočo povezavo med mešalcem in mestom vgraditve, ki v danem primeru leže izven razdalje sporazumevanja s klicanjem.

4. Pri betonskem avtomatu (risba 34 o.s.)

2-3 delavca za vmetavanje dodatka v mešalne posode.

1 delavec za dodajanje cementa v mešalni polž.

1 strojnik, obenem odgovoren za reguliranje vode, oskrbovanje in nego stroja.

2. delavca za transport svežega betona v specialnih kolicah do mesta vgraditve (ako se dela s prenosnim trakom, zadostuje 1 delavec).

3 delavci na mestu vgraditve (od tega 1 za tresilno ploščo).

2 delavca za opaženje in vnašanje izolirnega peska.

11 - 12 delavcev vsega.

V prejšnjih opisih gradnje betonskih cest, se je pri formiranju delavskih skupin navajala kot potrebna posebna skupina, jakosti 2 delavcev za postavljanje opaža in za njegovo odstranitev (sl. 35 o.s.). Ta posebna skupina se je za trajno delo pokazala kot nepotrebna, ker je samo v zelo težkih razmerah tekoče polno zaposlena. S pazljivimi pripravljalnimi deli (glej tam) se morejo odstraniti velike težave pri opažanju. Izgleda zato bolje, /-45/46- risba 34 in sl. 35 o.s. - 46/47- prenesti tudi ta dela na skupino za vgraditev, kateri naj v slučaju potrebe, pri teh delih opaženja pomagajo tudi druge skupine.- Pokazalo se je dalje kot koristno, zaposliti v bližini gradbišča 1 ali 2 delavca skakimi drugimi deli, ki sta pri nepredvidenem izpadu kakega delavca iz oddelka vgrajevanja betona, vsled bolezni itd., takoj na razpolago.

Prva mešanica, ki jo napravi skupina, je mastnejši zgornji beton, ki se nasuje približno v širini lopate ob deski za raztezni stik (sl. 36 o.s.) in ob stranskem opažu (sl. 37 o.s.). Ta mastnejša, drobnozrnata in s tem gostejša mešanica, naj po odstranjenju opaža in po nasutju banketa, zanesljivo zavaruje betonsko ploščo pred pronicajočo vodo s strani. Premaz robov s katranom potem postane nepotreben.

Nato se razprostre spodnji sloj betona (sl. 38 o.s.) (pri dvoslojnem načinu gradnje), grobo z lopato, fino z železnimi vrtnimi grabljami. Pri zadostni višini nasute plasti, pri čemer je treba upoštevati /sl. 36 in 37 o.s. - 47/48- mero zgostitve, se spodnji sloj betona pretrese (sl. 39 o.s.). Pri tem je natančno izravnanje površine relativno manj pomembno. Takoj se na še svež spodnji sloj betona mastnejši zgornji beton nanese tako visoko, da je po zgladitvi s posnemalno desko enakomerno izravnano, za toliko višji od zgornjega robu opaža, kolikor znaša zgostitev. Pri običajni debelini zgornjega betona 4 cm je to najmanj 1 cm. Na opaž naj se torej polože ustrezno debele železne letve preko katerih se vodi posnemalna deska. Zgostitev zgornjega betona s tresilno ploščo (sl. 40 o.s.) zahteva veliko spretnost in dobro merilno sposobnost oči delavca, ki ploščo vodi, da bi se dosegla potrebna ravnost. Še en delavec vgraditvene skupine mora pri tem delavcu, ki vodi ploščo, pomagati. Pri tesenju je treba paziti na to, da je tudi tik ob opažu zgostitev enakomerna. Vogale je treba šestokrat še dodatno obdelati z ročnim phalcom (sl. 41 o.s.)

Pri prsteno-vlažnem zgornjem /sl. 38 in 39 o.s. - 48/49- betonu (vodocementni faktor 0,35-0,40) ne bo pri uporabi običajnega, lahkega tresalca, povsod prišla na površino vsled zgostitve sproščena cementna zaplaka in povzročila vidno površinsko

zaporo (sl.42 in 43 o.s.). Ako se smatra, da ta dozdevno odprta mesta betonske površine niso dobra, se mora površina obdelovati še dodatno. Ne prej kot po pričetku procesa vezanja v zgornji plasti betona, ki pa mora biti še občutno vlažen, se z lopato vrše nanjo tanka plast mešanice cementa in peska 1 : 1, katere se v potezah povprek na vozišče nalahko poškropi in takoj, tudi povprek na vozišče, z enakomernimi, lahкими potezami metle spet pomete (sl. 44 o.s.). S tem se vsa zunanja odprta mesta na površini zapro, ne da bi nastal brezkoristen sloj malte, ki se ne bi držal. Za trdnost betonske plošče je ta naknadna obdelava brez pomena, ako se izvrši ob pravem času,, popravi pa zunanji izgled znatno. Delavec, ki to delo /sl.40 in 41 o.s.-49/50- izvaja, mora voditi ne pretrdo piasava-metlo z zelo lahko roko.

Pri uporabi ploha za tresenje, je vsled tega, da orodje teče po opažu, ravna površina zagotovljena. Lahko se, po mojem mišljenju, potem za zgornji sloj betona vodocementni faktor zelo previdno nekoliko poviša in se dobi površinsko zapora vsled zaplake, ki se vzdigne, in katera se, po lahkem vezanju, s previdnimi potezami, metle, povprečno na vozišče, napravi hrapava.

Pri uporabi gramoza za dodatni /sl.42 in 43 o.s.-50/51 material se sploh priporoča malenkostno vlažnejša priprava zgornjega betona, da se brez naknadne obdelave, takoj pri zgostitvi, dobi popolna zapora površine.

Prizadevanje, da bi se brez posebne naknadne obdelave, betonski cesti dala že od začetka zaprta, hrapava površina, je na nekih gradbiščih dovedlo do tega, da se v zgornjem betonu načelno vodocementni faktor bistveno poviša nad konsistenco "prsteno-vlažen". Splošne betonsko-tehnične /sl.44 in 45 o.s.-51/52- posledice te vlažne vgraditve so razložene v poglavju Blb.- Delovni postopek se v tem primeru za vlažni zgornji beton spremeni vsled

tega iz osnove, ker je zgostitev z orodjem za tresenje nemo-
goča. Zgornji beton, ki je vnešen kot običajno, se po odvze-
mu vrhnih letev zgosti s phalnim plohom (sl. 45 o.s.) na ta
način, da dva delavca vgraditvene skupine dvigata s posebnimi
ročaji ploh, ki je na spodnji strani ojačen z železom in ga ena-
komerno, črto poleg črte, povprečno na vozišče udarjata nav-
zdol. To telesno ne popolnoma lahko delo, zahteva vajo, da pa,
zaradi konsistence vlažnega betona, popolnoma zaprto in vsled
obdelave s plohom, skrajno hrapavo površino. - Upoštevati je tre-
ba, da se "vlažni" beton pred vezanjem pazljiveje mora varovati
pred gaženjem kot pa pri "prsteno-vlažni" vgraditvi.

Prekritje gotovih polj s sredstvi za zaščito proti
izhlapevanju, se izvrši, kadar več ni bojazni, da bi se listje
itd, sprijelo z betonom.

Priključki cest na betonsko cesto zahtevajo posebno
obravnavanje. Pri neznatnih priključnih cestah zadostuje, ako
se klančina do betonske ceste zgradi iz tlaka manjše širine, ta-
ko, da se preprečijo poškodbe betonskega robu po vozilih, ki
vozijo navzgor. Priključki z intenzivnejšim prometom ali cestna
križišča se zgrade boljše iz betona. Pri tem preseže skupna širi-
na betonske ploskve 4 m, tako da se morajo vložiti raztezne rege.
Ker taki priključki često dajo nepravilna polja, je potrebno,
da se razdelitev mreže reg v ustreznem merilu določi z narisanim,
pri čem se je kotov, ostrejših kot ca 60° treba izogibati (sl.
46.o.s.).

V ostalem je pri izvedbi glavnih del samo še treba upo-
števati, da delovni odmori in konec dela vedno sovpadajo z do-
vršitvijo posameznega polja. Iz poteka dela sledi, da imajo de-
lavec, ki vodi ploščo za tresenje in še en delavec iz vgraditve-
ne skupine, odmor in konec dela vedno kasneje od ostalih delav-
cev.

Zelo primerno je, da se polja takoj po izgotovitvi, oštevilče (sl.47 o.s.) Za označitev zaporednih števil blizu stranskega robu vsakega polja, zgladi, po zatesnitvi z gosto pripravljenim cementom, en delavec vgraditvene skupine približno dlan veliko ploskev, v katero se vtisne število. (Nepovezane številke revolvernega oštevilčevalca so za to dobro uporabljiva).

C. Naknadno delo

Z naknadnim delom se more pričeti po približno 14 dnevih po zgraditvi betonske plošče. Najprej se nasujejo banketi, ki naj v svežem stanju bodo do 10 cm višji od betonske plošče, da potem, ko se sesedejo, imajo višino betonske plošče. Priporočljivo je, da se banketi s kakim valjarjem ali kakim orodjem za tresenje, zgoste; v tem primeru ni potrebno povišanje preko višine plošče.

Priporočljivo je tudi, da se banketi takoj po izdelavi, posejejo s travo. Zemlja za bankete je pri osnovanju jarka na gorski strani, ugodno na razpolago. Iz tega razloga je že preje bilo rečeno, da naj se jarek na gorski strani osnuje samo v prisilnih izjemnih primerih. K naknadnemu delu spada tudi zgotovitev priključkov neznatnih stranskih cest, ki so na kratko omenjeni na str. 52 o.s. Dalje se v okviru naknadnih del osnujejo potrebna izogibališča, v kolikor to ni storjeno že pri zgotovitvi planuma. Ta izogibališča se samo slabo posujejo s drobljencem, njihova klančina k betonski plošči pa se obdela kot klančina priključne ceste, t.j. ob vsej dolžini izogibališča se ob robu betona položi ozek tlak. Končno spada k naknadnim delom tudi odstranitev cestnih zapornic, ako je nazadnje zgrajeno polje na odseku ceste, ki naj se izroči prometu, staro najmanj 3 tedne (poprejšnja izročitev prometu je mogoča samo pri uporabi višje vrednega cementa, glej poglavje I B 4, str. 30. o.s.).

IV.

Končne pripombe.

/-sl.47 o.s.- 53/54-

Od betonskih gozdnih cest se s pravom pričakuje, ne samo, da imajo vozišče, ki varuje vlečno silo in vozilo, temveč tudi, da zelo dolgo časa ne zahtevajo nobenih ali pa samo neznatno majhne vzdrževalne stroške. One se torej pod pritiskom težkih vozil, na katerih se izvažata les, ne smejo razlomiti v kose, one pred iztekom življenjske dobe, ki jim pripada, ne smejo izgubiti svoje trdnosti in ne sme se dogoditi, da bi z zmrzlo vodo pod ploščo mogle biti "dvignjene iz reg". Tem zahtevam bodo kos, ako se pri njihovi gradnji upoštevajo betonsko-tehnološke točke, ki so v poglavju I prikazane v zgoščeni obliki, ako se pri ureditvi temeljnega tla zagotovi trajno odvodnjevanje in ako se prepreči vzobčenje betonske plošče s temeljnim tlom.

Večkrat je opozorjeno na to, da je najvažnejša lastnost betona njegova trdnost. Tlačna trdnost, upogibno - natezna in obrabna trdnost se spreminjajo v istem smislu, poznavanje ene omogoča stvarjanje zanesljivega zaključka glede drugih. V pravilu se izvrši preizkušnja tlačne trdnosti v laboratorijih, ki so za to urejeni. V gradnji gozdnih cest naj bi se te preizkušnje ne opuščale. Za to se potrebuje standardizirani kockasti kalup z nastavkom, posnemalno ravnilo in phalo. Polnitev in zgostitev oblik se mora izvršiti po predpisu. Kocke se po 28 dnevem čuvanju pod normalnimi razmerami gradbišča izlože v laboratoriju pritisku. Pri ugotovljeni tlačni trdnosti od 160 kg/cm² je beton odporen proti mrazu in že dorasel nekaterim zahtevam, če pa je s tem zadostna tudi njegova upogibno-natezna trdnost, izgleda zelo dvomljivo. V gradnji avtomobilskih cest se zahteva po 28 dnevih tlačna trdnost poskusnih kock 370 kg/cm², pri gradnji javnih cest brez tranzitnega prometa pa 300 kg/cm². Za gozdne ceste, po kate-

rih vozijo - v kolikor niso javne ceste - sicer redko, pač pa vozila z visoko obremenitvijo, je treba te potrebe imeti pred očmi in tudi stremeti za čim večjim tlačnim trdnostim. Sredstva za to ima tudi gozdarski strokovnjak, ki v lastni režiji gradi betonske ceste, v svoji roki, a ona glase: dobra presejna krivulja dodatka, pravilen dodatek cementa, nizek vodocementni faktor, dobra zgostitev in zaščita betona pred hitrim izhlapevanjem. 400 kg/cm² tlačna trdnost, ki je v betonu gozdnih cest bila izmerjena, dokazuje upravičenost in izvedljivost visoke zahteve. - Ako iz katerega koli vzroka priprava poskusnih kock ni bila mogoča, naj se vsaj naknadno da ugotoviti površinska trdnost betonske plošče. Preizkušnja površinske tlačne trdnosti s Frankovim vzmetnim kladivom ali s podobnim preizkuševalnim orodjem, da sicer samo približne vrednosti, toda dovolj opore, da se nasproti vsaki kritiki more s trdnostjo zagovarjati trajnost betonskega plašča.

Potrebno je že nekaj reči o presoji resničnih okvar in o njihovem popravilu. Okvare, ki se pojavljajo relativno najpogosteje, so razpoke v plošči (sl. 48 o.s.). Dokler so ozke in take ostanejo, se za njih sploh ni potrebno meniti, one v nobenem pogledu ne zmanjšajo vrednost plašča občutno. Ako pa se razširijo, se po predhodnem očiščenju robov, zalijejo s snovjo za zalivanje in vsa tzv. okvara je odpravljena. Mali /-54/55-
odlomi (sl. 49 o.s.) vogalov se odstranijo do spet absolutno trdnega tla, na okvarjenem mestu se napravi opaž, zmoči se temeljito stari beton in napravi spet vogal z novim betonom. Pri elabem premešanju betona iz katerih koli vzrokov ali pri uporabi nečistega dodatka, se pojavijo priložnostno okvare na površini betonske plošče. Ta okvarjena mesta se očiste temeljito s trdo jekleno krtačo in se spet napolnijo z betonsko malto, ki je bila pripravljena s kakim posebnim dodatkom (n.pr. z PCI-emulzijo). Po večletnem poskusu drže ta, do najtanjšega sloja razmazana in zakrpljena mesta, odlično. Zaključno je treba ugotoviti, da se vse

te okvare dogajajo redko, in največjim delom pri strokovni izdelavi betonskega zgornjega ustroja sploh morejo biti sprečene.

Betonska kolosečna proga.

/-sl.48 in 49 o.s.- 55/56-

Na utrjenih kot tudi na neutrjenih gozdnih cestah je, kljub večjim širinam cest, treba upoštevati, da se le-te uporabljajo samo na koloseku, ker pri izvozu lesa navadno ni prometa z nasprotni strani. Med edino uporabljanimi in vtisnjenima kolesnicama se potem dviga neuporabljeni trak kot grba; tudi na zunanji strani poleg kolesnice ležeči cestni trakovi se izbočijo navzgor, kar je v škodo odvodnjevanja. Ta ugotovitev nas približa zaključku, da zaradi prihranka stroškov, zgradimo samo ozke ceste z izogibališči, pri katerih se samo trakovi, ki jih uporabljajo kolesa, utrde solidno, za kar se toga betonska plošča, s svojo dolgo življenjsko dobo, nudi kot posebno porabna. Na ta način se pride do betonske kolosečne proge, katere značilnost sta dva, ločeno eden poleg drugega ležeča betonska trakova, za kolesa težkih motoriziranih vozil za izvoz lesa, debeline betona 12,5 do 15 cm in okrog 90 cm širine, ki ostane ločena s srednjim trakom okrog 105 cm širine, ki je samo preprosto utrjen. Ožji srednji trakovi in širši betonski tiri zahtevajo večje stroške, katerim se je mogoče izogniti.

I. Vrste.

/-sl.50 o.s.- 56/57 -

Gotovo število nedavno izdelanih poskusnih odsekov dovede do grupiranja betonskih kolosečnih prog v sledeče vrste:

1. Običajna gradnja (prikladna posebno za novogradnje, tam, kjer je utrdilni material za bankine predrag). Ob obeh betonskih trakovih, ki se izdelata po vgraditvi sloja za čistočo, v obojestransko opažo, se nanese banketi na najenostavnejši način z nasipanjem zemlje, trak med njima se popolni z lahkim utrdilnim materialom in zgosti. Celokupna širina ceste, po kateri se lahko vozi, je 2,70 do 2,80 m. Promet naj se odvija samo na betonskih trakovih in na izogibališčih, ki se morajo zgraditi; odbijalni kamni in odbijalni stebri naj ga prisilno usmerjajo na trakove in sprečijo vožnjo po banketih. Vsak drugi ali tretji steber se zaradi boljšega razpoznavanja v snegu opleska rudeče. S prometnimi znaki se urejuje prehitevanje, opozarja na izogibališča in omejuje hitrost vožnje.

Poskusni odseki v krajih Bieber, Binnen, Büren, Syke
(sl. 50. o.s.)

2. Betonska kolosečna proga z utrjenimi banketi (posebno za novogradnje, tam, kjer se utrdilni material za bankete lahko nabavi poceni). Trak v sredini in obojestranski, okrog 50 cm široki banketi se utrde tako trpežno, da se tudi po njih more voziti z naloženimi vozili. Celokupna širina utrjene ceste, po kateri se lahko vozi je okrog 3,50 do 3,80 m. Pričakuje se, da vozila sama od sebe uporabljajo betonske trakove, kjer se tovari lažje premikajo. Izogibanje z ožjimi vozili je povsod mogoče. Ni pa se mogoče odpovedati izogibališčem za zrečanje dveh širokih vozil.

3. Poenostavljeno izdelana kolosečna proga (posebno prikladna za stare, trdne ceste). Na stare /sl. 51 o.s. - 57/58 - ceste, ki so postale neuporabne ali ne dovolj dobre, ki so bile - često na enostaven način - že utrjene, se vgradi betonska kolosečna proga, ne da bi se izdelal med gradnjo opaž za betonske trakove,

s čim se morejo doseči znatni prihranki. Predpogoj je, da stari utrdilni material da toliko stranske opore, se beton, ki je po poglobitvi obeh, za betonska tira namenjenih trakov, nanesen na sloj za čistočo, more zgostiti s kakim tresilnim strojem. Pomankljivosti v starem plašču se pri poglobitvi trakov za beton izravnavajo. Srednji trak in banketi se pri zgoščevanju betona tudi izlože tresenju.

Poskusni odsek v kraju Binnen (sl. 52 o.s.).

4. Preprosta gradnja (posebno za pregraditev izvoženih cest s stavljenjo podlago). Kjer so na starih, utrjenih gozdnih cestah izvožene globoke kolesnice, oziroma so, v odsekih s padom, izprane od vode, se te poglobitve z jekleno metlo čisto pometejo, po možnosti še pravokotno izoblikujejo ter napolnijo z betonskim slojem, ki je neenakomerno debel (mešalno razmerje 1 : 4 do 1 : 5) ter ročno zgoste. Sloj za čistočo se ne položi, deske za raztezne rege se ne vložijo, s čimer se take izkvarjene ceste spremenijo v betonske kolosečne proge velike nosilnosti in trajnosti z najmanjšimi sredstvi.

Vrste kolosečnih prog po točkah 2 do 4 dajo gozdne ceste preko 3,40 m širine, morejo se graditi brez odbijalnih kamnov oziroma stebrov, ker tu promet ni trdno vezan na betonske trakove in je vsegdar mogoče srečanje ozkih vozil.

II. Način gradnje

/-sl. 52 o.s.- 58/59 -

Za razliko od betonske gradnje, ki je sicer za gozdne ceste običajna, je treba za betonske kolosečne proge po točki 1. in 2., upoštevati sledeče posebnosti:

1. Priporočljivo je zavarovanje posameznih betonskih trakov, da bi se izbeglo stransko izmikanje posameznih, ozkih kolosečnih plošč in da bi se dalo betonskim trakovom gotovo povezavo in oporo. To se doseže z zmožničenjem posameznih kolosečnih polj med seboj z železnimi mozniki (sl. 53 o.s.),

ali pa - v kolikor so tla dovolj trdna - z betonskimi pragi (sl. 54 o.s.), ki se na vsakih 6-7 m polože pod stična mesta betonskih kolosečnih polj in ki onemogočijo prevrnitev kolosečnih trakov ter tudi povzročijo gotovo povprečno povezavo za oba betonska trakova.

Sl. 53 o.s. predstavlja betonska kolosečna trakova z zmožničenjem in odbijalnimi stebri, kot se praviloma grade. Na sliki je vidljiv sloj za čistočo, banketi in srednji trak. Iz betonskih trakov štrle železni mozniki. Sl. 54 o.s. predstavlja betonska trakova, položena na betonske proge z zunanjimi oporniki, kot se praviloma grade. Kolosečna betonska trakova sta armirana s tremi železnimi šibikami 10 mm prečnika.

2. Oba betonska trakova dobita v nasprotju z betonskim polnim voziščem nagib 2 %, tako da je nagib usmerjen vedno od sredine navzven. Ta nagib naj se na odsekih s padci poveča na 3 %, zaradi boljšega odvodnjevanja. Srednji trak se iz enakega razloga zgradi vzvišen.

3. Četudi se nevarnost poškodovanja robov betonskih trakov - posebno vzdolž srednjega traku - navadno precenjuje, se vendar priporoča skrbno zavarovanje robov, ali s stavljanjem enostavnih robnih kamnov vzdolž srednjega traku (če so ti poceni na razpolago) ali pa z lomljenjem robov na notranji strani opažnih plohov s 4-5 cm

/risbi 53 in 54 o.s.

- 59/60 -

poglobitvijo z zidarsko ometačo v ostrem kotu, s čimer se doseže dobra stranska povezava in dalja zgostitev ter lahka odstranitev opažnih plohov (sl. 55 o.s.). Daljo zaščito naj nudi vzvišeno zgrajen srednji trak.

4. Gotova utrditev srednjega traku je vedno priporočljiva; more se pri načinu, kot se gradi v pravilu, doseči z najenostavnejšimi sredstvi (izkopan železniški tolčenec, ilovnati gramoz, odpadki iz kamnolomov). Pri načinu gradnje 2 se priporoča nekoliko solidnejša izvedba, ker se tu često vozi tudi preko srednjega traku. Pretresenje srednjega traku je vedno zaželeno. Izogibaljšča - ki se, po skušnji, samo redko uporabljajo, se morejo utrditi na najenostavnejši način.

5. Ureditvev nepremičnega mesta za mešanje betona in transport zmešanega betona do mesta vgraditve se je pri gradnji kolosečnih prog dobro obnesla. Način gradnje za vrste kolosečnih prog po 3. in 4. sledi smiselno iz prednjega opisa.

III.

Z ugotovitvami stroškov je dognano, da se z gradnjo betonskih kolosečnih prog doseže do 26 % prihrankov v primeri z 2,70 m širokim ali do 30 % v primeri s 3 m širokim polnim betonskim voziščem pri načinih gradnje 1. in 2., medtem ko sta načina gradnje 3. in 4. še bistveno cenejša in staneta manj kot obnovitev plašča v tolčencu ali v črnem vozišču. Važnost betonske kolosečne proge je v tem, da je mogoče, z njo zgraditi solidne enotračne gozdne ceste dolge življenjske dobe in velike nosilnosti, katerih tekoči vzdrževalni stroški so minimalni, pri čemer nastanejo bistveno nižji stroški izgradnje kot pa za izgradnjo drugih nosilnih gozdnih cest.

Posebni načini gradnje betonskih cest.

Razen normalne izdelave betonskih plaščev, obstoji cela vrsta načinov gradnje cest, pri katerih se cementna malta uporablja kot vezivo kamnitih materialov. Sem spadajo:

1. tlakovana cesta z zalitjem reg s cementno malto,
2. tlak v betonu,
3. konkrelitni plašč kot različek od 2.,
4. betonske ceste od zvonilke;
5. betonski zloženi sloj,
6. ceste od tolčenca, povezanega s cementom,
7. zgornji ustroj iz velikanskega tolčenca z zalitjem kot različek od 6., in še razni drugi načini.

Za gradnjo gozdnih cest pridejo v poštev samo nekateri zgoraj navedeni načini gradnje. Samo ti naj bodo opisani v naslednjih vrstah.

Od vseh posebnih načinov gradnje je za utrditev naših gozdnih cest najvažnejši konkrelitni plašč. Zato naj bo ta posebni način gradnje opisan najprej.

I. Konkrelitni način gradnje

(tlak v betonu)

Bistvo konkrelitnega načina gradnje

Betonski tlak po konkrelitnem načinu gradnje je utrditev ceste na način tlakov, pri katerem se le malo obdelan kamen ali izmenjan kamen za tlak sestavi z betonom in cementno malto v povezan način gradnje. Glave kamna leže v površini ceste in

prevzemo glavno težo prometne obremenitve. Kamen in beton se prodirata s tako popolnostjo, da nastane zelo nosilno vozišče. Uporaba neobdelanega lomljenega kamna oziroma ponovna uporaba izmenjenega kamna za tlak, povzroči, da je ta način gradnje zelo ekonomičen. Poseben spodnji ustroj je pri kamnu za tlak velikega formata nepotreben. Pri uporabi kamna za tlak malega formata je spodnji ustroj potreben, ki sestoji ali iz obstoječega plašča iz tolčenca na stavljeni podlogi oziroma iz kakega drugega obstoječega, nosilnega spodnjega ustroja ali pa naj se zgradi nov po "Tehničnih predpisih za izdelavo plaščev na podeželskih cestah (TVU)".

Gradivo za konkretnitne plašče

Uporabljen je nov in star kamen za tlak iz vsake trde kamenine. Kamen ni treba da je obdelan ali pa je lahko samo malo obdelan. More imeti obliko lomljenega, poligonalnega, vrstnega ali najdenega kamna.

Kamen ima lahko velikost velikoformatnega in maloformatnega tlaka. Za debelino plašča od najmanj 20 cm znaša višina kamna najbolje 15 do 18 cm. Na obstoječem ali novem spodnjem ustroju zadostuje debelina plašča od 12 do 13 cm. Zato se uporablja kamen 8 do 10 cm višine.

/-61/62-

Kot dodatek za betonsko posteljico se more uporabiti vsak, za druge betonske gradnje primeren gramozni pesek. Za presojo kakovosti gramoznega peska glede zrnivosti zadostujeta dva sita z okroglimi luknjicami, s prečnikom luknjic 1 in 7 mm.

Največ 40 težinskih odstotkov sme pasti skozi 1 mm - sito, največ 70 težinskih odstotkov skozi 7 mm-sito. Za malto za rege prideta v poštev pesek in zdrob. Pesek naj ima velikost zrna do 7 mm. Zdrob iz drobljenega trdega kamna, ki se doda malti za rege, naj poveča njeno trdnost in obrabni upor. Uporablja se samo kockasto zdrobljen zdrob zrnivosti 2/5 in 5/12 mm (mrežasto sito). Pri plaščih iz tlaka malega formata se kot malta za zapolnitev reg more uporabljati tudi zdrob zrnivosti 0,6/2 mm.

Priprava betona in malte za rege

Razmerje mešanice naj bo:

Betonska posteljica	Prostorninski deli	Težinski deli	Vsebina cimenta kg/m ³ bet.
a) tlak velikega formata	1 : 6	1 : 7,6	260
b) tlak malega formata	1 : 5	1 : 6,6	300
malta za rege	1 : 3	1 : 4	450

Dodatek vode se odbere tako, da je nasuti beton za betonsko posteljico zmerno prsteno-vlažen, malta za rege pa mehka.

Izdelava konkrelnega plašča

Sloj od konkrelna se lahko izdelava med stranskim opažom ali med robnimi kamni (risba 56 o.s.).

Slika 56 predstavlja:

1. Gotov planum, betonska posteljica vnešana; na levi strani opaž; beton 1 : 6
2. Postavljanje kamnov; na desni strani globok robni kamen.

3. Vgraditev l. malte za rege; enkrat treseno oziroma enkrat žokano in nabijano; malta (dodatni material = pesek in zdrob) 1 : 3.

4. Gotov sloj (po dvakratnem tresenju oziroma nabijanju in po zapolnitvi); rege dvakrat zapolnjene.

Plašč kamna v flaku velikega formata:

Na pripravljen in ovlažen planum se razprostre betonska posteljica 12 cm nasute višine. V betonski sloj se postavi kamen tako, da se rob enega kamna dotika ploskve drugega, tako da ne nastanejo nobene ozke istosmerne rege, temveč približno trokotne vrzeli. Take vrzeli se /-Risba 56 o.s.-62/63- zanesljivejše dajo zapolniti s cementno malto kot pa istosmerne rege. Kamni so dobro uprti eden ob drugega, kar deluje proti prevračanju istih (risba 57 o.s.).

Kamni naj se pri postavljanju tako podložijo z betonom, da so stiki najmanj do polovične višine zapolnjeni. Po primeren namečenju kamnov s pomočjo škropilnice s prho, se v rege napolni redka cementna malta z okrog 30 % dodatka zdroba zrnavosti 5/12 mm, do zgornjega roba kamnov. Zgostitev plašča se izvrši z nabijanjem ali z orodji za tresenje.

Zgostitev z nabijanjem

Da bi se sprečila tvorba praznin v regah, se mora malta v regah pred nabijanjem prežokati. Nato sledi prvo nabijanje. S tem se spodnji beton zgosti in malta v regah vtrese. Pod kamni ostane bolj ali manj debel betonski sloj, ki izravha višinske razlike med kamni. Ker se je malta v regah sesedla, se ponovno napolni cementna malta. Približno polovica dodatnega materiala

druge polnitve malte sestoji iz peska, druga polovica pa brez-pogojno iz zdroba od trdega kamna 2/5 ali 5/12 mm, zaradi povi-šanja upora proti obrabljanju. Druga polnitev reg ne sme biti redka, temveč samo zmerno mehka. Nato sledi drugo nabijanje, pri čemer je ob pazljivi kontroli prečnega profila potrebno skrbeti za to, da se odstranijo vse neravnosti tlaka. Nazadnje se vdela v rege tlaka še daljnja mala količina malte od peska in zdroba. Nato se odvečna malta odstrani z ovlaženo malto iz dla-ke, tako, da se glave kamnov lesketajo skozi površino, toda ne da bi se rege izdolbile. /-Risba 57 o.s.- 63/64-

Zgostitev z orodji za tresenje.

Zelo smotrna je uporaba orodij za tresenje za zgostitev plašča. Najbolj porabne so plošče za tresenje. Z orodjem za tresenje, ravno tako kot z nabijanjem plašča se dela dvakrat in sicer po vsakokratni napolnitvi malte. Vdelava malte za zaporo reg z zidarsko ometačo in odstranitev prekomerne malte z metlo, je potrebna v vsakem slučaju (sl. 58 in 59 o.s.)

Sloj iz kamna za tlak malega formata.

Na spodnji ustroj, ki naj se ga v danem primeru izravna s slojem peska, se razprostire betonska posteljica v nasuti višini od 7 do 8 cm. Postavljanje kamna, vnos malte za rege in obdelave plašča se izvrši na /-sl. 58 in 59 - o.s.- 64/65 enak način kot pri uporabi kamna za tlak velikega formata. Kon-kretni plašč pri uporabi kamna za tlak malega formata se zgo-ščujejo samo z orodji za tresenje. Vdelava malte za zaporo pla-šča in odstranitev odvečne malte z metlo, je potrebna tudi tu.

Rege in naknadna obdelava.

Delo naj se tako izvaja v posameznih delih, da se vsak odsek konča, predno se spodnji betonski sloj prične strjevati. Za omejitev delovnih odsekov služijo raztezne rege, izoblikovane na enosteven način. Razmak med razteznimi regami naj bi bil približno 15 m. Pri večjih cestnih širinah (približno nad 5 m), ali, ako se, ob vzdrževanju prometa, gradi v polovični širini, so potrebne podolžne rege.

Prečne rege se na enostaven način morejo izdelati tako, da se 16 do 17 cm visoka deska, ki ostane v plašču, postavi pokoncu. Ta mera velja za plašče do 20 cm debeline. Pri plaščih s tlakom malega formata, debeline 13 cm, ima deska višino 9 do 10 cm. Zgornji 3 do 4 cm se izvzemo s pomočjo železne ali lesene letve, katera se izvleče pred pričetkom strjevanja, pri čemer se robovi reg naknadno obdelajo. Lahko pa se uporabijo tudi deske za rege, ki sežejo do zgornjega robu plašča in ki v njem ostanejo (glej poglavje 2, str. 38 o.s.).

Ako se pri utrditvi več kot 4 m širokih cest mcrajo izoblikovati podolžne rege, zadostuje vložek katranske ali asfaltne lepenke, ki ni posuta s peskom. V zgornjem delu podolžnih reg se špranja rege izdelata na isti način kot pri prečnih regah.

Kot robovi, reg naj služijo kolikor mogoče premi robovi kamnov. Za stranske robove velja isto. Posebno pazljivo se morajo kamni postaviti na obeh straneh reg in na stranskih robovih ter zapolniti z betonom.

Izgotovljen cestni plašč se zavaruje pred izsušenjem v senci sonca in vetra ter pred dežjem z enostavnimi zaščitnimi strehami ali s pokrivalnimi ponjavami. Po popolni strditvi, najkasneje prihodnji dan, se mora površina pokriti s peskom in skozi deset dni stalno držati vlažna.

Potrebni gradbeni material in orodja.

a) Gradbeni material na m² plašča s kamni tlaka velikega formata.

(Debelina plašča 20 cm)

0,14 m³ surovega kamna ali kamna od starega tlaka
približno 35 kg cementa

120 l gramoznega peska

20 l peska

15 kg plemenitega zdroba od trdega kamna 2/5 in 5/12 mm
deske od mehkega lesa in snov za zalivanje za izdelavo reg.

b) Gradbeni material za m² plašča s kamni tlaku malega formata.

(Debelina plašča 13 cm)

0,07 m³ kamnov tlaka malega formata

/-65/66-

približno 30 kg cementa

75 l gramoznega peska

20 l peska

15 kg plemenitega zdroba od trdega kamna 0,6/2 in 2/5 mm
deske od mehkega lesa in snov za zalivanje za izdelavo reg.

c) Orodje

Orodja so ista kot pri splošni gradnji betonskih cest;
dodani sta 2 ošiljeni okrogli železni palici 1,20 m dolžine.

II. Ceste od drobljenca, povezanega s cementom.

1. To so valjane ceste od drobljenca, s stavljenjo podlogo,
pri katerih drobljenec ni povezan s peskom in katranom (bitumenom),
temveč je zlepljen s cementno malto.

V gradnji gozdnih cest se ima s plašči od drobljenca, povezanega s cementom, ako sploh, pač samo malo izkušenj, ker se ti plašči, kakor tudi v javni cestogradnji, polagajo redko.

Ker cesta od drobljenca, povezanega s cementom, zahteva trden in po profilu pravilen spodnji ustroj, bo za novogradnje gozdnih cest komaj prišla v poštev, ker bodo gradbeni stroški naprave v tem slučaju v pravilu presegali stroške normalnega betonskega plašča. Mogla pa bi se graditi tudi v gozdu pri obstoječem spodnjem ustroju (stare ceste sestavljeno podlogo ali naravno trdnem temeljnem tlu) in pri ugodni nabavni možnosti drobljenca. Izkušnje glede tega, kako se obnese v gozdu, se morajo pa šele zbrati. Naj bo tu zato samo opozorjeno na "Smernice za gradnjo in vzdrževanje cest od drobljenca, povezanega s cementom" in na "Tehnične predpise za izvedbo plaščev od drobljenca, povezanega s cementom na podeželskih cestah (dodatek k TV Beton)".

2. Sloj od velikanskega drobljenca

Posebna vrsta plašča od drobljenca, povezanega s cementom, je takozvani plašč od velikanskega drobljenca, po postopku Dr. Ing. Deidesheimer-ja. Ti plašči od velikanskega drobljenca se praviloma grade s povezavo s katranom, morejo pa namesto s katranom, biti povezani z zaplako od peska in cementa. Ta gradnja zahteva, kot plašč iz tolčenca, povezanega s cementom, stabilen spodnji ustroj. Ogrodje plašča sestoji iz kolikor mogoče poligonalnih, okrog 8-10 cm velikih kamnov, tzv. velikanskega drobljenca, ki se uvalja v posteljico od zdroba.

Opozoriti je treba na to, da je izdelava velikanskega drobljenca bistveno cenejša, od izdelave drobnega drobljenca. Po načinu nanašanja velikanskega drobljenca se razlikuje "vilan" in "stavljen" sloj od velikansk^kega drobljenca. Razlika je v tem, da je drobljenec v prvem slučaju na posteljico od zdroba nanešen z vilami, v drugem slučaju pa je stavljen z roko. Dobro zgrajen

plašč od velikanskega drobljenca je podoben cesti od maloformatnega tlaka. Obstoje vozišča od velikanskega drobljenca, vezana s katranom, ki so zdržala vse obremenitve težkega in najtežjega prometa (oklopnih vozil) in ki so še danes, po več let trajajoči uporabi, brez popravil, v dobrem stanju. /-66/67-

V gradnji gozdnih cest bo plašč od velikanskega drobljenca posebno takrat važen, kadar se uporaben trd kamen more nabaviti po ugodni ceni. Zato je v naslednjem na kratko opisan način gradnje.

Najprej se postavi podloga z enostranskim prečnim padom od 2,5 - 3%. Pri tem je treba skrbeti na obeh straneh podloge za stransko utrditev iz robnih kamnov ali še bolje iz dveh, eden poleg drugega postavljenih kamnov podloge, ki približno 10 cm štrli čez podlogo. Ta stranska utrditev da drobljencu, ki se kasneje nanese, potrebno vpetost in se tudi zvalja skupno z ostalo površino.

Po profilu pravilno zložena podloga, z odsekanimi konicami, se prekrije s peskom ali zemljo, da se praznine med kamni podloge na površini izpolnijo, in izvalja. Čez to se enakomerno nasuje 4,5 cm debela plast zdroba. Ta zdrob naj sestoji iz mešanice od po ene tretjine zrnivosti 0/5, 6/12 in 12/25 mm ali mešanice od po polovice 0/5 in 5/20 mm. Ako se pri transportu morda zdrob odmeša, se mora to opaziti in v danem primeru z zmešanjem raznih zrnivosti zdroba odstraniti, ker je sicer mogoče, da površina postane valovita.

Na to posteljico od zdroba pride drobljenec-velikan, katerega se, kot že rečeno, nanese z vilami ali postavi z roko. Ostanimo pri vilanem sloju, ki bo za naše razmere, ker je cenejši, pač pravilo. Pri nanašanju drobljenca-velikana, je treba paziti

na to, da kamen leži samo v enem sloju eden poleg drugega in ne eden nad drugim. Nato sledi uvaljanje drobljenca v postelji-
co od zdroba, najprej suho, nato pa z dodatkom vode, tako dol-
go, da se zdrob stlači v regah nekoliko pod površino kamnov nav-
zgor, t.j. on mora od zgoraj biti vidljiv. Ako je to doseženo, se
v rege od zgoraj še enkrat vmete zdrob zrnivosti 6/12 in plašč
na kratko povalja.

Nato se plašč, vštrevši stranske robove, ki so medtem
uvaljani z ostalo površino vred, zalije z zaplako od peska in
cementa. Zaplaka sestoji iz mešanice drobnozrnatega peska in
cementa v razmerju 1 : 2 in se z gumijastim potiskačem - gre pa
tudi z metlo - porazdeli.

Pri transportu cementne zaplake je treba paziti na to,
da se zaplaka ne odmeša, mora se jo torej pred nanašanjem vedno
dobro premešati. Neposredno po prelitju se končno še enkrat lahko
prevalja.

Omenjeno naj še bo, da se tudi plašč od drobljenca-ve-
likana, povezanega s cementom, sme izročiti prometu šele, ko je
cement vezal.

Drugi zgoraj omenjeni načini gradnje z uporabo cementne
malte pridejo za gradnjo gozdnih cest pač komaj v poštev. Kdor
se za te načine gradnje zanima, se lahko o tem poduči iz mnogih
predpisov in smernic o betonski gradnji (Zbirko vseh določb itd.
vsebuje delo "Tehnične gradbene določbe" izdane od Dr.Ing.S.
Hasenjäger-ja, založniška družba R.Müller, Oldenburg).

Črni plašči na gozdnih cestah

Za gradnjo črnih plaščev na gozdnih cestah obstoje smernice (19). Njihova vsebina je sledeča:

Tehnične smernice

za

gradnjo črnih plaščev

na

gozdnih cestah

Obdelava od maja 1957

Uvodna pripomba

Kot celokupni cestni promet, se je tudi izvoz lesa iz gozda v malo letih preusmeril skoraj popolnoma na težko motorno vozilo. To dejstvo morajo gozdne uprave upoštevati z odgovarjajočo dogradnjo oziroma preureditvijo svojih gozdnih cest in cestnega vejevja.

Ta preusmeritev na druga transportna sredstva ima v posameznostih za posledico:

a) nosilnost temeljnega tla mora biti v stanju, da sprejme osovinske pritiske do 10,5 t.

b) večje brzine in posebnost zračnih obročev zahtevajo ustrezno odporno površino plašča za gozdne ceste.

Gozdne ceste, ki v pretežni meri imajo plašče od drobljenca, ki je vezan z vodo, se obrabljajo pri česti vožnji z motoriziranimi vozili hitreje. Tekoče vzdrževanje in od časa do časa potrebno temeljito popravilo odsekov cest zmanjšuje ekonomičnost.

Gozdne ceste s plašči od drobljenca, vezanega z vodo, naj bi se zadržale samo pri pičli prometni gostoti in pri obstojanju potrebnega gradbenega materiala v neposredni bližini.

Izkušnje gradnje javnih cest se ne morejo brez daljnega prenesti na gradnjo gozdnih cest. Posebnosti prometa na gozdnih cestah, nasproti onim na javnih podeželskih cestah, zahtevajo spremembe v gradbenih načinih.

Gozdne ceste se odlikujejo s tem,

- a) da na njih prevladujejo visoki osovinski pritiski,
- b) da je prometna gostota neprimerno manjša,
- c) da je brzina motornih vozil manjša,
- d) da so v splošnem širine vozišč ožje, s skoraj izključno enotračnim prometom.

Gozdne ceste, ki nimajo javnega značaja, a imajo močnejši javni promet, se morajo smatrati enakim podeželskim cestam II. reda in se morajo zgraditi temu ustrezno.

Način dogradnje gozdnih cest se odredi z gospodarskimi preudarki. Črni plašči zahtevajo vidoke investicije kapitala. Po omejenih kreditih za gradnjo gozdnih cest naj bi se gradili samo:

1. na javnih gozdnih cestah, z močnim javnim prometom,
2. na gozdnih cestah s trajnim letnim prometom okroglega lesa od več kot 3000 m³,
3. na padcih, v gorskih predelih, ki imajo nad 800 mm

letnih padavin ni več kot 6 % podolžnega padca

Odločilni pa so letni vzdrževalni stroški. Če ti presegajo na dolžinski decimeter proti-vrednost $1/3$ delovne ure, so čvrsti plašči ekonomičnejši od plaščev, ki so povezani z vodo.

/-5/6-

Črni plašč ali betonsko vozišče

Izbor zavisi v bistvu od stanja ceste, ki naj se dogradi. Ako obstoji spodnji ustroj z nosilno sposobnostjo in ako cesta leži na temeljnem tlu, ki je razmeroma varen proti zmrzali, bo v pravilu črni plašč ekonomičnejši, tem bolj, čim boljše je ohranjen z vodo povezani gramozni plašč.

Pri dogradnji gozdnih cest, ki je več ali manj ravna novogradnji, bo često betonsko vozišče cenejše od izvedbe s stavljenjo podlago ter od drobljenčevih in črnih plaščev. Za gotove primere obstajajo tudi načini gradnje cest z učvrstitvijo zemljin (stabilizacijo) z uporabo dodatnih sredstev, kot ka-trana, bitumena, apna ali cementa, tehnične in ekonomske prednosti. Odločilna je v tem primeru lokalna kalkulacija.

I. Načini gradnje črnih plaščev.

1. Splošno.

Bituminozni načini gradnje dovoljujejo prilagoditev cesto-gradnje na vse lokalne okolnosti. Gozdne ceste navadno imajo le zelo pičel promet (pod 500 t/dnevno).

Gradbeni načini črnih plaščev, ki v gradnji podeželskih cest tvorijo pravilo, so zato za gozdne ceste prerazkošni. Kateri od gradbenih načinov, ki so v naslednjem opisani, naj se izberejo, zavisi v bistvu:

- a) od dosedanjega stanja ceste,
- b) od prometne obtežbe in prometne gostote,
- c) od prometne varnosti (strmi odseki)

Pred vsako gradnjo črnega plašča se gozdne ceste v vsakem primeru morajo preizkusiti, ali je temeljno tlo zadostno varno proti zmrzali ali spodnji ustroj ima dovolj visoko nosilnost.

Na gozdnih cestah se priporočajo sledeči gradbeni načini:

A. Pri dobro ohranjenih drobljenčevih plaščih, ki so vezani z vodo, oziroma pri plaščih, ki morejo z malimi stroški dobiti dober predhodni profil,

1. pri pičlem do normalnem gozdnem prometu:

površinske obdelave

- a) enojne
- b) dvojne
- c) ojačene

2. na gozdnih cestah z močnejšim javnim motoriziranim prometom.

preprožne obloge

B. Pri potrebnih novih posutjih z drobljencem, makadamski načini gradnje:

1. plašči s polovično prepojitvijo
2. zasuti plašči

C. Kot zaključek plaščev s polovično prepojitvijo in zasutih plaščev.

1. enojne površinske obdelave

2. bituminozne zaplake

katranska zaplaka

bitumenska zaplaka

/-6/7-

D. Pri starih črnih plaščih:

naknadne površinske obdelave

Površinska obdelava je prevleka cestnega plašča z vezilom, ki se prekrije z zdrobom. Enojne površinske obdelave predvidevajo prekritje s surovim zdrobom, ojačene pa prekritje z zdrobom, ki je obdan z vezilom. Pri dvojni površinski obdelavi se vezilo in zdrob nanese v 2 slojih.

Te površinske obdelave ne predstavljajo nobenih samostalnih gradbenih načinov plaščev, temveč služijo samo kot zaključek že obstoječega cestnega plašča.

Preprožne obloge so slične ojačenim površinskim obdelavam, samo so količine vezila in zdroba, ki se morajo uporabiti, večje.

Prepojeni in zasuti plašči sestojijo iz drobljenca in zdroba z bitumenom, katranom ali iz mešanice obeh kot vezila. Njihova značilnost je v tem, da se z najnatančnejšo sestavo zrna in smotrno razporeditvijo slojev v mineralni tvari doseže trdno vpetje. Po postopku, ki se uporablja za vezanje zrna, se razlikujejo:

- a) prepojeni plašči: vezilo se v mineralno ogrodje vlije;
- b) zasuti plašči: z vezilom že obdan zdrob se v praznine drobljenčevega sloja vtisne.

Zaplaka je zmes drobnozrnate mineralne tvari s katra-
nom ali bitumenom kot vezilom, ki se pripravi ob dodanju vo-
de s posebnim patentiranim mešalnim postopkom. Zaplaka se v
odprti sloj zdropa vlije in vmete, tako da se praznine izpol-
nijo.

2. Gradiva

a) Kameni material

Drobljenec in zdrob morajo sestajati iz trdih kame-
nin, ki so na vremenu stanovitne ali iz trdega apnenca in mo-
rajo biti popolnoma brez preperin ali organskih nečistoč. Oblika
zrna naj bo čokata in ostrorobna, prelomne ploskve naj bodo
hrapave. Kamenina ne sme biti nagnjena kalanju ali iverenju in
mora imeti dobro moč prijenjanja. Razlikovati se morajo:

zrnavost kamene moke (polnila)	0-0,09 mm
pesek	0,09-2 "
zdrob	2-25 "
drobljenec	nad 25 "

plemeniti zdrob (t.j. dvakrat drobljen in dvakrat
presejan,), za bitumenske plašče v splošnem ni potreben.

Prednji material ob svoji vgraditvi ne sme biti umazan
ali zaprašen in sme imeti največ 2 težinska procenta odplako-
valnih delcev.

/-7/8-

Tudi peski morajo sestajati iz zdrave, na vremenu
stanovitne kamenine, ne smejo vsebovati nobenega nabrekljivega
gradiva ter morajo biti prosti organskih nečistoč, kakor tudi

ilovnatih ali glinastih delancev.

b) Vezila (glej dodatek na str. ...¹¹⁰...)

Kot vezila pridejo v cestogradnji v poštev bitumen, cestni katrani, ter mešanice obeh, dalje bitumenska emulzija, hladni katran, hladni bitumen in mešani bitumen. Vezila morajo odgovarjati predpisom glede kakovosti bituminoznih vezil za cestogradnjo DIN 1995. Pri segrevanju bituminoznih vezil, je treba skrbno paziti, da ne pride do pregretja. Toplomere, ki so potrebni za kontroliranje temperature, mora staviti na razpolago podjetnik. Na gozdnih cestah je priporočljivo, da se, pri uporabi mešanih zdrobov, vsebina vezila, nasproti normi, poveča za 0,5 težinskih %.

Izbor primernih vezil pri izvajanju gradnje

Gradbeni način	Spomladi Srednje dnevne temperat. 10-15°	Poleti Srednje dnevne temperature	
		15-20°	nad 20°
A. <u>Površinska obdelava</u>			
s cestnim katranom (T : VT)	40/70	T 40/70	T 80/125
bitumen	B 300	B 300	B 300
B. <u>Prepojeni plašči in asfaltni zasuti plašči</u>			
za predhodno brizganje drobljenčeve plasti za zasipni zdrob	T 40/70	T 40/70	T 40/70
mešani bitumen	T 40/70	T 80/125	T 80/125
mešani bitumen	mešani bitumen	mešani bitumen	mešani bitumen

Površinske obdelave se v splošnem izvajajo pri vročem postopku s katranom ali bitumenom, pri hladnem postopku z bitumensko emulzijo ali tudi s hladnim katranom.

Za zasute in prepojene gradbene načine se v splošnem uporablja katran ali mešani bitumen. Pri uporabi mešanega bitumena se sme zaključna površinska obdelava nanesti šele, ko so primešana olja iz vezila izhlapela in je plašč postal trd.

3. Spodnji ustroj

Bituminozni plašči sami za sebe niso nosilni. Položitev bituminiranih plaščev se sme izvršiti samo na zadostno in enakomerno učvrščen spodnji ustroj. Spodnji ustroj, ako sestoji iz stavljene podloge, s plaščem od drobljenca, ki je zaplavljen s peskom in zvaljan, mora ležati $\pm 1,5$ cm natančno nasproti odrejani višini. Eventuelna večja odstopanja od profila se morajo na primeren način odstraniti z odpadnim kamenjem, /-8/9- z drobljencem in zdrobom. Ravno tako se morajo stari plašči, ki naj se puste kot spodnji ustroj, poprej izravnati na predpisani profil. Vsled naknadne zgostitve bituminiranih plaščev pod prometom, se preneso počasi vse neravnine, podlage tudi na plašč.

Pred nanosom plašča se mora spodnji ustroj skrbno očistiti.

4. Valjanje.

Valjarji morajo za odnosna dela biti prikladni. Oni naj nimajo koničnih koles, ne verižnega krmila, pač pa naj imajo zadostno prekrivanje prednjih in zadnjih koles, kakor tudi

pripravo za pršenje valjarjevih koles z vodo. Obračanje valjarja naj se vrši po možnosti izven plašča, ki se ravno zgoščuje. Valjanje se mora zastaviti na robu vozišča in naj napreduje proti sredini ceste. Med valjanjem se mora neprenehoma paziti na čistočo plašča. Kamni, ki se med valjanjem zdrobe, se morajo odstraniti in nadomestiti. Onečiščenja, posebno trava in les, se morajo odstraniti. Dieseljevo gorivo in mazilno olje ne smejo kapljati na plašč. Za vsaki plaščev sloj se mora profilu odgovarjajoč položaj tekoče preverjati. Neravnine malega obsega se morajo izravnati z gradivi plašča, pri čem največje zrno mora imeti vsaj dve tretjini višine, ki naj se izravna. Pri velikih razlikah od profila, se plašč mora razkopati ter nanovo vgraditi v pravilni debelini. Izravnanje profila pa se ne sme v nobenem slučaju izvršiti z naslednjo plastjo plašča.

Vsi deli, ki jih valjar ne more doseči, se morajo pazljivo zgostiti s phali.

Gotov plašč sme v svojem prečnem nagibu biti različen samo za 0,5 %, a v svoji ravnosti samo do 1 cm na 4 m dolžine letne.

5. Vremenske razmere pri vgraditvi

Pri vremenu, ki je bogato dežja, se morajo gradbena dela z vročim postopkom prekiniti. Črni plašči se pri zračnih temperaturah pod 5°C ne smejo več izvajati. Pri hladni vgraditvi prepojenih in zasutih plaščev vreme nima velikega vpliva. Lahke plohe ne primorajo takoj k prekinitvi dela. Pri kamenem materialu, ki je prepariran z bitumensko emulzijo, se

vgraditev tudi pri lahkem dežju ne sme vršiti. Nasproti temu pa je zmes, pripravljena s specialnimi vezili (n.pr. z "vaccatolom"), vgradljiva celo pri deževanju in sneženju.

II. Opis gradbenih načinov

A. Površinska obdelava in preprožne obloge.

Način gradnje.

Površinska obdelava je prevleka cestne obloge z vezilom, ki se prekrije s surovim zdrobom ali z zdrobom, ki je obdan z vezilom. Izbor viskoznosti vezila zavisi v bistvu od zdračne temperature. Oslon glede primerne viskoznosti daje str. 8 o.s.

/-9/10-

Pri hladnem postopku se uporablja bitumenska emulzija, v posebnih primerih hladni katran.

Za posip prevleke se pri vezilu, ki se vgrajuje vroče, uporablja zrnavost 2/8 ali 5/12. Zdrob mora pri tej uporabi biti čist in suh. Pičla vsebina vlage pri hladnem postopku ni škodljiva.

Za gozdne ceste z mešanim prometom je za zaščito plaščev, ki so zaplavljeni s peskom, smotrna izvedba ojačene površinske obdelave. Za prekritje prevleke se tu uporablja zdrob 2/8 ali 5/12, ki je obdan z vezilom (3-4 tež.%) ali asfaltni drobni beton o/8 s 6-7 tež.% vsebine vezila.

Predhodna obdelava plašča

a) Pri prvokratni obdelavi plašča od drobljenca, ki je zaplavljen s peskom, se vrhovi posameznih kamnov drobljenca morajo razkriti s težkimi metlami od žice ali s piasava-metlami ter vsa nečistoča odstraniti z vozišča. Kamni drobljenca se pri odstranitvi drobnih delcev nečistoče in peska ne smejo zrahljati. Plašč drobljenca se tudi more splahniti z vodo pod pritiskom, ako je pred površinsko obdelavo na razpolago čas za izsušitev. Kratko pred površinsko obdelavo, se suha cestna površina mora popolnoma očistiti prahu z metlami za prah. Smeti se morajo čimpreje odstraniti, da se spreči ponovno umazanje plašča in zdroba. Pri izvedbi z bitumensko emulzijo ali s hladnim katranom, je dopustna pičla vlaga plaščeve površine. Neravnosti plašča se pred nanosom vezila morajo, profilu primerno, popraviti z zdrobom primerne velikosti zrna. Prekomernega zamaščenja ometa, ki se krpa, se je pri tem treba skrbno izogibati.

b) Pri naknadni obdelavi bituminoznih plaščev ali pri površinskih obdelavah, se morajo popraviti vse poškodbe in neravnosti. Udarne jame v bitumenskih plaščih se morajo ostrorobo izsekati in očistiti od nečistoče in prostih delcev. Mesta, ki se krpajo, se morajo izpolniti z vezilom in zdrobom in trdno sphati. Po svoji zgostitvi morajo s plaščem ležati v popolnoma isti ravnini. Prekomernega zamaščenja se je treba izogibati. Pred nanosom naknadne obdelave se mora vsa cestna površina s krepkim kptačenjem z žičnimi metlami ali s piasava-metlami očistiti nečistoče in prostih delcev.

Izvedba gradnje

Segretje vezila toliko, da dobro teče, katran glede na njegovo viskoznost na 100-120°C, bitumen na 170-190°C. Pri bitumenu se 200°, pri katranu 130° ne smejo prekoračiti v nobenem primeru (rumena para). Bitumenska emulzija in hladni katran se morejo vgraditi brez segretja. Pri vezilih, ki se vgrajujejo v vročem stanju, mora površina plašča biti zadostno suha. Vezilo se mora razdeliti s stroji za škropljenje ali z ročnimi škropilnimi orodji. Pri ročni strežbi škropilne šobe se mora šoba stalno gibati krožno. Neenakomernost v razdelitvi se mora takoj odpraviti z razvlačenjem vezila. Na straneh se mora površinska obdelava lično omejiti z razložitvijo širokih desk. /-10/11-

Neposredno nato, na vsak način pa, dokler je pri vročem postopku vezilo še toplo in dokler pri bitumenski emulziji ta še ni razpadla, se mora posuti zdrob, nekoliko več kot pa ga more sprejeti vezilo. Zdrob se mora razdeliti z lopatami v širokem metu ali z vozovi za posipanje in razmesti ravnomerno z metlami. Zvrnitev neposredno na svežo prevleko vezila, je zabranjena. Za dopolnilno posipanje se mora zdrob držati pripravljen.

Zdrob je treba ščititi pred zaprašitvijo. Zdrob, ki ga ni prevzelo vezilo ali ki s prometom ni bil stisnjen, se od časa do časa mora pomesti in shraniti ob strani ceste.

Pri vgraditvi bituminiranega ali katraniziranega zdroba za prekritje vezila, se prekrivni material mora ob cesti lepo pripeljati na kupe in razdeliti, kot to zahteva profil. Takoj po nanosu se mora prekritje zdroba povaljati z lahkim do srednjim valjarjem (6-8 t). Vrzeli, ki se pri tem pokažejo v zdrobovem prekritju, se morajo naknadno posuti z zdrobom. Valjar

ima samo nalogo, pritisniti zdrob na podlago, v nobenem primeru ne sme valjar istočasno biti uporabljan tudi kot vlečno vozilo za orodje za katran.

Pri vgraditvi bituminiranega ali katraniziranega zdroba se nanos zdroba mora zaključno posuti z lahko bituminiranim peskom (0/3 mm z 2-3 % vsebine vezila) in lahko povaljati.

Količina gradiva

^{se}
Količina gradiva ravna po hrapavosti cestne površine in kamenja ter po vrsti vezila. Čim višja viskoznost vezila, čim bolj hrapava cestna površina in kamenje, tem višja je poraba vezila. Potreba na zdrobu se ravna, pri uporabi surovega zdroba in obvitega zdroba, po množini vezila prevleke, pri ojačeni površinski obdelavi po predvideni debelini zaščitnega prekritja.

Zgledni primeri, ki so se obnesli pri gradnji gozdnih cest

Površinske obdelave

Alc. Ojačena površinska obdelava (se je obnesla v Harzu)

Za prvokratno obdelavo plaščev iz drobljenca, ki je vezan z vodo, pri pičlem prometu in ne preveč hrapavi površini plašča iz drobljenca.

a) Bitumen 300 ali cestni katran z bitumenom (BT 40/70 oziroma 80/125)	1,5-(2,0)kg/m ²
Asfaltizirani zdrob 2/8 s 3 tež.% vsebine vezila	18,0-(23,0) "
Bituminirani pesek 0/3 z 2-3% vsebine vezila	3 "

Pri plaščih iz drobljenca z večjo hrapavostjo se mora vsebina vezila eventualno povišati na 2 kg in količina zdroba na 25 kg/m². Ta površinska obdelava potrebuje za zgostitev tekoči promet. V kolikor promet z gumijastimi kolesi ne zadostuje in cesta ima najhni padec, se mora za površinsko obdelavo z dobrim uspehom vgraditi asfaltni drobni beton.

/risbe na str.12,sl.na str.13 in
14 o.s. - 14/15 -

b) Bitumen 300	1,3 kg/m ²
Asfaltni drobni beton 0/8 s 6,5 tež.% vsebine vezila	30,0 "
Bituminirani pesek 0/3 z 2-3 tež.% vsebine vezila	2,0 "

A1 b Dvojna površinska obdelava (se je obnesla v Harzu)

Cestni katran T 40/70 ozir. 80/125	2,0 kg/m ²
Surovi zdrob 8/12	17,0 kg/m ²
Asfaltizirani zdrob 2/8 z 2 tež.% vsebine vezila	14,0 kg/m ²
Bituminirani pesek 0/3	4,0 kg/m ²

Standardni načini gradnje za močnejši mešani promet.

A1 b Dvojna površinska obdelava s hladnim vezilom (se je obnesla v Bavarski)

Bitumenska emulzija (U)(nestabilna)	1,8 kg/m ²
Surovi zdrob 2/5 ali 2/8	10,0 kg/m ²
Bitumenska emulzija (U)	1,7 kg/m ²
Surovi zdrob 1/3 ali 2/5	5-7 kg/m ²

D Površinska naknadna obdelava starih črnih plaščev

(se je obnesla v Harzu)

Količina vezila odvisno od stopnje obrabe starega črnega plašča

Bitumen 300	0,6-1,0 kg/m ²
Asfaltizirani zdrob 2/5 ali 2/8 s 4,5 tež.% vsebine vezila	14,0-18,0 "
Bituminirani pesek 0/3 z 2-3 tež.% vsebine vezila	2,0-3,0 "

A2 Preprožne obloge

1. V vročem postopku (se je obnesla v Harzu)

a) Cestni katran T 40/70 oziroma 80/125	1,3 kg/m ²
Asfaltni drobni beton 0/8 s 6,5 tež.% vsebine vezila	20,0 "
Katranizirani zdrob 5/13 ali 8/12 s 4,5 tež.% vsebine vezila	35,0 "

Površina tega načina gradnje postane pod prometom gladka in je način uporabljiv samo za ceste z majhnim padcem.

Za gorske ceste se je obnesel naslednji gradbeni način, ob uporabi zaplak, ker poleg goste zapore ostane ohranjena velika hrapavost površine plašča.

b) Cestni katran z bitumenom BT 40/70 ozir. 80/125	1,4 kg/m ²
Asfaltizirani zdrob 5/12 ali 8/18 s 4 tež. % vsebine vezila	35,0 "
Katranska oziroma bitumenska zaplaka v 2 plasteh	
1. plast 6-8 kg	
2. plast 2-6 kg	10,0 kg/m ²

2. V hladnem postopku, z uporabo emulzij v gradnji v lastni režiji, je bilo uporabljeno (se je obneslo v Bavarski):

a) Bitumenska emulzija U (60% vsebine bitumena)	1,0 kg/m ²
Asfaltizirani zdrob 2/8 z 2,5 tež.% vsebine vezila (hladni bitumen enfaltol)	30,0 "
Bitumenska emulzija U	1,0 "
Surovi zdrob 0,6/5 (40% = 0,6/2, 60% = 2/5)	10,0 "
b) Hrapave obloge za strme odseke (gorska obloga Mettlach)	
Bitumen 300	1,3 "
Asfaltni drobni beton 0/8 s 6,5 tež.% vsebine vezila	40,0 "
Asfaltizirani zdrob 8/12 s 4,0 tež. % vsebine vezila	16,0 "

Pri močnem javnem prometu, prilagoditev /-15/16-
preprožnih oblog na gradbene načine, ki so lokalno običajni.

Plašči s polovično prepojitvijo

Način izgradnje

Prepojeni plašč sestoji iz plasti drobljenca, popolnjene z zdrobom, ki se poveže z vškropljenjem vezila ter nanosom in uvaljanjem surovega zdroba ter zaključi s površinsko obdelavo. V gradnji gozdnih cest pride navadno do izvedbe samo plašč s polovično prepojitvijo. Dvojno vškropljenje vezila na plašč s polno prepojitvijo ni ekonomično.

Izvedba gradnje

Plašči s polovično prepojitvijo se izdelajo v štirih delovnih potekih:

- a) izdelava predhodnega profila
- b) nanos sloja drobljenca, popolnitev praznin z zdro-
bom za zagozditev in povaljanje
- c) prepojitev s katranom, prekritje z zdrobom in po-
valjanje
- d) površinska obdelava.

Večina starih gozdnih cest potrebuje temeljito predhodno profiliranje spodnjega ustroja. Od predhodnega profila zavisi kakovost bodočega vozišča. Neravnine predhodnega profila se pod prometom prenašajo na plašč in morejo zelo hitro dovesti do udarnih jam. Zato se brezpogojno mora vzpostaviti dober podol-
žni in prečni profil. Često bo za to zadostovala vgraditev zdravega odpadnega kamenja. Za gradnjo črnih plaščev na gozdnih cestah se mora to v stroškovniku predvideti v zadostni meri. Za nadvišenja krivin in odstranitev zelo znižanih krivin se često ni mogoče odreči vgraditvi stavljenе podloge.

Stroški za vzpostavitev profila na zelo močno izvoženih starih gozdnih cestah v Harzu so kolebali med 12-30 % gradbene vsote, odvisno od stopnje razrušitve starega plašča in kakovosti prvokratne cestne izgradnje.

Po raztrganju starega propalega drobljenčevega plašča se razkrita stavljenа podloga mora skrbno očistiti neuporabnega, posebno humoznega in ilovnatega zemljskega materiala in neči-
stoče. Intenziven gradbeni nadzor tega delovnega poteka je neizo-
gibno potreben.

Pred valjanjem novega sloja drobljenca se morajo name-
stiti banketi. Odvodnjenje drobljenčevega plašča z vgraditvijo
drenaž za pronicanje ob strani skozi bankete mora biti zagotovlje-
no. Drobljenec se mora nanesti enakomerno in izravnati z lahkim
povaljanjem. Pri tem se čez sloj drobljenca vrže mala množina
zdroba in sloj uvalja, tako da stoji stabilno. Za dobro povezavo

sloja od drobljenca s kakim starim slojem od drobljenca, ki je zaplavljen s peskom, se mora ta pred vnosom novega drobljenca rahlo natrgati ali namočiti.

Ako se vgradi drobljenčev srednji sloj - predhodno profiliranje s starim in dodatnim drobljencem - se mora ta brezpogojno pogramoziti, v nasprotnem primeru prične potiskati in črni plašč postane vsled prometa valovit.

/-Risbe na str.16 o.s. in sl. na str. 17 o.s. - 18/19-

Na pridržavanje predpisanega profila je polagati največjo važnost (razlike samo 0,5% v prečnem profilu, v ravnosti ploskve 1 cm na 4 m dolžine letve).

Popolnoma suho kameno ogrodje se nato prepoji s katranom, ki se sme segreti samo do 100-120°C. Vezilo se mora razdeliti enakomerno. Stransko odtekanje in mesta z nagomiljenim vezilom je treba onemogočiti oziroma jih z metlo razvleči. Neposredno po prepojitvi, ko je ploskev še topla, se mora nanesti zdrob. Zdrob za prekritje se mora posuti z lopato neposredno s samokolnice. On ne sme niti ležati na zvaljanem drobljenčevem sloju, niti se sme nasuti na kupe na ploskve, ki so sveže prepojene. Po nasipanju se zdrob mora enakomerno razdeliti z metlami in naknadno povaljati. Ne dovolj zgoščena mesta, ki se pokažejo med valjanjem, se morajo naknadno posuti z zdrobom. Ne sme se valjati tako dolgo, da bi se strl zdrob. Zdrob, ki po valjanju ni povezan, se mora odnesti.

Zaključna površinska obdelava se mora na asfaltnih prepojenih plaščih izvršiti takoj po prepojitvi. Na katranskih prepojenih plaščih se pa ta sme izvršiti šele nato, ko je plašč nekaj časa bil izložen prometu.

Kamenje

Drobljenec 35/55 mm oziroma 45/65 mm, za zgostitev drobljenčeve plasti surovi zdrob 12/25, za posip prepojitve zdrob 5/12 mm.

Količine gradiva

za sloj od drobljenca

drobljenec 35/55 oziroma 45/65 mm 100-120 kg
zdrob 12/25 za zagostitev 15 kg

čim debelejši je drobljenec, tem več zdroba

za zagostitev je potrebno

surovi drobljenec za posip 5/12 mm 17 kg

za prepojitve

cestni katran 80/125 ozir. 40/70 3,5 kg

za površinsko obdelavo

bitumen 300 1,3 kg
asfaltizirani zdrob 3/8 s 3 tež.%
vsebine vezila 14,0 kg
bituminirani pesek 0/3 s 3 tež.%
vsebine vezila 4,0 kg

Pri uporabi tolčenca (z roko tolčenega drobljenca) se zdrob za zagostitev sloja tolčenca more prihraniti.

B Zasuti plašči

Način izgradnje

Zasuti plašč sestoji iz sloja drobljenca, ki je pobrizgan s katranom in v katero se vnese zdrob, obdan z vezilom.

Plašč dobi površinsko obdelavo.

Izvedba gradnje

Obravnavava spodnjega ustroja in izdelava predhodnega profila kot pri prepojenem plašču.

Drobljenec se na spodnji ustroj enakomerno razprostire in drobljenčev plašč se s srednje težkim valjarjem kratko predhodno povalja. Mera potrebnega predhodnega valjanja odvisi od kakovosti drobljenca. /-risbe na str. 19 o.s. - 20/21- Ostatek mora odprtih zadostna mera pravnin za katranizirani zdrob, ki naj se vnese.

Kolikor mogoče suhi drobljenčev plašč se s katranom enakomerno pobrizga, da bi se izboljšal vnos in prijem zdroba, ki se vsipa. Ako vsled vremenskih razmer ogroditve drobljenca ostané vlažno, se predhodna obdelava smotrno izvrši z bitumensko emulzijo ali s hladnim katranom. Po razpadu emulzije oziroma neposredno po zgostitvi hladnega katrana se med stalnim valjanjem posipa zasipni zdrob. S posipanjem in valjanjem zasipnega zdroba se mora nadaljevati, toliko časa, da ni več mogoče, vtisniti še daljnji zdrob v drobljenčev plašč in da plašč stoji. Vsaka neenakomerna razdelitev zdroba se med valjanjem mora izravnati z naknadnim posipanjem.

Z vezilom obdani zdrob se mora dobavljati zaporedoma in kolikor mogoče samo po potrebi, med napredovanjem gradnje, neposredno. Ob hladnem vremenu naj bi se zasipni zdrob dobavljali samo še gorak in gorak vnašal. Zasipni zdrob stavljeni na ne še zadostno uvaljani plašč, je prepovedano. V danem primeru naj se ga nasuje ob strani na železno pločevino ali na plohe. Površinska obdelava naj se po možnosti nanese šele, ko je plašč nekaj časa bil izložen prometu. Pred nanosom površinske obdelave se mora profilu odgovarjajoč položaj preveriti. Malenkostne

neravnosti se morajo izravnati z obdanim zdrobom odgovarjajoče debeline zrna.

Kamenje

Za sloj drobljenca se uporablja čim bolj enakozrnat drobljenec 35/55 oziroma 45/65 in za vnašanje zdrob 5/12.

Količina gradiva

Dodatek vezila pri pripravi zasipnega zdroba naj se odmeri tako visok, kot je to praktično mogoče, da bi se čim več vezila vneslo v plašč. Pri prenašanju in pri ležanju na skladišču, pa vezilo ne sme kapljati od zdroba. Za zdrob zrnivosti 5/12 bo pri trdem bazaltu normalno primeren dodatek vezila 4-4,5 tež.% in pri drobi 4,5-5 tež.%.

Potrebno je za sloj drobljenca:

drobljenca 35/55 oziroma 45/65 100-120 kg/m²

za pobrizganje sloja drobljenca:

v vročem postopku

cestni katran T 40/70 ali T80/125 1,5 kg/m²

za vsipanje v sloj drobljenca:

katranizirani zdrob 5/15 s 5 tež.%

vsebine vezila 35,0 kg/m²

za površinsko obdelavo:

bitumen 300 1,2 kg/m²

asfaltizirani pesek 0/3 s 3 tež.% vsebine

vezila 4,0 kg/m²

/-risbe na str.21 in slike na str.
22 o.s. - 23/24 -

ali na mesto tega bitumenska ali katran-
ska zaplaka v 2 legah (7 + 3 kg) 10 kg/m²
asfaltni drobni beton 0/8 s 6,5 tež.%
vsebine vezila 20,0 kg/m²
bituminirani pesek 0/3 s 3 tež.%
vsebine vezila 2,0 kg/m²

za strme odseke

za nabrizganje sloja drobljenca

cestni katran 40/70 oziroma 80/125 1,3 kg/m²

za vsipanje v sloj drobljenca

asfaltni drobni beton 0/8 s 6,5 tež.%
vsebine vezila 40,0 kg/m²

za hrapavo oblogo

asfaltizirani zdrob 8/12 s 4 tež.%
vsebine vezila 16,0 kg/m²

V kolikor se grobi zdrob ne more toplo uvaljati v as-
faltni drobni beton, se priporoča našobanje s 0,6 kg/m² bitumena
300.

Pri uporabi hladnega asfalta pri gradnji v lastni reži-
ji (Bavarska):

za nabrizganje sloja drobljenca

nestabilna bitumenska emulzija U 60% vsebine
bitumena 1 kg

za vsipanje v sloj drobljenca

bituminirani zdrob 5/15 s 5 tež.% vsebine vezi-
la (hladni bitumen euphaltol) 35,0 kg

za površinsko obdelavo

nestabilna bitumenska emulzija (U) 1,0 kg/m²
surovi zdrob 1/6 10,0 kg/m²

III. Izbor gradbenih načinov

Za gozdarskega strokovnjaka je izredno težko, iz obilice najrazličnejših gradbenih načinov črnih plaščev, izslediti one, ki so prikladni za posebno gradnjo gozdnih cest. Na osnovi dosedanjih izkušenj so obravnavane naslednje uporabne možnosti in dani zgledni primeri, ki pa si ne laste pravice na splošno veljavnost, temveč morejo služiti samo kot priporočilo.

A1 Površinska obdelava

Na dobro ohranjenih, zvoženih, z vodo vezanih plaščih od drobljenca ali na takih, ki imajo samo male poškodbe, so se obnesle dvojna ali ojačena površinska obdelava. So pa te vrste površinske obdelave najtežji načini gradnje črnih plaščev.

Predpogoj površinske obdelave je temeljito očiščenje in popravilo starega drobljenčevega plašča z drobljencem, drobnim drobljencem, zdrobom in katraniziranim zdrobom odgovarjajoče debeline zrna. Gradbena dela se smejo izvajati samo pri najboljšem letenskem vremenu. Po 15. septembru se gradnja črnih zastorov sploh ne sme vršiti.

/-24/25-

Enojne površinske obdelave

na plaščih od drobljenca, ki so vezani z vodo, se ne priporočajo: film vezila in prekritje z zdrobom sta pretanka. S stopnjami konjskih kopit in s prometom železnih koles se lahko uničijo. Razen tega nastane zelo visoka izguba na zdrobu, ki se valja, vsled uporabe surovega zdroba za prekritje.

Kot standardni način gradnje za gozdne ceste lahko velja:

dvojna površinska obdelava. Pri tem se priporoča pri nanosu drugega sloja uporaba obvitega zdroba, da bi se preprečilo zmanjšanje debeline vsled kotalečega se zdroba.

V kolikor je v področjih z obilnimi padavinami in s poletji z mnogo dežja, uporaba surovega zdroba težavna, se morejo uporabiti

ojačene površinske obdelave.

Zgoraj omenjene površinske obdelave zahtevajo promet, ki se v zadostni meri vrši z gumijastimi kolesi, za naknadno zgostitev plašča. Hitrejše zaprti so plašči po gradbenem načinu A l c a, z asfaltnim drobnim betonom. Takšni plašči pa pod prometom postanejo gladki in so prikladni samo za gozdne ceste z majhnim padcem.

Poroštvena obveznost za ojačene in dvojne površinske obdelave do 1.4. preko-prihodnjega leta.

A 2 Preprožne obloge

Na gozdnih cestah z močnejšim javnim prometom, ne zadostujejo površinske obdelave več zaradi njihove male debeline. Na takih cestah so preprožne obloge ekonomičnejše, v kolikor je ogrodje drobljenca neoporečno oziroma se s predhodnim profiliranjem more doseči zadostna ravnost površine.

Debelina obloge, t.j. množina zdroba, ki naj se nanese, se ravna po jakosti prometa.

Za normalni gozdni promet so se obnesle obloge z uporabo bitumenskih zaplak. Kot standardna gradbena izvedba velja primer A2-1b.

Plašči te vrste obdrže pri popolni gostotni zapori v odlični meri hrapavost uporabljenega primešanega zdroba. Čim bolj debelozrnat je zdrob (8/12 ali 15/25), tem bolj hrapav je plašč.

Doba poroštvene obveznosti 3 leta.

B. Plašči s polovično prepojitvijo in zasuti plašči.

Ako se mora nanesti nov drobljenčev sloj, je priporočljiva gradnja plaščev s polovično prepojitvijo ali zasutih plaščev. Plašči s polovično prepojitvijo imajo slabo stran, da se grade s surovim zdrobom, ki se v gozdu pri razmerah z mnogo padavin mora pogosto vgraditi vlažen, vsled česa more trpeti kakovost. Dražji, toda zanesljivejši so zasuti plašči, ki se grade z zdrobom, ki je obvit z vezilom. /-25/26-

Pri prepojenih in zasutih plaščih je treba paziti na to, da se za drobljenčevo ogrodje uporabljajo cestni katrani oziroma cestni katrani z bitumenom in katranizirani zdrob, ker katran, ako je zaprt pred zrakom, zadrži dolga leta svojo plastičnost, medtem ko se za zaključno površinsko obdelavo uporablja bitumen oziroma mešani bitumen in bituminirani zdrobi, ki ne postanejo tako hitro krhki kot katran in so trpežnejši. Kakor zasuti, tako tudi prepojeni plašči dobe vedno površinsko obdelavo s slabo bituminiranim zdrobom s pobrizganjem bitumena ali zaključek s katranovo ali bitumensko zaplako, ki se mora nanesti v dveh plasteh.

Doba poroštvene obveznosti za zasute plašče in plašče s polovično prepojitvijo 3 leta.

Posebne omembe potrebuje problem črnih plaščev na gozdnih cestah z njihovim pičlim prometom ter ozkimi vozišči (3-3,5 m

širine), ki povzročé promet po koloseku, pri čem se robovi vozišča in sredina ceste črnega plašča naknadno ne zgoste zadostno. Da bi se dosegla zadostna gostotna zapora na gozdnih cestah, se uporablja drobnejša zrnnavost. Gradbena izvedba z asfaltnim drobnim betonom in sličnim (zrnnavost 0-8) dovede pa do gladkih vozišč. Ona je zato porabna samo za gozdne ceste z majhnim padcem.

Z najboljšim uspehom se črni plašči na gozdnih cestah obdelujejo s katransko ali bitumensko zaplako. Kakor glede potrebne gostotne zapore celokupne širine vozišča, tako glede ohranjenja hrapavosti površine, izpolnjujejo bitumenske zaplake vse zahteve.

Zaradi svoje redko-tekoče konsistencence se morejo zaplake lahko razdeliti s primitivnimi sredstvi in dobro izpolnijo vse pore in neravnosti cestnega plašča. Občutljive so zaplačne prevleke za močnejše padavine med vgraditvijo. Gradbena dela naj bi se zato vršila samo ob suhem vremenu, pri čem je treba imeti pred očmi, da izhlapljenje visokih deležev vode na gozdnih cestah traja bistveno dlje kot pa v javni cestogradnji (3-4 dni).

Podjetniška gradnja ali gradnja v lastni režiji

Gradnjo črnih plaščev v splošnem vrše podjetja. Prednosti vključitve podjetij leže v izkoriščanju velikih izkušenj gradbenih podjetij, v možnosti vključitve velikega strojnega parka, ki je last podjetja ter v izkoriščanju konkurence.

Razen tega nosi podjetnik med gradbenim časom tveganje glede vremena, ki je za gradbene načine črnih plaščev zelo znatno in poroštveno obveznost za dobo 1 1/2 - 3 let.

Gradbena dela se razpišejo. Seznami storitev se morajo sestaviti tako podrobno kot le mogoče. Tehnični predpisi za bituminozno gradnjo podeželskih cest so obvezen sestavni del pogodbe.

Pri izvedbi del po podjetju, je za kakovostno neoporečno izdelavo gradbenega objekta obvezno, da je stalno navzoč izšolan gradbeni vodja, kar more biti v pogodbi še posebej omejeno.

Stavljenje na razpolago gozdnih delavcev za podjetniška dela kot pomožnih delavcev, se je obneslo. Plačilo se je vršilo po delovnem seznamu gozdne uprave, pri čem pa je treba pomisliti, da gre tveganje glede vremena v polni meri v breme gozdne uprave.

Vroči in hladni gradbeni načini

Odločitev, ali naj se da prednost ekonomičnejši vroči vgraditvi (vroči katran, vroči bitumen) ali pa naj se izbere kak hladen gradbeni način (hladni asfalt), zavisi v bistvu od sledečih predpostavk:

a) Oddaljenost gradbišča od mešalne naprave. Pri večjih oddaljenostih se bo dala prednost hladnim gradbenim načinom.

b) Od gradbene dobe: Deževno in hladno vreme (zgodna pomlad, kasna jesen ali zima) zahtevajo eventualno hladne gradbene načine. Najhni obseg gradbenih del na črnih plaščih na gozdnih cestah pa se more načelno izvršiti v vročem letnem času od 15.5. do 15.9.

c) Gradnje črnih plaščev v lastni režiji se morejo izvajati samo s hladnimi gradbenimi načini.

Strojni park za hladne gradbene načine je malenkosten, dočim so za vroče gradnje potrebne izredno visoke investicije.

Gradnje črnih plaščev zahtevajo, pa najvišjo mero v desetletjih zbrane izkušnje. Gradnje v lastni režiji bodo zato prišle v poštev samo v izjemnih slučajih.

IV. Gradbeni nadzor

Celotni potek del, posebno sestava zmesi po predpisih, razdelitev in vgraditev zmesi, se mora s strani investitorja skrbno nadzirati. Obnesla se je vključitev šolanih gradbenih vodij.

Potrebne so sledeče preveritvene mere:

Kamenje

Kameni material, ki se dobavlja na gradbišče, se mora preveriti glede njegove kakovosti, čistoče, velikosti in oblike zrna.

Vezilo

Vrsta in poreklo se mora ugotoviti s primerjavo napisov na sodih z dobavnico.

/Kisbe na str.27 in sl.na str.
28 in 29 o.s. - 30/31-

Pri segrevanju se mora paziti na pridržanje predpisane temperature.

Zmes

Ob dobavi na gradbišču jo je treba na oko oceniti glede popolnega obvitja, medlega ali bleščečega izgleda in umazanosti. Ako je vezilo pregreto, izgleda zmes medla in suha. Lepljivost zmesi, ki se more vgraditi v hladnem stanju, se mora preizkusiti s pritiskanjem enega k drugemu in previdnim razvlečenjem dveh koščkov ter z otipanjem s prstom. Za preizkušnje trdnosti sprijemanja se more poskusni vzorec položiti v posodo vode. Po 24 urah se pregleda, ali je kamenje še enakomerno obvito z vezilom ali pa se pokazujejo mesta, ki so vezila prosta.

Poraba primerne količine vezila se da ugotoviti na oko z ugotovitvijo razdeljivosti, z opazovanjem, "plazenja" pri ležanju na kupu, s preiskanjem dna vozila na ostanke vezila vsled kapljanja.

V dvomljivih slučajih naj se med razkladanjem na gradbišču izvzemo poskusni vzorci in se dajo preizkusiti glede zrnivosti in vsebine vezila v kakem priznanem preizkuševališču.

Količine vezila.

Tekoča preveritev vgrajenih količin na m² s primerjavo količin, ki so predpisane v seznamu storitev, z listi tehtanja.

Izgotovljeni plašči

V izgotovljenih odsekih plaščev se mora pridržanje predpisanega prečnega profila in ravnost površine pazljivo preveriti. Ravnost površine se preveri s 4 m dolgo letvo. Površinsko stanje (hrapavost, enakomernost, zatesnitev, umazanost, tujki) se ugotovi na oko.

Pregled preizkušenj na gradbišču

a) Pregled kamenja, kot gradiva, na oko,
pregled vezila na oko.

b) Na gradbišču

Ugotovitev temperature zvrnjene zmesi in vezila,

Ugotovitev velikosti zrna zmesi,

ugotovitev vsebine vezila na oko,

ugotovitev vnešenih količin gradiva po m².

c) Na izgotovljenem plašču

Ugotovitev prečnega profila,

pregled ravnosti površine,

pregled stanja površine, na oko.

/-31/32-

V. Vzdrževanje črnih plaščev

Asfaltni in katranski plašči zgoraj opisanih gradbenih načinov, se morajo po njihovi zgotovitvi naknadno zgostiti s prometom. V prvem času po dopustitvi prometa se morajo negovati posebno pazljivo. Po možnosti je skrbeti za odstranitev blata in listja, brez ostanka.

Ako pri nasutih plaščih vsled zdrsnitve navzdol zasipanega zdroba, nastanejo na površini nezadostno povezana mesta, se mora z dopolnitvijo zasipnega zdroba vzpostaviti enakomerni

sloj plašča. Ravno tako se morajo popraviti prepusta mesta prepojenega plašča z vezilom in zdrobom. Ako pride vsled presežka vezilo na površino, se morajo ta mesta enakomerno prekriti z drobnim zdrobom. S prometom v stran zmetani drobni zdrob, se mora, dokler je plašč sprejemljiv, stalno spet enakomerno razdeljevati preko vozišča, dokler se ne pojavijo nobena mesta znojenja več, sicer pa se ga mora skupaj zmeti in nasuti ob stran. Prepovedana je uporaba zamazanega zdroba.

Skoraj vsi črni plašči prično propadati s strani. Robovi plašča naj se zato vedno držijo čisti. Skrbeti je treba za zadostno število odtočnih žlebov vzdolž vozišča. Voda je največji sovražnik črnih plaščev in cestnega trupa.

Obnovitvena dela

Hrapava mesta na starih bitumenskih plaščih, ki po deževjih navadno ostanejo dlje časa vlažna, oznanjajo že, gde se morejo pričakovati udarne jame. Ta mesta se morajo lepo očistiti, prevleči s tankim slojem vezila in posuti z drobnim zdrobom.

Udarne jame v črnih plaščih je treba oglati izklesati. Trohnela mesta se morajo odstraniti do plašča, ki je ostal zdrav. V globokejših udarnih jamah se mora na robovih, ne pa na dnu, s čopičem namazato vezilo, v slojih vložiti zmes in trdno sphati. Pri pripravi zmesi se mora paziti na pravilno velikost zrna. Ta naj bo $2/3$ globine udarne jame.

Pri globokejših udarnih jamah se mora vgraditi nekatranizirani drobljenee najprej in nato zmes odgovarjajoče zrnivosti, 2-3 cm na debelo, v slojih. Zaključno je treba zmes prekriti s peskom in surovim drobnim zdrobom. Zvišanje nad okolno površino naj bo samo popolnoma neznatno. Izbokline na vozišču ne smejo nastati.

Zmes za popravilne svrhe se more pripraviti z roko ali s ciklo-prisilnim mešalcem. Zmes mora kazati enotno črno barvo. Dokler se more še spoznati rujava barva, se mora mešati dalje. Merodajno je dalje mešanje, ne dodajanje daljnjih vezil. Zmes ne sme imeti prekomernega vezila, ker premastna mesta se ne dajo spet dovesti v red. /-32/33-

Dodatek

Najvažnejša vezila gradnje cest

1. Vroči katran (T)

Cestni katran se pridobiva pri koksanju premoga. Označuje se po gostotekočnosti T 10/17, 20/35, 40/70, 80/125 itd. Kolikor manjše je število, toliko bolj redkotekoč je katran. Temperatura pri uporabi je največ 120°C.

2. Hladni katrani (vnetljivi!)

sestoje iz 85 % katrana in 15% lahko vročih olj (vročih = ki vro). Pri normalni temperaturi so tekoči. Hladni katran se more uporabljati pri lahki zmrzali. Uporabljati se more tudi vlažen zdrob, v nobenem primeru pa ne moker. Hladni katran se more skladiščiti. Priporočljivo je prekritje s ponjavami.

Pri nizkih temperaturah se hladni katran sme segreti največ do 30°C. Ogrevanje ne v sodih, temveč v odprtih posodah.

Mešanje hladnega katrana in zdroba se vrši ročno ali z mešalnimi stroji. Kameni material se pred tem ne segreje.

Hladni katran se mora uporabiti pust.

Približno praktično pravilo: 17 vedrov zdroba.

3/4-1 vedro hladnega katrana.

Koristnejša je primes drobljenega peska.

3. Vroči bitumen (B)

je kot organska sestavina v naravnem asfaltu ali se pridobiva pri destilaciji nafte. Po njegovi teškotekočnosti razlikujemo:

bitumen 300

" 200

" 80

itd.

Kolikor višje je število, toliko mehkejši je bitumen. Za gozdne ceste se uporablja navadno B 300. Temperatura pri uporabi je največ 180 - 200°C.

4a. Bitumenski katrani (BT)

sestoje iz 15 % bitumena in 85 % katrana. Dodatek bitumena naredi katran bolj gostotekoč, ta postane hitreje tog in uporablja se zato v vročih mesecih. Bitumenski katrani se smejo segreti na 120°C.

4b. Mešani katrani (VT)

sestoje iz 30-40% bitumena in 60-70% katrana. Oni so odlično uporabni za površinske obdelave in za obloge iz drobnega minerala, ki ima stopnjevano zrnavost.

5. Bitumenska emulzija (hladno uporabljiva)

sestoji iz 55 - 60 % bitumena in vode in se drži v plavajočem stanju s kakim tzv. emulgatorjem. Kot "razpad" se označuje trenutek ločitve bitumena in vode in strditev bitumena. Pri razpadu preide čokoladnorujava barva v črno. /-33/34-

Po trenutku razpada se razlikujejo:

a) nestabilne (hitro razpadajoče) emulzije, označene s črko U (Colas U; Euphalt U in druge).

Trajanje razpada je tako odmerjeno, da do ločitve bitumena in vode pride malo pred uporabo. Tudi ob slabem vremenu se to zgodi v malo urah.

Nestabilne emulzije se v glavnem uporabljajo za površinske obdelave in krpanja.

b) polstabilne (počasi razpadajoče) emulzije nosijo črko H (Colas H in druge).

One se celo dajo mešati z zdrobom do 2 mm debeline zrna, ki je prost prahu.

Zmes je uporabna za popravljajna dela ter za zasute plašče. Vskladiščenje je mogoče samo omejeno. Pritisnjenje zmesi z valjarjem se sme izvršiti šele, ko se prične razpad (počrnitev).

c) stabilne (zelo počasi razpadajoče) emulzije s črko S (Colas S in druge).

Se morejo dobro mešati tudi z zdrobom do najdrobnejših velikosti zrna, torej tudi s kameno moko in z zaprašenim kamenjem. Upotreba pri zamaltanju in popravih plaščev, ki so opusteli in postali razpokani, kakor tudi za izdvedbe gostih zapor por.

Zdrob se pred vgraditvijo mora nekoliko ovlažiti, zmes se mora mešati toliko časa, da je dosežena enakomerna barva.

6. Hladni bitumen (Euphaltol in drugi)

Vežilo na osnovi bitumena, ki se vsled odgovarjajočih topil more vgrajevati v hladnem stanju. Je pri vskladiščenju dolgo časa obstojno in se more vgrajevati ob lahki zmrzali. Euphaltol se dobro poveže z mineralnimi snovmi, celo če so vlažne. Pride v poštev za izvedbo krpanj.

Približno praktično pravilo: 6 vedrov zdroba 5/12
3 vedre zdroba 2/8
1 vedro zdroba 0,6/2
1 vedro euphaltola

Mešani bitumeni (Shellmac, Ebanol in drugi)

so vezila, ki imajo za osnovo bitumen, kateremu so primešana lahka olja, da se lažje dajo vgrajevati. Viskoznost odgovarja približno oni katrana 80/125.

So odlično uporabljiva za pripravo zmesi v velikih mešalnih napravah. Kamenje, ki naj se vgrajuje, mora biti suho in predhodno segreto.

Zmes z mešanim bitumenom se vgrajuje hladna in topla. Brž ko vreme postane hladnejše, sicer lahko pride do tvorbe kep. V hladnejši letni dobi se zato priporoča vroča vgraditev. Mešani bitumen se more uporabljati za vse načine gradnje plaščev.

Strani 114 - 162

Gradnja in vzdrževanje

s peskom zaplavljenih drobljenčevih

plaščev

Za to obstoje navodila (24), ki se nanašajo na občinske, poljedelske in gozdne ceste.

Navodila so sledeča:

Opomnik

za gradnjo in vzdrževanje s peskom zaplavljenih plaščev od drobljenca v podeželski gradnji cest

Obdelava od maja 1959.

I. Določitev pojma in uporabno področje

II. Gradbena izvedba

a) Predpogoji

b) Gradiva od kamenin, njihova kakovost in preiz-

kušnja

c) Potrebna orodja in stroji

d) Delovni postopek

III. Nega in vzdrževanje

I. Določitev pojma in uporabno področje

Plašč od drobljenca, zaplavljen s peskom, imenovan tudi "z vodo povezan" plašč od drobljenca, valjan plašč od drobljenca ali šosiran plašč, sestoji iz dovolj debelega sloja drob-

nega drobljenca (zrnavost med 30 in 70 mm) iz prirodne kameni-
ne, ki se trdno zvalja in zaplavi s peskovitim, glino vsebujo-
čim polnilom in ponovno dodatno zvalja.

Ta plašč vozišča se more položiti, odvisno od razmer
v temeljnem tlu, brez ali s spodnjim ustrojem (spodnjim nosil-
nim slojem).

S peskom zaplavljeni plašč od drobljenca se more v
podeželski gradnji cest ekonomično uporabiti pri dnevnih pro-
metnih obtežbah do 1000 t, pritiskih posameznih osov in do 5 t
ter prometnih hitrostih ne preko 50 km/uro.

II. Gradbena izvedba.

a) Predpogoji

1. Nosilno temeljno tlo in spodnji ustroj

Na mestu pričujoče mešanice gramoza in peska predstavl-
jajo vedno nosilno tlo; njega je samo potrebno s srednje tež-
kim valjarjem dovesti na povišano nosilnost. Nato se more nepo-
sredno navaljati približno 10 cm debeli plašč od drobljenca,
zaplavljen s peskom.

Ako je pričujoče vezljivo tlo in obstoji zavestna odpo-
ved zavarovanju proti zmrzali, ker se ob času tajanja promet mo-
re popolnoma odvrniti od podeželske ceste, potem se more na te-
meljno tlo, ki je predhodno zgoščeno z ustreznimi orodji na pred-
pisano mero - dovolj je debelina sloja 25 cm - položiti 5 cm de-
bel sloj čistoče od gramoza in enkrat presejanega zdroba (5/25mm)
in na tega 10 cm debel plašč od gramoza. Bolje pa je, ako se na
temeljnem tlu zgradi spodnji ustroj. Ako je v bližini gradbišča
na razpolago primeren lomljen kamen, more spodnji ustroj sestaja-
ti iz 20 cm debele podloge, stavljene ročno, pri čem se lomljeni

kamen (največja temeljna površina približno 25 x 12 cm), s konico navzgor, eden poleg drugega navpično postavljen, s kamniti drobeci zagozdi, popeska in zvalja. Namesto stavljenе podloge se tudi v gradnji podeželskih cest v novejšem času z uspehom uporablja približno 15 cm debel sloj drobljenca 35/55/75 mm (približno 260 kg/m²) ali plavžna troska, v katero se tako dolgo vtresa polnilno zrno med 0,6 in 8 mm, da nastane gost sloj z malo praznin (preostali prazen prostor ne večji od 15 %). Na teh dveh vrstah spodnjega ustroja zadostuje plašč drobljenca, zaplavljen s peskom, debeline 8 cm (približno 140 kg/m²).

2. Zadostno odvodnjevanje

Na odvodnjevanje kakor temeljnega tla, tako tudi plašča vozišča se morajo staviti visoke zahteve. Že posteljica naj bi se zato izgotovila samo z delnim izkopom in istočasno napolnitvijo banketov, s čim se cesta zaradi boljšega odvodnjenja dvigne nad teren. Strešni profil zemeljskega planuma dobi obojestranski prečni nagib 5-6 %.

Stranske odvodnjevalne naprave (jarki, podolžni dreni) so neizogibno potrebni. Za hiter odvod površinske vode more na podeželskih cestah plašč vozišča od drobljenca dobiti obojestranski prečni nagib 3-4 %. Pri močnem podolžnem padcu se ta mera more zmanjšati.

3. Zavarovanje proti zmrzali

Ako se zahteva zavarovanje proti zmrzali, se mora pri vseh vezljivih tleh, pri katerih je ugotovljen večji od 10 % delež zrnivosti tla pod 0,02 mm, vgraditi zavarovalni sloj proti zmrzali. Sloji proti zmrzali obstoje iz materiala, ki ni nevaren za zmrzal, n.pr. troska, gramoz, sipina iz kamnolomov, pesek z neenakomerno zrnovostjo (mešanice zdroba - drobljenega peska približno 5/25 mm). Kot debelina zavarovanja proti zmrzali v gradnji podeželskih cest zadostuje 25 do 40 cm. Varovalni sloji pro-

ti zmrzali naj bodo priključeni s približno 5 % padca na obcestne jarke ali na podolžni ponikovalni vod pod dnom jarka.

b) Gradiva od kamenin, njihova kakovost in preizkušnja

Ker tvorijo prevozni stroški zelo bistven del cen kamna na gradbišču, se morajo glede njihove uporabljivosti najprej preizkati nahajališča kamenin v bližini uporabnega mesta. Pri tem je treba predvsem upoštevati, kako se vrste kamenin dajo obdelovati in kako se bodo predvidoma obnesle kot cestni plašč pod prometom.

Za podeželsko gradnjo cest se morejo v zapadnonemškem področju smatrati kot uporabne sledeče kamenine:

1. Globočnine:

Granit, diorit, gabro, sienit. Ležišča predvsem v področjih: Pfalz, Schwarzwald, Odenwald, Bayerischer Wald, Fichtelgebirge, Oberpfalz, Spessart, Harz.

2. Starejše prodornine:

Kremenčev porfir, porfir, melafir, diabas. Ležišča predvsem v področjih: Baden, Pfalz, Saar-Nahegebiet, vzhodni Westerwald, Sauerland, Frankenwald, Harz.

3. Mlajše prodornine brez kremenca:

Bazalt, bazaltna lava, fonolit. Ležišča predvsem v področjih: Siebengebirge, Westerwald, niederhessisches Bergland, Siegerland, Vogelsberg, Kaiserstuhl, Eifel, Rhön, Solling.

4. Sedimentne kamenine:

Kvarcit, droba, gnajs, skrilaški kremenec, apnenec. Ležišča: Taunus in Hunsrück (kvarcit in droba), Bergisches Land und Hardtwald (droba), Oberpfalz (gnajs), Harz (droba, gnajs in skrilaški kremenec), Franken, Schwaben (Jura-apnenec, školjčni apnenec), Alpe (apnenec).

5. Troska plavžev in metalnih topilnic; lomljeni najdenci.

Najbrščekamenine kot n.pr. granit in bazalt so za cestogradnjo najpovoljnejše.

Diabas, melafir, diorit, kremenčev porfir, kvarcit in droba so sicer manj trdi, toda za ceste s slabim in večinoma lahkim prometom zelo uporabljivi. Plašči s temi kameninami stvarjajo pri svoji obrabi pod prometom obrusne drobne snovi (peske), ki površino dodatno napolnjujejo.

Plašči od panenca - praviloma od tršega Jura-apanenca- imajo prednost, da so za vprešno živino zelo prijetni, ker varujejo kopita in parklje.

Drobljenec naj bo lomljen kolikor mogoče kockasto, ker je potem dano najboljše poročstvo za gosto zložitev, dobro vpeto-st in strižno trdnost. Ploščato in šilasto lomljeno kamenje se v cestnem plašču ne zloži tako lepo in trdno skupaj. V prejšnjih časih največkrat izvajani ročni tolk je dobavljal bolj kockast drobljenec kot strojna drobitev. Vendar pa z naraščajočim izboljšanjem drobilnih naprav ta razlika čedalje bolj izginja. Po izkušnjah je priporočljivo, uporabljati mešanico drobljenca, z velikostmi zrna, ki so tesno ena poleg druge. S tem preprečijo razmešanja med grobejšimi in manj grobimi zrnovostmi. Tudi se taka mešanica da enakomernejše vgraditi, bolje vpeti in zgostiti.

Ako pride v poštev preizkušnja kamenine, naj se pritegne "Opomnik o preizkušnji in oceni naravnih kamenin za cesto-gradnjo" (Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen e. V.).

c) Potreba na orodju in strojih

Planirana gosenica, grejder ali mehanično razdelilno orodje za razprostiranje drobljenca.

Voz za škropljenje vode.

Statični valjar (parni valjar na 3 kolesa mora imeti zadnjo osovino s premičnim ležajem). Da bi se preprečilo potiskanje nasutih, naj parni in motorni valjarji bodo opremljeni z lahkim vzratnim hodom (reverzijski valjar).

Vibracijski valjar ali najbolje kombinirani in statični valjar.

Cestni rijač.

Prevozna drobilna naprava, ako se na mestu uporabe najdena uporabna kamenina mora drobiti.

d) Delovni postopek

Plašč od drobljenca, zaplavljen s peskom se v podeželski cestogradnji more odmeriti z debelino 8-10 cm (to je 140 do 160 kg gramoz na 1 m²). Priporočljiva je velikost drobljenčevega zrna 35/55 mm. Drobljenec naj sestoji iz kolikor mogoče enako velikih, čokatih in ostrorobatih kosov s hrapavo površino.

Vgraditev plaščev od drobljenca predpostavlja izurjeno moštvo. Drobljenec se vgradi v količini, ki je zadostna, da se po zgostitvi dobi predpisana slojna debelina. V nobenem primeru naj se drobljenec ne vnese v cestni plašč z razvlečenjem dopeljanih in zvrnjenih kupov. Marveč naj se, da bi se preprečilo razmešanje, nanese z mehaničnimi razdelilnimi orodji ali pa, kjer to ni mogoče, ročno z vilami za gramoz ali z lopatami. Višina sloja in enakomerna razdelitev drobljenca po zaželenem

profilu se mora tekoče preverjati. Neenakomernosti se morajo z vilami za drobljenec ali z grabljami izravnati.

Ako se drobljenec nanese v predebelih slojih, obstoji nevarnost neenakomerne zgostitve v toliko, da se drobljenec od valjarja odtisne in s tem zrahlja.

Po nanosu prične prva stopnja trdnega uvaljanja suhega nasutja od obeh robov vozišča. Pri tem naj zunanja kolesa valjarja prekrijejo plast drobljenca in sosedni banket. Uvaljanje cestnega robu naj se izvrši do njegove stabilnosti, predno se obdeluje daljnji del vozišča. Posamezne valjarjeve sledi naj pri tem polagoma napredujejo do sredine ceste, pri čem naj vsaka sled najmanj do polovice še teče po predhodni valjarjevi sledi. Na odsekih ceste z enostranskim prečnim nagibom naj se po uvaljanju cestnih robov valjanje izvede od nižje ležeče strani proti višji, namesto od cestnih robov proti cestni sredini.

Tudi dalje dovaljanje in trdno uvaljanje naj se nadaljuje tako dolgo, da plašč pod valjarjem "stoji". Svariti pa se mora pred predolgim valjanjem. Naj se ne zastopa mnenje, da bi se sloj drobljenca moral valjati tako dolgo, da bi se praznihe zaprle vsled zdrobitve drobljenca. Taki plašči so "zavaljani" in imajo manjšo odpornost.

Čim je dosežena maksimalna vpetost suhega gramoznega plašča, se nanese vezljivo polnilo v tankih plasteh in z metlami vmete v vmesne prostore sloja drobljenca. Nanos in vmetanje suhega polnila, pri istočasnem valjanju plašča, naj se nadaljuje tako dolgo, da od tega v suhem stanju drobljenec ne sprejme nobene daljnje količine več. Dodatno naj se nato nanese že tanek sloj od približno 1 cm. Nato naj se plašč zmoči z vodo, pri čem se voz za vodo pelje pred valjarjem. Mokro, drobnozrnato polnilo naj se prav tako z metlami enakomerno vmete, da se vsede v preostale vmesne prostore drobljenca. Nanese naj se daljnje

polnilo, zmoči z vodo, da se na cesti stvari zaplaka, ki se od valjarja kot val potiska naprej in se pri tem dalje vlaga v vmesne prostore drobljenca.

Ako se med deli temeljno tlo ceste preveč premoči, razmehča in popusti, plašč drobljenca izgubi na nosilnosti in se pri valjanju v njem oblikujejo valovi, je treba z valjanjem prenehati in pustiti, da se cesta najprej sesuši, predno se z zaplavljenjem in valjanjem spet prične. V naslednjih dneh po izgotovitvi je treba plašč valjati še dodatno. V tem naj se nadaljuje tako dolgo, kot je za doseg brezpogojno trdno ležečega plašča drobljenca potrebno. Za zaključek se zaplavljeni plašč nalahko posuje z nekaj zdroba in peska (približno 10 kg/m² zadostuje). Dobro je, ako se plašč more sesušiti in postati trdnejši, predno se prepusti prometu.

Izbor prikladnega polnila je važen za uspeh zgostitve valjanega plašča od drobljenca. Na žalost često obstoji potreba, iz razlogov varževanja stroškov, da se polnilo vzame iz krajevnih nahajališč, tudi če ta niso popolnoma primerna.

Najbolj primeren je železo vsebujoč droben kremenov pesek. Tudi apnenčev zdrob in apnenčev pesek se je dobro obnesel. Šipina iz skrilavčevih jam ali kamnolomov je tudi uporabljiva. Brezpogojno je potrebno, da polnilo "zaplavlja" in kot tenko blač to kolikor mogoče globoko prodre v praznine plašča. Ako je na razpolago samo čisti pesek, se mora dodati vezljiva snov, ki vsebuje ilovico ali glino.

Izdelava valjanega plašča od drobljenca naj se izvrši, če le mogoče, ne kasneje kot v mesecu septembru, da se gre v zimo z dobro sesušenim in uvoženim plaščem. Potem zmrzal ne more napraviti nobene škode. Izvedba plaščev od drobljenca, zaplavljenih s peskom, pozimi, ni priporočljiva.

Za zgostitev sloja drobljenca so najbolj prikladni srednje teški valjarji od 10 do največ 15 t težine. Pri posebno nosilnem temeljnem tlu in uporabi drobljenca iz zelo trde kamenine, se morejo vključiti tudi valjarji 18 t težine. Računa se v splošnem za obdelavo 10 t drobljenca z vključitvijo ene ure valjanja. Pri dnevno 12 urnem valjanju zadostuje zato en valjar za zgotovitev pribl. 1000 m² plašča od drobljenca, ki je zaplavljen s peskom. Ob prizadevanju, da se dosežejo večji učinki, je treba vključiti več valjarjev.

Ker se na podeželskih cestah praviloma vozi samo z malo hitrostjo, posebna zaščita proti prahu na plašču od drobljenca, ki je zaplavljen s peskom - morda z bituminozno površinsko obdelavo - ni brezpogojno potrebna. Ako bi enkrat pri dolgo trajajoči suši, bila potrebna zaščita proti prašine, zadostuje neznatna količina (nekako 20 gr/m²) soli (n.pr. kuhinjske soli, živinske soli, karnalita), ki se more nanesti z mehničnimi posipnimi orodji. Vsako posipno orodje za gnojila je za to uporabno.

Tudi na ravnost vozišča, v podeželski gradnji cest, zaradi malih vozni hitrosti, ni potrebno stavljeni nobenih visokih zahtev.

III. Negovanje in vzdrževanje

Tekoče in skrbno vzdrževanje se izplačajo vedno. En cestar more okroglo 10 km cestne dolžine držati v redu .

Material za krpanje (drobljenec, zdrob, pesek, vezljive snovi) se mora imeti pripravljen na banketih ali na posebnih skladiščih. Glavne okvare na enostavnih plaščih od drobljenca sestojijo v tvorbi drobljenca, ki se kotali, kolesnic, kotanj in

udarnih jam. Posebno pri daljši suši se polnilo izmede. Plašč postane hrapav; spoj med drobljencem se zrahlja (tvorba drobljenca, ki se kotali). Tako daleč, ako le mogoče, ne sme priti. Čim hrapavost plašča postane sumljiva, se mora posuti ustrezno vezljivo polnilo spet za zavarovanje plašča. Ta vezila morajo vedno ležati pripravljena, ako se ne morejo vsekakor iz bližnjih mest pridobivanja hitro dobaviti. Kotanje in udarne jame v nosilnem sloju, ki sicer še dobro leži v profilu in je še dovolj debel, se morejo ustrezno popraviti. Robovi kotanj se pred napolnitvijo in phanjem materiala za krpljenje izseka-jo ostrorobato. Ako je plašč drobljenca poškodovan in izvožen v večjem obsegu, je namesto ročnega dela potrebno krpalno valjanje ali novo prekritje. V ta namen se mora stari drobljenčev plašč z rijačem razriti, še uporabni kameni material odsejati in med dodatkom potrebnega novega materiala na drobljencu, pesku itd, navaljati nov, pravilnemu profilu odgovarajoč plašč.

Naposled je neizogibno potrebno tekoče vzdrževanje vseh naprav za odvodnjavanje (razporkov v banketu, jarkov in cevnih vodov vsake vrste).

Pri pravilni oskrbi in upoštevanju prednjih smernic, more življenska doba plašča od drobljenca, ki je zaplavljen s peskom, v podeželski gradnji cest trajati 8 do 10 let. Pri spremembi prometa je stopnjevana okrepitev z bituminoznimi prekrivalnimi sloji vsekakor mogoča.

Nasute ceste, zgoščene s tresalcem

Za to učvrstitev obstoje navodila (25), ki se nanašajo na občinske, poljedelske in gozdne ceste.

Navodila so sledeča:

Opomnik za nasute ceste, zgoščene s tresalcem.

Obdelava od maja 1959.

1. Določitev pojma
2. Uporabno področje
3. Odvodnjevanje in zaščita proti zmrzali
4. Gradiva
5. Gradbena izvedba
6. Vzdrževanje

1. Določitev pojma

Nasute poti, zgoščene s tresalcem, se zgrade iz ene ali iz več nasutih plasti krajevnih ali ne na licu mesta ne pričujočih gradiv, ki pa se morejo dopeljati na lice mesta z ugodnimi voznimi stroški (naravno kamenje, troske, gramoz). V večini slučajev sestojijo iz nesortiranih in neenakomerno zrnatih zmesi, pri katerih se z tresilnim učinkom povzroči gosta skladnost. Z vtrenjenjem naravnega peska, drobljenega peska, gramoznega peska in zdroba se more nosilna sposobnost povišati in otežati vzdigovanje vezljivih zemljinskih delov v nosilni sloj.

Nasute ceste, ki niso zgoščene s tresilnimi orodji, tu niso obravnavane.

2. Uporabno področje

2.1 Eno ali večslojne, s tresalci zgoščene ceste predstavljajo najenostavnejši način učvrstitve cest. Uporabljajo se v glavnem za podeželske gospodarske ceste z malimi širinami (v

pravilu 3,0 m).

S tresalci zgoščene nasute ceste zadostujejo pri malih prometnih gostotah do 20 km/h. Enoslojne ceste so naklonjene tvorbi valov, večslojne imajo večjo ravnost in nosilno sposobnost. Kot obrabni sloj, kakor tudi za vzdrževanje, zadostuje često posutje od peska ali zdroba.

S tresalci zgoščene nasute ceste imajo zadostno nosilnost, toda samo majhno strižno in obrabno trdnost. Pri intenzivnem poljedelstvu, pri vzponih 5% in več, v ozkih krivinah, na zelo obremenjenih križiščih in cestnih odcepih je potrebna učinkovita zaščita.

2.2 S tresalci zgoščeni sloji se morejo graditi tudi kot spodnji ustroj za druge plašče.

3. Odvodnjevanje in zaščita proti zmrzali

3.1 Nosilna sposobnost cestne učvrstitve se poveča, ako se izboljša nosilna sposobnost temeljnega tla. K temu pripomorejo odvodnjevanja s cestnimi stranskimi jarki in z rigolami v cestnem trupu, posebno, ako se mora vršiti promet v času odtajevanja ali pri močnem premočenju temeljnega tla.

Ako je potrebno, se mora preskrbeti za daljnje ureditve odvodnjevanja.

3.2 Glede na visoke stroške, ki nastanejo in na malo prometno gostoto, se vgraditev zaščitnih slojev proti zmrzali (20 - 40 cm) more zagovarjati samo izjemoma.

Čestokrat je ekonomičneje, da se nastale okvare popolnijo s krajevnimi ustreznimi gradivi in pokvarjena cesta položi višje.

Sloji čistoče (5-10 cm) na neugodnem temeljnem tlu naj bi se nanесли samo, ako so ustrezna gradiva na razpolago ne predrago.

4. Gradiva

4.1 Načelno veljajo pripombe k poglavju II.b) "Opomnika za gradnjo in vzdrževanje s peskom zaplavljenih plaščev od drobljenca v podeželski cestogradnji" Družbe za cestogradnje.

Poleg tamkaj navedenih gradiv se morejo pri cestah, ki se zgoščujejo s tresalci, uporabljati manj trde in manj obstojne kamenine, celo ako nimajo po predpisih drobljenih zrnivosti in oblik. Posebno pri enoslojnih uvrstitvah in spodnjih nosilnih slojih se morejo uporabljati manj vredne kamenine, kot se n.pr. dobe v izsipališčih.

V enoslojnih uvrstitvah ali spodnjih nosilnih slojih se praviloma vgrade nerazbrane zmesi z zrnom med 40 in 200 mm gradiv, ki so na razpolago. V nerazbranih dobavah gradiva se morajo pri vgraditvi vsi grobi kosi preko 200 mm dolžine robov, zdrobiti, v kolikor se ne uporabljajo kot robniki.

V kolikor se vgrajuje razbrano kamenje, se smotrno izbere za spodnje nosilne sloje zrnivosti 35/65 mm^x, za enoslojne uvrstitve 35/55 mm oziroma 35/65 mm.

Približno ugodno stopnjevanje zmesi gramoza in peska se morejo za slab lahek promet v spodnjih nosilnih slojih vgraditi enoslojno.

4.2 Pri večslojnem načinu izgradnje naj zgornji nosilni sloj sestoji iz trdega drobljenca. Glede na priložnostno nastopajoče strižne obremenitve naj se izbere kolikor mogoča velika zrnovitost drobljenca.

Za izpolnjenje praznin v nasutih slojih, naj se uporablja za polnilo pesek, gramoz ali zdrob s čim boljšo razdelitvijo zrna, tako da more priti do čim popolnejšega zapolnjenja. Vezljivi sestavni deli niso zaželeni.

^x) Vsi podatki se nanašajo na sita s kvadratičnimi odprtini.

Pokrivalni sloj naj bo smotrno iz ostrožrnatega gradiva. Lahko vezljivi sestavni deli do 5% morejo biti vsebovani.

4.3 Ako je pod nasuto cesto, ki je zgoščena s tresalcem, potreben izravnalni sloj, se morejo zanj vgraditi:

gramozi ali peski v svoji naravni sestavi iz naravnih gramoznic,

krajevno pričujoče ali na razpolago stoječe kamenine ali troske, gradiva, ki so predvidena za spodnji nosilni sloj.

4.4 Navedba in prevzem količin gradiv po težini, pri pretežni uporabi krajevnih snovi, nista vedno ekonomična. Zato se smotrno predvidi na gradbišču izmera in obračunavanje po prostornini. Razlika med prostorninsko mero nekega gradiva v transportni posodi na gradbišču ter v zgoščenem stanju se mora tekoče ugotavljati na licu mesta. Približno se more računati z razliko lo do 20% prostorninske mere v transportni posodi.

5. Gradbena izvedba

5.1 Izdelava zemeljskega planuma

Teme ceste mora, v kolikor ni cestnih jarkov ali tam, kjer se ne more izvesti kakšno drugačno odvodnjenje, biti najmanj 10 cm, pri enostransko nagnjenih cestah pa spodnji cestni rob najmanj 6 cm nad terenom.

Za dosego planirane cestne površine se mora osnovati ustrezaajoč zemeljski planum (zemeljska posteljica) s strešnim ali enostransko nagnjenim profilom.

Pred izdelavo profila zemeljskega planuma se mora v močno vezljivih in močno humoznih zemljinah odstraniti rodovitna humozna zemlja v sloju debeline 10-20 cm. V kolikor rodovitna humozna zemlja ni potrebna za povišanje stranskih trakov (pan-

kotov), naj se ga uporabi za zapolnitev odpadajočih poti ali podobno ali pa odloži ob strani. Iz ekonomskih razlogov se mnogokrat odstranitev rodovitne humozne zemlje ne more zagovarjati.

To more biti slučaj:

pri nasipih,
pri izenačenih^{x)} in pri cestah v zaseku,
v pretežno nerodovitnih in na tleh, ki niso nosilna,
pri majhni debelini rodovitne humozne zemlje,
zaradi zelo majhne prometne gostote,
pri popolnem mirovanju prometa v dobi tajanja.

V teh primerih se površina vozišča mora očistiti od slehernega porasta (vključno ruše). Grez naj se odstrani. Z izvzetjem zemlje na obeh straneh ploskve vozišča se mora pridobiti toliko zemlje, kolikor jo je potrebno za povišanje stranskih trakov (profiliranje).

Puščanje rodovitne humozne zemlje pod učvrstilnimi sloji dovede eventualno do sesedanj in s tem do povečanih vzdrževalnih del.

Malo nosilna temeljna tla naj se izboljšajo z zgostitvijo, z dodajanjem manjkajočih velikosti zrna ali z dodatkom apna (glej Začasni opomnik za utrditev zemljin z apnom).

Planum s pravilnim profilom se mora s kakim primernim zgostilnim orodjem - ustrezno važnosti ceste - zgostiti. Za to se smotrno uporabljajo:

Tresilni ali valjarji z gladkimi valji pri zrnatih zemljinah, ježi pri vezljivih zemljinah z zmerno vsebino vlage in valjarji z gumijastimi kolesi pri vezljivih zemljinah z višjo vsebino vode.

x) izenačene ceste = pri katerih je v istem prečnem profilu masa ukopa enaka masi nasipa

Z zgostitvijo temeljnega tla nastane več ali manj nosilen planum za sprejem učvrščenega sloja. Po zgostitvi naj zemeljski planum ima ravnost 5 cm pod 4 m dolgo letvo v vseh smereh.

5.2 Izravnalni sloji naj se vgrade s čim manj praznin in dobro zgoste, da morejo učinkovati hkrati kot nosilni sloj. V to svrhu naj se po lahki zgostitvi izravnalnega sloja posuje in vtrese suho, ne vezljivo polnilno zrno. Pri skupnih debelinah nosilnega in izravnalnega sloja 30 cm in manj, se more zapolnitev in zgostitev izvršiti v enem delovnem poteku s tresilnimi orodji.

Po zgostitvi je potrebna ravnost izravnalnega sloja 5 cm pod 4 m dolgo letvo.

5.3 Debeline plaščev

Pri enoslojnih učvrstitvah zadostuje na ugodnem temeljnem tlu debelina nosilnega sloja 15 cm, pri neugodnem temeljnem tlu debelina 20 ali 25 cm. Debelina se meri v zapolnjenem in zgoščenem stanju. Pri večslojnih učvrstitvah se na spodnji nosilni sloj (debeline 15 ali 20 cm) nanese zgornji nosilni sloj v približno 1 1/2 kratni debelini najdebelejšega zrna, v pravilu 8 cm, tako da nastanejo plašči od 23 do 28 cm debelih s tresalci zgoščenih kamnitih plasti.

5.4 Enoslojne nasute ceste

Za enoslojne učvrstitve se praviloma uporabljajo nerazbrana gradiva. Pri tem se s pridom najbolj grobo kamenje odbere in uporabi za robnike, ki prevzemajo in razdeljujejo stranske pritiske, ki delujejo samo priložnostno.

Ob vgraditvi nerazbranega gradiva naj bi se, za dosego ugodne ravnosti, grobejši sestavni deli izvilali in vgradili v

najspodnje sloje. Na grobo se posujejo manjši sestavni deli. Nato se izvrši pritisnjenje vgrajenega sloja z gladkim valjarjem 6-10 t teže ali tresilnim valjarjem najmanj 1,3 teže pri mali frekvenci. Neravnosti, ki so ostale, se izravnaajo s posutjem gradiv. Nato se sloj zgosti z tresilnimi valjarji z visoko frekvenco (kakih 3-4 hoda valjarja) ali z gladkimi valjarji (kakih 6-8 hodov valjarja) od strani k sredini, do stabilnosti, pri enostransko nagnjenih plaščih od spodaj navzgor. Praznine, ki so ostale, se popolnijo z vtresenjem nevezljivega polnila, kot naravnega ali drobljenega peska 0/5 mm do 0/8 mm ali zdroba 2/5/8 mm. Za to se potrebujejo količine 10 - 30 težinskih odstotkov vgrajenih količin gradiv. Zaplavljena polnila naj bi, glede na možno razmehčanje temeljnega tla izostala.

Ker tresilni valjarji najzgorne sloje ne zgoste popolnoma, je potrebno zaključno, najmanj dvakratno povaljanje z gladkim valjarjem 6-10 t ali z valjarjem z gumijastimi kolesi 8-9 t.

V kolikor imenovani nosilni sloj, kot enoslojna učvrstitev, zadostuje, on prejme kakšna 2-3 cm debel pokrivalni sloj od ostrorobega peska, gramoznega peska 0/3 - 0/18 mm, drobljenega peska 0/3/5 mm ali zdrobov 2/5/8 mm. Potrebna je ravnost 3 cm pod 4 m dolgo letvo. Ta način gradnje je uporabljiv pri nasutih plaščih do 30 cm skupne debeline.

Mehanična razdelitev gradiv s planirnimi gosenicami itd. naj bi izostala, razen če gre za nekako enakomerno sestavljene zmesi z največjim zrnom ne preko 150 mm.

Ako manjkajo robniki, potem se pred vgraditvijo morajo napraviti dobro zgoščeni robni trakovi.

5.5 Večslojne nasute ceste

5.51 Na enoslojno učvrstitev z nasutjem, ki je opisa-

na pod 5.4 (brez obrabnega sloja), se more nanesti sloj od razbranega drobljenca zrnivosti 35/55 mm ali 35/65 mm ali pri plavžni troski 45/65 mm, kot zgornji nosilni sloj. To se izvrši smotrno s kakim razdelilnim orodjem. Potrebno je 100 - 140 kg/m² ki dajo zgoščen sloj kakih 6-8 cm. Enakomerno razdeljen drobljenec se z enim hodom valjarja nalahko pritisne, pri čem se mesta z napako popravijo. Za zgostitev do stabilnosti se uporabljajo gladki valjarji 6-lo t težine. Dela se od obeh strani. Nato se praznine zapolnijo z nevezljivim, čim bolj suhim polnilom. To se med nepretrganim posipanjem v tankih plasteh, vgradi s tresilnimi orodji do popolne zapolnitve sloja od drobljenca. Zaključno se učvrstilni sloj dvakrat povalja z gladkim valjarjem 6-lo t težine in dobi pokrivalni sloj kakih 2-3 cm debeline, kot je opisano pod 5.4. Pri večslojnih plaščih naj robniki omejujejo tudi zgornje nosilne plasti, ki sestojijo iz razbranih zrnivosti. Robniki se zato morejo postaviti tudi v več plasteh eni na druge.

5.52 Večslojne nasute ceste se morejo graditi tudi na sledeči način:

Gradiva spodnje plasti se izvilajo, kakor je opisano v 5.4, vgrade in nalahko pritisnejo, pri čemer se popravijo neravnosti v profilu. Na tako izgotovljeni sloj se v neposredni navezavi vgradi sloj drobljenca v potrebni debelini, pritisne in izravna, kot je opisano pod 5.51. Nato se med stalnim izravananjem sloja drobljenca, oba nosilna sloja zgostita v enem delovnem poteku, do stabilnosti, z tresilnimi valjarji najmanj 1.3 t težine (kakih 3-5 hodov valjarja) ali s primernimi tresilnimi plaščami (kaka 2 prehoša). Naposled se zgornji sloj zgosti z gladkim valjarjem 6-lo t težine. Po zgostitvi se preostale praznine nosilnih slojev, med stalnim posipanjem suhega, nevezljivega polnila, zapolnijo z vtresenjem (glej 5.51), dokler glave

drobljenca niso dobro uvezane. Zaključno se plašč povalja v najmanj 2 hodih z gladkim valjarjem in nanese pokrivalni sloj, kot je opisano pod 5.4 .

5.6 Bituminozni obrabni sloji

V kolikor naj se na nasute plašče, ki so zgoščeni s tresalcem, nanese bituminozni površinski zaščitni sloji ali preprožne obloge, se pri gradbenem postopku, ki je opisan pod 5.5, zgoščeni zgornji sloj - nosilni zapolni samo do pod vrh zgornjih drobljenčevih glav.

O nanašanju bituminoznih preprog in površinskih zaščitnih slojev, vsebuje podatke "Opomnik za cestne učvrstitve z bituminoznimi vezili". Ta dela se morajo zaradi znatne nevarnosti zamazanja navezati neposredno.

5.7 Robni trakovi

Robni trakovi (banketi) so praviloma neučvrščeni. Zgrade se z nasutjem zemlje do višine vozišča in lahko povaljajo. Za zanesljivo odvodnjevanje dobe prečni padec 4-6% navzven.

6. Vzdrževanje

S tresalci zgoščene nasute ceste zahtevajo tekoče vzdrževanje . Stranski cestni jarki, propusti in siceršnje odvodnjevalne naprave se morajo periodično čistiti, da voda more odtekati neovirano. Za pospešeno odvajanje površinske vode, se visoko na - rasli stranski trakovi morajo odstraniti. Hitri odvod površinske vode se pospešuje tudi z odvodnjevalnimi razporki, ki se v kratkih razmakih vkopljejo v robne trakove.

Sorazmerno obremenitvi po prometu ali po površinski vodi, naj se, najmanj polletno (pred zimo in po zimi), pokrivalni sloj obnovi s posutjem naravnega peska, zmesi gramoza in peska 0/8 mm ali 0/12 mm ali zdroba 2/5 mm ali drobljenega peska.

Pri malo uporabljenih cestah se morejo udarne jame popraviti na ta način, da se okvarjena mesta, po pazljivem očiščenju od greza, vode, dračja itd., napolnijo z stopnjevanimi zmesmi od gramoza, peska, zdroba ali drobljenca, z zmešanjem z lahko vezljivim naravnim ali drobljenim peskom, trdno sphajo ali zvaljajo.

Za popravilo z bituminozno zmesjo velja Opomnik za cesteⁿ učvrstitve z bituminoznimi vezili. Strokovno izvedena bituminozna popravila drže dlje in morejo služiti polagoma kot priprava za nanos bituminoznega zaščitnega sloja.

Preprostejši način gradnje nasutih cest, ki se prakticira v avstrijski Štajerski.

V okolici Graza sem imel l. 1957 priložnost videti preprostejši način gradnje nasutih gozdnih cest. Gradi jih tako "Deželna zbornica za poljedelstvo in gozdarstvo Štajerska", s sedežem v Grazu.

Preprostost obstoji v tem, da zrnavost uporabljenega drobljenca ne odgovarja točno optimumu, ki bi bil primeren za optimalno zgostitev. Zgradita se 2 sloja, spodnji iz drobljenca, zgornji iz zdroba. Mesto drobljenca se more uporabljati gramoz. Rečeno pa mi je, da se more ta način gradnje smatrati začasnim in da se bo v prihodnosti pričelo z natančnejšim preiskavanjem materiala ter da se bo s primešanjem manjkajočega zrna skušalo zrnavost izboljšati, kjer bo to potrebno.

Spodnji sloj se nasuje v višini 20 cm, ki po zgostitvi ima debelino 15 cm. Najdebelejši kamen v spodnjem sloju ne sme biti debelejši od $1/3$ debeline sloja. Nato pride tanek sloj zdroba.

Ako se pripeljani drobljenec nasuje po surovem planumu v podolžnih redovcih, se razgrnitev vrši eventuelno z grejderjem.

Bistvo postopka sestoji v tem, da se material zgosti z vibratorjem. Najprej spodnji sloj, nato pa s samo enim hodom vibratorja še zgornji sloj.

Surovi planum se zgradi s planirno gosenico in mu se daje širina od 3,0 do 6,0 m. Planirna gosenica je težka 18 t. in se z njeno uporabo že mimogrede doseže tudi zgostitev spodnjega ustroja.

Travna ruša se ne odstrani.

Širina učvrstitve znaša 3,0 m. Na levi in desni strani ostane pas neposutega planuma.

Pri srečanju se more prazni kamion izogniti na dolinsko stran na neposuti planum, a polni na gorsko stran na neposuti planum, ker se jarki praviloma ne grade. Do pada 8 % more biti jarek, preko tega pa dražniki. Teoretično se more kamion na gorski strani približati do samega pobočja, na dolinski strani pa 0,5 - 1,0 m. daleč od roba ceste. Pešec se pri srečanju s kamionom more umakniti na dolinsko stran.

Prečni pad je proti pobočju in sicer 4 %.

Podolžni nagib je do 10 %, dovoljeno pa je tudi do 12 %, izjemoma 13 %, a tudi 14 in 15 %. Protivzponi morejo biti do 10 %.

Voda počne kopati pri 5 % pada. Dražniki trajajo 10 let. Kolikor večji je pad, toliko gostejša je razporeditev dražnikov. Pri 13 % leže n.pr. na vsakih 30 m.

Stroški za gradnjo takih cest znašajo $1/3$ ali celo $1/4$ stroškov za ceste s stavljeno podlogo.

Priobčujem pet svojih posnetkov raznih odsekov ene in iste ceste ("Oblak"), ki je zgrajena na zgoraj opisani način. To so posnetki 4 na str. 137, 5 na str. 137, 6 na str. 138, 7 na str. 139, in 8 na str. 139. Iz posnetkov se sicer ne vidi bogve kaj, vendar pa to, da je cestišče široko in vozišče gladko.

Dobljeni podatki za to cesto:

Pri gradnji sta uporabljena planirna gosenica in grejder.

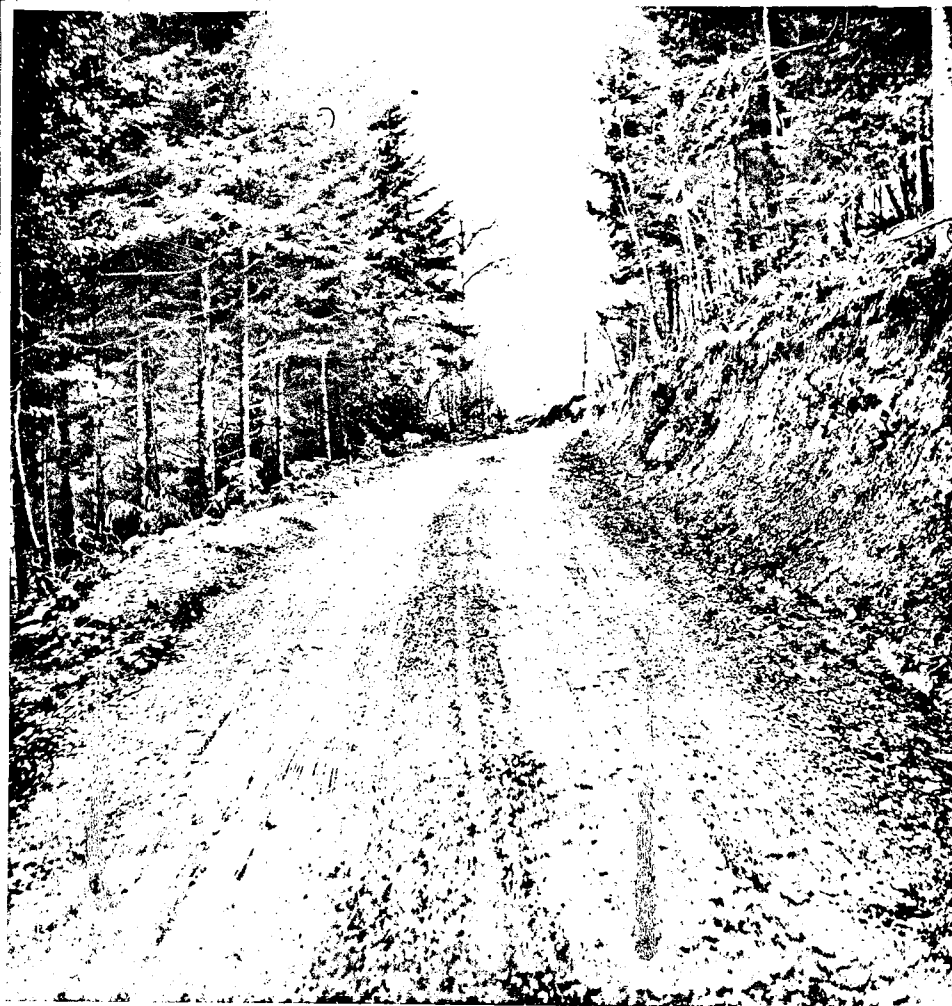
Zgornji ustroj obstoji v zgoščenem stanju iz 15 cm visoke plasti mešanega drobljenca, nad njim je droben material (zdrob). Zgornji ustroj je zbit z vibratorjem.

Največji podolžni nagib ceste je 13 %. Cesta je sposobna za promet vsakega kamiona.

Cesta ima jarek in propuste. Jarek najeda voda. Saj do 8 % nagiba more obstojati jarek, nad tem nagibom pa morajo biti zgrajeni dražniki.



5



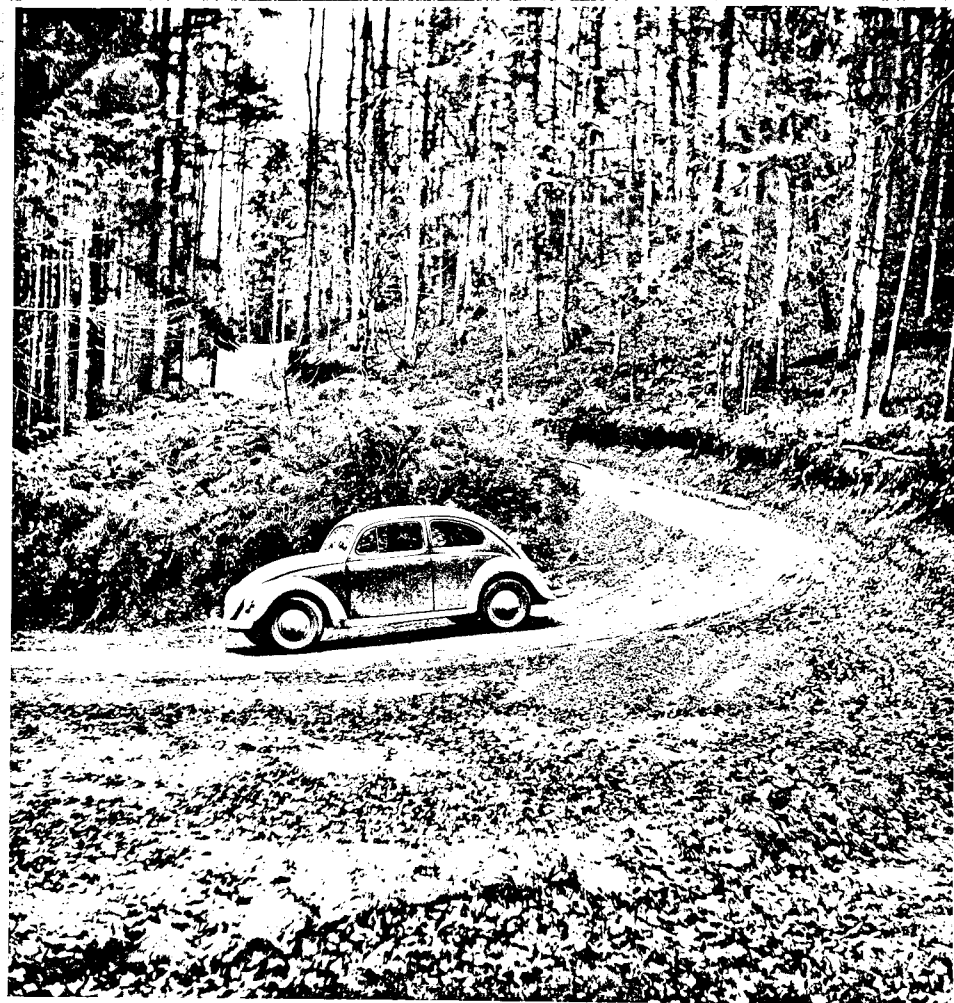
4



6



8



7

Razne vrste utrjenih (stabiliziranih) vozišč

Glede splošnega in preglednega prikaza uporabljivosti utrditve zemljin za gozdne ceste, se naslanjam na razpravi (1) in (11). Izvlečka iz teh razprav vključujem v tole razpravo samo zato, ker sta jih sestavila dva gozdarska strokovnjaka.

Osnova za gradnjo utrjenih vozišč pa morajo biti smernice za posamezne vrste utrditev, ki so v tejle razpravi obravnavane in ki jih je izdala "Forschungsgesellschaft".

Te smernice so z razpravami (1) in (11) samo v neznatni meri izpopolnjene.

Razprava (1) se nanaša na gozdne in poljedelske ceste, a razprava (11) samo na gozdne ceste.

Iz opisa utrditve cest, kakor jih izvaja Nižje - avstrijska deželna poljedelska zbornica (1) povzemam spodaj navedene podatke.

+ Obstoječe metode utrditve .

Utrjena vozišča se grade in vzdržujejo strojno. Pri tem je mogoče, da je utrditev samo mehanična, t.j. brez posebnih vezil, ali pa se zemljina zlepi s posebnimi vezili. Razen tega je mogoče, da se utrdi samo zemljina iz same trase, ali pa da se gradivo pripelje od drugod. (1) Zadržujem to razdelitev nespremenjeno; kasneje, pri opisu mehanične utrditve^{pa} bom, po drugem viru, navedel še lepšo razdelitev mogočih postopkov. + Ako se utrdi samo zemljina iz same trase, se to imenuje čista utrditev. Povedo, kjer je to mogoče, se stremi za tem, da se izvaja čista utrditev. Skoraj vsako zemljino je mogoče utrditi, ako ne vsebuje zrna pre-

ko 60 mm debeline. Mogoče bi bilo, da se z grabljami, ki so montirane na grejder 10 - 12 t težine in katerih zobje imajo pri prvem hođu razmak 120 mm, pri drugem pa 60 mm, a dolžino zob 200 mm, odstrani vse debelejša zrna nad 60 mm.

Pri mehanični utrditvi mora zrnastost odgovarjati Fullerjevi krivulji, (ki je približno enaka paraboli), pri tem najdebelejša zrna ne smejo biti večja od 60 do 70 mm.

Utrditve s kemičnimi vezili more biti:

- 1) z apnom (drobno mletim, žganim ali hidratiziranim apnom),
- 2) s cementom ali pektakretnim cementom,
- 3) z bitumenskimi vezili (hladnim bitumenom ali hladnim katranom, bitumenskim ali katranskim emulzijom ali vročim katranom) (1).

Pri tem pripominjam, da neki avtorji zgoraj imenovana vezila štejejo v kemične stabilizatorje, drugi pa ne. Ti drugi med kemične stabilizatorje štejejo samo vezila, ki jih bome kasneje naštel pri opisu mehanične utrditve. To so vezila, ki se eventualno samo v majhni količini dodajo zemljini, tako da se te vrste utrditev kljub tem vezilom, še vedno imenuje mehanična utrditev. Vsaj po viru, katerega se držim pri opisu mehanične utrditve. (kasneje).

+ Po možnosti naj nosilni sloj vozišča bo obenem tudi obrabni plašč. Saj obremenitev podeželskih cest je zelo majhna in temu primerno majhna je tudi mehanična obraba.

Razne vrste mehanične utrditve se morejo priporočati samo v specialnih primerih, kadar se gradivo, ki odgovarja Fullerjevi krivulji, nahaja na sami trasi ali v njeni bližini. Tudi mehanično utrjene ceste pri podolžnem nagibu večjem od 6%, prej ali slej pokazujejo erozijske poškodbe od vode.

Uporaba apna ne pride v poštev, ker so na utrditvi z apnom potrebni dragi obrabni plašči. Ako so pa obrabni sloji samo mehanično utrjeni, podleže pri nagibih nad 6% isti eroziji po vodi, kot obrabni plašč na podlogah od nasutega kamenja ali na drugih podlogah.

Pri uporabi cementa so glede tehnike dela težave v toliko, da je mogoče, da nenadno deževje uniči cement, ki je po trasi že razdeljen v vrečah. Razen tega je s cementom utrjen nosilni sloj naklonjen tvorbi razpok, ki so toliko močnejše, kolikor več cementa je po prostorninski edinici primešano. Zato mora nosilni sloj, utrjen s cementom, kot pri apnu, biti zavarovan z dragim obrabnim slojem.

Pektakretni cement ima lastnost, da pred in po vezavi odbija vodo. Nevarnost, da bi se, ako je v vrečah porazdeljen po trasi, vsled dežja pokvaril, ne obstoji celo pri dolgem ležanju na prostem. Tudi po vezavi pektakretni cement odbija vodo. Tudi ni naklonjen stvarjanju razpok. Je pa zelo drag; je dražji od vročega katrana. Razen tega so nosilni sloji, zgrajeni s cementom ali pektakretnim cementom, na površini tako gladki, da se po njih ne more voziti ob vsakem vremenu. Dodatna hrapava prevleka je draga. Zaenkrat je zato tudi uporaba pektakretnega cementa še nemogoča.

Bitumenska vezila se morejo uporabljati na več načinov. Pri emulzijah je več kot polovica vezila voda oziroma tekač emulgator in pri gradnji se pride v zadrego, da je potrebna optimalna vlaga mešanice zemljine in vezila prekoračena. Te vrste nosilni sloji potrebujejo čestokrat tedne ali celo mesece, da postanejo trdni in da se po njih more dovoliti vožnja. Ako se uporablja vroč katan, ki vsebuje samo pribl. 10% hlapljivih snovi, zato pa mora biti vgrajen pri pribl. 110° C, se dobe nosilne plasti, ki se pri normalnih vremenskih razmerah že v par dnevih popolnoma trdne in

ki ostanejo kljub svoji trdnosti gibke. Do razpok ne pride ali samo začasno, a te se pod vplivom obtežbe koles spet zapro. Male spremembe v planumu spodnjega ustroja prenesejo katranski nosilni sloji tudi brez razpok. Odvisno od vrste gradiva, ki naj se zmeša v največ slučajih ne bo potrebno, katranske nosilne sloje prevleči s posebnim obrabnim plaščem.

Prednost utrditve zemljin

Stari načini gradnje (nasuta pođloga z obrabnim plaščem).	Novi načini (utrditev = stabilizacija)
---	--

A. Gradbena dela za 1 km

	ni dana	je dana
1. Možnost uporabe zemljine, ki leži na trasi		
2. Gradbeni čas za izgotovitev učvrstitve trase	3 do 4 tedne	3 do 4 dni
3. Število delavcev za navadna težaška dela in poraba časa za taka dela	6 do 12 delavcev 3 do 4 tedne	nobeni taki delavci
4. Transporti gradiva na gradbišče in na gradbišču	3000 do 4000 t	45 do 60 t
5. Stalen nadzor strojev in orodja, ki se uporabljajo pri delu	ni mogoč, ker niso vsi stroji in orodje stalno na gradbišču	vsi stroji so v obzorju gradbenega vodje na gradbišču
6. Neodvisnost od vremena	ne obstoji, ker nastanejo nepredvideni večji stroški tako pri ustavitvi dela, kakor tudi pri nadaljevanju dela ob slabem vremenu	obstoji, ker se delo vsekdar, ne da bi nastali večji stroški, more ustaviti.

B. Mehanika tal

1. Obseg zračnih por je bistveno zmanjšan	40% do 50%	5% do 10%
2. Propustrost za vodo	popolnoma propustni	skoraj nepropustni
3. Nevarnost zmrzlinjskih dvigov	srednje velika do velika	nobena
4. Tvorba ledenih leč	povzročajo nevarnost	ni nevarna
5. Odpor proti eroziji po vodi	malenkosten	popoln
6. Obrabna trdnost	zelo majhna	zelo velika

C. Siceršnje značilnosti

1. Vsi stroji delajo tesno navezani eden za drugim, tako da pred prvim orodjem leži še neobdelana trasa, dočim je trasa za poslednjim orodjem že zgotovljena in po malem številu dni že popolnoma sposobna za vožnjo.
2. Primerjava stroškov pokaže, da je utrditev cenejša.
3. Vzdrževanje tras, ki so zgrajene z metodami utrditve, je lahko, hitro, ceneno in se more izvajati z malim številom delavcev.

Negativne strani utrditve zemljin.

1. Letni učinek kompletne garniture strojev za utrditev, upoštevajoč vse posebnosti in težave gradnje podeželskih cest, je predvidoma okrog 100 000 m². Teoretično bi pri 170 delovnih dnevih (od 1. aprila do 31. oktobra) bil mogoč površinski učinek 150 000 m², kar odgovarja pri 3 m širokem vozišču, dolžini 50 km ceste. Zaenkrat ni še nobenihkušenj o stvarnih letnih učinkih, toda najbrže bi bilo zelo težko, doseči učinke preko 100 000 m² letno.
2. Za izvedbo del je potrebno uvežbano moštvo specialistov, ki ni

kar tako brez daljega na razpolago.

3. Odgovorni inženjer, kateremu je izvedba poverjena, mora področje dela obvladati popolnoma in se za to vrsto del tudi posebno zanimati.
4. Potreba, da se mora uporabljati relativno obsežen in zelo drag strojni park, dopušča zaključek, da se naročila za izvršitev del te vrste morejo predajati samo na kapitalno močne specialne firme.

Osnovanje zglednih odsekov cest.

Ker je za izvedbo utrjevalnih del potreben zelo obsežen in drag strojni park, zaenkrat ne bo mogoče hoteti taka dela izvajati v lastni režiji. V Avstriji obstoji ta čas samo ena edina firma, ki razpolaga s takimi kompletnimi garniturami strojev in sicer ima za izvedbo utrjevalnih del z najrazličnejšimi vezili, vključno vročega katrana, dve garnituri Howard.

Predno naj bi se pričelo z utrjevalnimi deli v večjem obsegu, so 1.1961 v južnem delu Spodnje Avstrije osnovane štiri z gledni odseki.

Pri tem se ima namero proučevati pocenitev dela, ako se gradbišča primerno arondirajo, način dela na trasah na pobočjih z mnogimi serpentinami ter odvod površinskih vod. Pri tem so tla na zglednih trasah zelo različna in tudi od drugod pripeljani dodatki so se razlikovali ekstremno.

1. zgledna cesta: dolžina 1 km, 6 serpentin, na pobočju; širina ceste 3,5 m; 820 m^l katran 80/125, 240 m^l pektakretni cement; dopeljani material kopani pesek (0/3 mm);

2. zgledna cesta: dolžina 1 km; širina ceste 3,0 do 3,5 m; 1085 m^l katran 80/125; dopeljani material kopani pesek (0/3 mm);

3. zgleđna cesta: dolžina 1,9 km; širina ceste 3,5 m; 1875 m¹ katran 80/125; dopeljšani material gramoz; dodatno približno 650 m¹ obrabni sloj iz zdroba (5/8);

4. zgleđna cesta: dolžina 0,9 km; širina ceste 3,5 m; 559 m¹ katran 40/70, 191 m¹ pektakretni cement, 211 m¹ cement PZ 275; pas fliša, melj z 90% delcev pod 0,06 mm.

Pri posebnem upoštevanju okolnosti, da pri novih gradbenih metodah utrditve, za graditelja cest tako neprijetna pojava stalne vodne erozije na trasah, ki imajo padec čez 6%, v veliki meri stopi v ozadje, ne bo problem odvajanja vode več tako težko rešljiv kot do sedaj. Z uporabo vezil pri utrditvi se namreč ne samo spreči erozija, temveč nosilni sloj sam leži kot izolacijski sloj na planumu spodnjega ustroja, tako da površinska voda ne more pronicati skozi nosilni plašč, da bi premočila spodnji ustroj. Na ta način se zato obstoječa nosilna sposobnost surove trase, ki večinoma obstoji, pod utrjenim nosilnim slojem tudi stvarno ohrani, kar ni slučaj pri vseh gradbenih načinih, ki imajo za vodo propustne nosilne in obrabne sloje.

Za neškodljivi odvod površinske vode se je na zgleđnih odsekih gradil pultni prečni profil, nagnjen proti dolini z 2%. Jarek na zgornji strani cest se ni gradil. Tudi voda iz polje - delskih površin, ki priteka preko pobočja na zgornji strani, se vsled malo proti dolini nagnjene površine vozišča, v malih količinah preko cele površine, neškodljivo odvede. Razume pa se, da se pri serpentinah mora zgraditi potrebno nadvišenje krivine. Na ta način nastali nagib trase proti zgornji strani, se na koncu krivine smotrno previje na dolžini 10 m v nagib proti dolini.

Ker je surovi planum vsekakor širši od vozišča, ki naj se utrdi, je potrebno, da od spodnjega robu utrjene površine dalje cesta ima nagib 10 - 15%, da bi voda od utrjene površine preko neutrjenega materiala, ki ima večjo stopnjo hrapavosti, mogla

odtekati.

Kondenzacijska voda na spodnjem robu nosilnega sloja ter kapilarna voda se ne pojavlja v taki količini, da bi nastopilo temeljito razmehčanje planuma spodnjega ustroja. Tam, kjer seže gladina talne vode preblizu spodnjega robu nosilnega sloja, tako da se pojavlja v veliki množini kapilarna voda, kar more zlasti pri taki nevarni tvorbi ledenih leč povzročiti težke poškodbe na nosilnem sloju, se mora z drenažo na gorski strani prekiniti oziroma znižati tok talne vode.

Zmrzalni dvigi, kot se jih opaža vsako leto zlasti na okrajnih in deželnih cestah starejšega načina gradnje, se morejo nastopiti na utrjenih odsekih, ker imajo ti nosilni plašči zelo malo praznin in so zgoščeni v visoki meri.

Gostota prometa na podeželskih cestah je čisto tako majhna, da ni potrebno utrjeni nosilni plašč iz razloga prometne gostote zavarovati še s posebnim obrabnim slojem.

Dosedanje skušnje pri gradnji zglednih odsekov cest.

Odseki se glede njihovega stanja pregledujejo vsak mesec, posebno natančno za časa nevarnega razdobja menjanja zmrzovanja in tajanja spomladi.

V posameznostih so se dobile že sledeče skušnje:

Cesta 1.

Kamenje, debelejšje od 60 mm, se brezpogojno mora odstraniti s trase, ker ovira enakomerno zmešanje zemljine z vezilom. V okrožju nekaj kvadratnih metrov okrog enega samega velikega kamna se sicer pojavi izpiranje nosilnega sloja.

Stiki med posameznimi delovnimi trakovi stroja za zmal-

tanje morajo biti točno iznivelirani in se morajo tesno prilegati eden na drugega. Nadvišenje krivin naj ne bo pod 4%, ravno zaradi odvoda vode.

Priključek pobočij na dolinski strani na rob utrjenih nosilnih plaščev mora biti tako zgrajen, da je brzina odtekajoče vode enako velika, bolje pa še večja kot na samem nosilnem plašču. Voda se namreč sicer zaustavlja natančno na stiku med utrjenim in neutrjenim materialom in povzroča tam razdružitev spoja zrn z nato sledečo tvorbo reže. V to režo ob nosilnem sloju pride potem čedalje več vode, tako da pobočja na dolinski strani vsled nagomilanja vode zdrse navzdol.

Ako so na trasi zelo visoki in mnogi nasipi (gradnja serpentini), je brezpogojno potrebno, vključiti gotov čas za sesedenje v zemeljskih gmotah. Popravilo nosilnih plaščev, ki so razpokali vsled sesedanja planuma spodnjega ustroja, zahteva mnogo časa in je zapleteno.

Cesta 2.

Spodnji del te ceste, ki meji na zvezno cesto, je utrjen s katranom zaradi stalne nevarnosti poplave. Ni obstojala možnost, da se trase prestavi tako visoko, da bi bila varna pred poplavo. Že sedaj se vidi, ko so traso zajeli močni nalivi, da je ta odločitev bila pravilna in da je uspeh dosežen. Surova trasa tega odseka je bila dvakrat zaporedoma opustošena od težkih neviht.

Cesta 3.

Ta cesta nima nobenih nagibov in je bila grajena z razmeroma debelo-zrnatim gramozom. Kljub uporabi vročega katrana v pravilnem razmerju, so na površini nastale luknjice. Dodatni nasip z zdrobom se je pa vendar izkazal kot gotov luksuz. Za zapečatenje por bi se moralo nad takimi nosilnimi sloji nanesti katranska zaplaka. Zdrob, ki se na javnih cestah s prometom uvalja,

obleži na podeželskih cestah nespojen.

Cesta 4.

Težke meljaste zemljine v pasu fliša, se morajo obdelavati ob ugodnem vremenu, ker se morejo utrditi neposredno z vezilom, brez dodatkov. Stroji se torej morajo vključiti v ugodnem trenutku ne glede na transportne stroške. Ako so meljaste zemljine premočene, je skoraj nemogoče izvajati utrjevalna dela. Mora pa se ugotoviti, da predstavlja ravno pri meljastih zemljiščih metoda utrditve, edino rentabilno tehniko dela. Tudi pektakretni cement je dobro uporaben pri teh tleh. Normalni cement prikazuje pri daljšem trajajočem delovanju vode deloma razkrojilne pojave.

Možnost voženja je po dosedanjih skušnjah dana tudi pozimi, ako na nosilnih slojih ne nastopi izrazita poledica. Sloj snega v gotovih mejah ne ovira prometa. Tu se je pokazala razlika med cementnimi in katranskimi nosilnimi plašči v tem smislu, da so pri temperaturah okrog 0° cementna vozišča preje naklonjena tvorbi poledice kot katranska vozišča. Nevarnost, da bi vozila zaradi 2% pultnega nagiba proti dolini zdrsela z vozišča, ne obstoji, saj so vzdolžni nagibi znatno višji, a pri poledici vozila itak sploh ne morejo voziti.

Izredno močan padec temperature od 14. na 15. dec. 1961 ko je temperatura padla od $+13^{\circ}$ v toku 24 ur na -17° C, so vse zglede ceste prenesle brez kakršnekoli škode.

V prednjih izvajanjih je prikazano sedanje stanje praktične možnosti uporabe utrjevalnih metod na podeželskih cestah v širokem obsegu. Naj se pa ta izvajanja ne razumejo pogrešno v tem smislu, da obstoji namera, prej ali slej na vseh gradbiščih uvajati te metode. Na marsikakšnem gradbišču bo tudi v bodoče ravno tako smotrno možno graditi po starih metodah (1).

Drugi prikaz splošnega oziroma preglednega značaja utrjevalnih metod uporabljenih na gozdnih cestah, dajem iz vira (11).
Dajem pa iz obsežnega detajlnega opisa samo glavne značilnosti.

+ O izvršenih utrjevalnih delih se zato more dati pregledno poročilo, ker je 60% utrjenih cest izdržalo 2 zimi, 25% tri, a ostanek eno zimo, pri večkratni menjavi maza in pri polni pripustitvi prometa za časa zime in pomladi.

Izkušnje v organizacijskem pogledu .

Temeljito predplaniranje in priprava del je najvažnejši pogoj za dober potek utrjevalnih del večjega obsega, ki se da gospodarsko zagovarjati. Početi je treba z inventariziranjem obstoječih cest, ki se vpišejo v karte. Temu sledi plan izgradnje glede na nujnost novih gradenj, k čemu spada v gozdarstvu običajni ekonomski račun. Ko je ugotovljen obseg planiranih gradbenih del, je treba vzeti vzorce zemljine iz predvidenih odsekov novih tras in iz mest, ki pridejo v poštev za pridobivanje prikladnih dodatkov (n.pr. pesek pri vezljivih tleh in nasprotno). Ti vzorci se preizkusijo v laboratoriju glede zrnivosti, vsebine vode itd. Zavisno od izsledkov teh preizkušenj se odredi vrsta utrditve in gradbeni plan; sestavijo se pogoji za razpis gradbenih del.

Ta preizkušnja povzroči prve stroške, ki sicer niso zelo visoki, ako se ne gre za izrecne poizkusne gradnje, kot je to bilo v slučajih, ki jih opisujemo. V predračunu jih je pa vsekakor treba upoštevati. Važna je natančna preizkava v laboratoriju; ona sploh ne more nikdar biti preveč pažljiva in natančna.

Ugotoviti je tudi treba, ali v bližini gradbenega območja še kaki drugi interesenti imajo namen vršiti slična gradbena dela večjega obsega. Z njimi je treba stopiti v stik, da bi se z

večjim obsegom enakih namer, z menjajočo vključitvijo strojev in s skupnim dovozom materiala doseglo znižanje stroškov. Tudi pri planiranju v lastnem področju je treba gledati na to, da je za stroje, ki delajo hitro, n.pr. za motorni grejder, ki pri delih malih razmer (1 do 3 km), često in daljši čas stoje, kar povzroča zelo visoke stroške, na razpolago še kako drugo delo, ki ni povezano z njihovo glavno zaposlitvijo.

Najvišje načelo pri planiranju mora biti: pazljiva in temeljita izvršitev vseh planskih predel, tudi če odvzame veliko časa; moderni gradbeni stroji delajo tako hitro, da nikdar ni porabljen preveč časa za pripravljanje njihove vključitve.

Posamezni načini dela

Mehanična utrditev bo glede svoje tehnične izvedbe in ekonomičnosti vedno stala na prvem mestu vseh postopkov utrjevanja. Ako je v Heilsbronn kot samostalen način gradnje stopila nekoliko v ozadje je to vsled tega, ker so številne mehanične utrditve zaradi preizkušanja dalje dopolnjeване z drugimi utrjevalnimi načini (apno, katran cement). Mehanična utrditev izpolnjuje vse predpostavke, ki se od nekega modernega načina gradnje za gospodarske ceste brez pregostega in prehitrega prometa morejo pričakovati: hitra obdelava dolgih odsekov s stroji, cenen dodatni material, ki se največkrat more pridobiti v neposredni bližini gradbišča in razmeroma nizki gradbeni stroški. Ako se osnovna pravila mehanike tal natančno upoštevajo in nadzorujejo (laboratorij na gradbišču, CM-orodje in precizna tehtnica za merjenje vsebine vode), se dobi presenetljiva zmožnost obremenitve mehanično utrjenih cest.

Ako so mehanične utrditve bile s težkim prometom močnejše obremenjene, so dobile dobro stopnjevan 2 cm debeli obrabni

plašč od peska, z zrnastostjo o/3 ali o/6 mm. Ako se je šlo za kako posebno važno gozdno cesto z zelo visokimi obremenitvami je nanešen na mehanično stabilizacijo v uvaljanem stanju 8 - 12 mm debel, dobro stopnjevan plašč od gramoza 0/40 mm, pri čemer so se dosegli po zgostitvi z vibrirajočimi valjarjem ξ - moduli 750 - 780 kg/cm².

Z utrditvijo z apnom so doseženi sledeči rezultati:

Odsek z zelo plastično ilovnato zemljino je najprej mehanično utrjen s peskom. Nato je z grejderjem in dvema rezkal-cema primešan apneni hidrat in sicer v enem primeru 3,5 a v drugem 7 težinskih %. Pred primešanjem apna je zemljina imela še večje ali manjše ilovnate leče in kepe, ki pri mehnični utrditvi z grejderjem niso mogle biti popolnoma odstranjene. Učinek apna je bil, kljub še ne zelo popolni mešanici z malimi rezkarji, prese- netljiv: še obstoječe ilovnate leče so razpadle že po malo urah, plastičnost se je zmanjšala zelo pomembno. Odsek se je bistveno zboljšal in je postal v pravem pomenu besede stabilen.

V daljem poteku preizkuševalnih del so izvršena še mno- ge utrditve z apnenim hidratom z različno visokim dodatkom apna. V skoraj vseh slučajih je apno izpolnilo nanj stavljen pričakova- nja. Kasnejša uporaba Seaman - Pulvi - Mixerja in pa pri vsakem novem odseku rastoče izkušnje na gradbišču so povzročile, da so utrditve z apnom postale čedalje boljše. One so grajene kot pod- laga za primešanje katrana in cementa ter so dobile enostavne ob- rabne plašče 2 cm debeline, zrna 0/6 mm ali pa, na važnih odsekih 10 - 15 cm debel, z vibrovaljarjem zgoščen plašč drobljenca 0/40 mm. Vedno so doseženi uporabljivi rezultati. Meritve z obtežilno ploš- čo: utrditev z apnom s 4 težinskimi %, zemljina močno meljasta - glinasta, primešanje peska z 2 cm debelim obrabnim plaščem, ξ - modul = 495 kg/cm²; utrditev meljasta - ilovnato - peščene zemlji-

ne, s 3 težinskimi % apna ter z 0/40 mm slojem drobljenca $E = 619 \text{ kg/cm}^2$ na sloju utrjenim z apnom; $E = 878 \text{ kg/cm}^2$ na sloju drobljenca.

Še ne dovršeni poskusi se vrše na zelo meljasti in vezljivi zemljini na ta način, da se ne primeša pesek, namesto tega pa se poveča delež apnenega hidrata na 6 težinskih %. Na to pridejo razni obrabni plašči in sloji (o/6, o/12 in o/40 mešanica pesek - zdrob/drobljenec v debelini 2-10 cm). Ako bodo ti poskusi uspeli, bi se stroški gradnje pocenili bistveno, ker bi odpadli stroški za dodatek peska in ker bi bila zaposlitev strojev zmanjšana.

Neokreten je bil do sedaj način nanašanja apnenega hidrata na odseke. V vrečah prispelo apno je moralo biti razloženo in razdeljeno ročno. To je jemalo mnogo časa in je zahtevalo mnogo dela. Poskusi z dodajanjem apna v obliki apnenega mleka, kot se to prakticira v Ameriki, niso uspeli, ker je talna vlaga skoraj povsod bila previsoka. Razprostiranje z navadnimi trosilci gnojil je otežano vsled majhne prostornine teh orodij. Neposredno posipanje iz silosnih transportnih vozov je komaj izvedljivo, ako ti vozovi nimajo posebne naprave za posipanje. Ako se apno izpihuje s puhalom silosnega voza, se preveč apna zgubi z razpihovanjem; razen tega so ti vozovi za ozke gozdne ceste šestokrat preneokretni. Moralo bi se zato še delati na razvoju primernega orodja za razprostiranje apna.

Utrditev s katranom po primešanju apna je preizkušena na raznih tipih cest. V odsekih iz melja-ilovice-peska, utrjenih z apnom, je primešano 3-8% težinskih % katranske emulzije (65% ne, viskoznost 250/500, VFT) in na enem odseku 4,3 težinskih % hladni katran Viafix - K (VAT). Dobili so se E-moduli od 260 do 548, povprečno 453 kg/cm^2 za odseke s katransko emulzijo in 607 kg/cm^2

za poskus s hladnim katranom. Prve utrditve s katranom (vmešavanje s Sea-Pulvi-Mixerjem, zgostitev z valjarjem z gumijastimi kolesi) so preko zime ležale odprte in so deloma bile pripuščene prometu. Samo na odprto ležečih površinah so se pojavile malenkostne oddrgnitve delcev, vsebujočih katran in apno, ki zaenkrat niso vplivale na nosilnost odsekov, ki pa bi morda pri večletnem odprtem ležanju povzročile pojave razkroja nesilne plasti. Zato so vse utrditve s katranom dobile 2 cm debel obrabni sloj mešanice peska 0/6 mm, ki so se v sledečih dveh zimah zelo obnesle.

Poleg vmešanja katrana v odseki utrjene z apnom, so izvršene tudi utrditve s katranom brez apna na dveh odsekih z meljasto-vezljivimi zemljinami 65% na emulzija (V/T) je bila vnešena v učvrstitve melja - ilovice peska na običajen način (3-6 težinskih %) in po odprtem ležanju v prvi zimi, pokrite z obrabnim plaščem (debeline 2 cm). Stanje teh katranskih odsekov brez apna se v prvih dveh zimah ni razlikovalo bistveno od onih z apnom (v drugi zimi so bile izpostavljene močnem prometu). Samo na kraju tretje zime, brez bistvenega prometa, so se pojavile na enem odseku podolžne razpoke, ki pa so se po malo tednih spet zaprle. More se smatrati, da se te razpoke pri močnem prometu ne bi pojavile. Ali in v koliki meri je male poškodbe povzročevalo manjkanje apna, se mora šele raziskovati. Meritve z obtežilno ploščo v prošlih letih so pokazale na obeh katranskih odsekih brez apna Σ -module 543 in 548 kg/cm².

Dve utrditvi s cementom sta izvršeni na utrditvah melj-glina - pesek-apno (3%) oziroma melj-glina-pesek (brez apna) in s portlandcementom (PZ 225) 5-7 oziroma 6-8 težinskih %. Cement je ročno nanešen v vrečah na ceste, ki so nekaj tednov preje bile utrjene z apnom in brez apna, z grejđerjem razprostrt in večkrat splužen v redovce, z mixerjem ob ustreznem dodajanju vode vmešan,

z valjarjem z gumijastimi kolesi zgoščen, z grejderjem profiliran in z gladkim valjarjem povaljan. Vse delo na 400 oziroma 530 m dolgih odsekih je bilo v 6 oziroma 7 urah izvršeno, od česar so 3 oziroma 4 ure morale biti porabljene na nepripraven dovoz cementa, na ročno razkladanje in na razvrstitev vreč. Globina vmešanja cementa je bila približno 15 cm, dosežena debelina cementnega nosilnega sloja 13 oz. 12 cm. Po vezavi je z enphaltidom S napršena bituminozna kožica za zaporo tankih razpok ter nanesen 2 cm o/6 mm obrabni plašč. Po obeh odsekih je dve zimi vožena debela deblovina, ne da so nastopile kake poškodbe. Ako se mehanična, oz. utrditev z apnom, pazljivo in dobro izvede, tako da pod slojem, ki je utrjen s cementom, ne nastopijo spremembe oblike, bi najbrže utrditev s cementom tudi z nekaj manjšim dodatkom cementa bila vsekdar ekonomsko upravičen način gradnje, ki se odlikuje s hitrostjo dela.

Ni se dobro obnesel 0/6 mm obrabni plašč na cementni utrditvi. Pesek se pri prometu kotali in brusi cement, ki se vsled tega močnejše obrabi; razen tega se s tem varovalna euphaltidna kožica hitro uniči.

Ker veliki stroji ne morejo, kar se širine tiče, delati na cm natančno, se lahko zgodi, da se predvidene delovne širine nekoliko prekoračijo. Ako obstoje dovolj široki banketi in koritnice oziroma kotanjasti jarki, nima to posebno hudih posledic; ako pa so banketi zelo ozki in ako se iz razlogov prostora ali odvodnjavanja morajo zadržati stari trapezni jarki, se pojavijo lahko poškodbe na robovih nosilne plasti, ki je utrjena s cementom, posebno ako je na robu nekoliko šibkejša kot proti sredini. Ako se notranje strani jarka pri prevozu lesa poškodujejo ter se na teh mestih ozki banket potisne v jarek, kar se pri nakladanju in odvažanju debelega lesa vedno znova dogaja, morejo poleg in pod skraj-

nimi robovi nosilnega sloja, ki je utrjen s cementom, lahko nastati praznine, valed česa se togi sloj pri primernem pritisku more odkrušiti in odlomiti. Proti temu pomaga samo takojšnje popravilo; še boljše je, ako se za stabilizacijo s cementom izberejo odseki, ki imajo dovolj široke bankete in sploščene jarke.

Za nanašanje cementa velja isto, kar je bilo rečeno pri utrditvi z apnom.

Eden od načinov gradnje, ki je bil omogočen vsled posebnosti obstoječe cestne mreže v enem večjem posameznem okrožju, je razgrinjanje peska s stopnjevano zrnavostjo na starih zemeljskih poteh. V tem okrožju so obstajale samo zemeljske poti, ki so večinoma bile dobro profilirane. Od pred leti so bile vzdrževane samo z enostavnim nanašanjem peska. Za vprežni izvoz lesa je to popolnoma zadostovalo, težka vozila v zadnjih letih pa so pretila, da bodo ceste razrušila. Obstoječa zemljina je peščena ilovica z visokimi deleži melja. Ceste so bile desetletja zgoščene^{va} s prometom. Pesek, ki je vedno nanovo nanašan za izboljšanje, je deloval kot slab nosilni sloj, ki sicer sedanji težak promet ni več izdržal, ki pa je vendar bil tako ugodno sestavljen, da je mogel biti zgrajevan dalje.

Preiskava zrnavosti kopanega peska, ki je krajevno bil na razpolago, je pokazala, da je debelina zrna posebno dobro stopnjevana. Predvsem je bilo najdrobnejšem zrnu primešano tudi grobo zrno do 6 mm (kremen). Pesek je nasut (pribl. 0.30 m³/tek.m), z grejderjem razdeljen in profiliran, pri čem so istočasno tudi jarki ponovno prevlečeni ter z valjarjem z gumijastimi kolesi na pribl. 6 do 8 cm zgoščeni. V tej spomladi so odseki dobili pribl. 3 cm debel obrabni plašč od 0/15 mm stopnjevano mešanice dolomitnega peska in zdroba. V tukajšnjem okolišju z njegovimi težkimi vezljivimi tlemi in z mnogimi, deloma zapletenimi poskusnimi odseki, je izgradnja nad 4 km dolžine ceste bilo enkratno srečno naključje,

ki pa dokazuje, da pri odgovarjajočih zemljinskih razmerah šestokrat za gozdarski obrat zadostuje najenostavnejši način gradnje.

Strojno zgrajene ceste od odpadnega kamenja in od drobljenca so grajene deloma zaradi preizkušnje, deloma zaradi vključitve strojev v menjavi s utrjevalnimi deli. Važna je bila dobra stopnjevanost zrna in pažljivo vibracijsko valjanje 0/40 mm gradiva. Danes bi se gradila mehanična utrditev namesto sloja odpadnega kamenja in na njo bi se položil 0/40 mm debeli sloj drobljenca. To bi bilo cenejše.

Omeniti se mora še strojna izgradnja zemeljskih poti, pri čem so bila to ali pripravljalna dela za bodoče utrditve, ali pa je bila izgradnja važnih prvoznih poti. Pri večjem programu utrjevalnih del se strojnih del te vrste ni mogoče odreči; prvič, ker omogočajo izmenično vključitev grejderja, a drugič, ker posebna izdelava jarkov bistveno olajša bodoča utrjevalna dela, ker povzroči izsušitev odnovnih odsekov.

Pozabiti se ne sme na obnovitvena popravila na starih zemeljskih poteh. Tudi če nimajo neposredne zveze z utrjevalnimi deli, so se vendar vršila povsod s stroji, v izmeni s temi deli. Počelo se je s poskusno vključitvijo motornega grejderja, pri čem so najprej predelani jarki in banketi. Kmalu se je pokazalo, kako hitro in s tem ceno je grejder opravil ta dela (do 2,5 km dnevno). Pri previdni vključitvi je mogel biti z uspehom uporabljen za profiliranje slabih plaščev od drobljenca (po razparanju) ter za razgrnitev nanovo namešenega materiala peska - zdroba - drobljenca, ki je nato bil uvaljan. Na ta način so bile v kratkem času z malimi stroški obnovljene deloma zelo poškodovane zemeljske poti.

Pri izvedbi zgoraj opisanih utrditev s stroji se je prišlo do še nekaterih omembe vrednih izkušenj; obseg vseh planiranih del v enem gradbenem območju naj znaša najmanj 3-10 km in

več gradbenih odsekov gozdarskih ali poljedelskih gospodarskih poti; 1 do 3 km so še znosni, pod 1 km pa so utrdilna dela neekonomična. V planiranje naj se vključijo tudi odseki, ki v trenutnem programu niso predvideni za takojšnjo popolno izgradnjo, temveč se bodo na njih vršila samo pripravljalna dela (izsušitev, izmenična vključitev strojev).

Stare in nove cestne trase naj bi se s posekom sestojnih robov, z grobim planiranjem z gosenico ter s temeljitim ovedenjenjem 1 do 3 leta pred utrditvijo razširile in pripravile.

V okviru ostalih del je najvažnejši ukrep pred gradnjo, med njo in po njej, odvodnjenje, predvsem v vezljivih tleh z zastajajočo vlago s slabim odtočnim padcem. Vsak dinar, ki se izda za odtočni padec, za drenašo in za jarko, se med gradbenimi deli mnogokratno povrne. Ali se je treba odločiti za stari trapezni jarek ali se mora napraviti biološki kotanjast ali koničast jarek, katerim je po možnosti dana prednost - stara izkušnja za gradnjo cest "voda mora s cestišča venkaj in če le mogoče tudi iz jarkov", velja za utrditve prav posebno.

Širina vozišča znaša tu 3,10 do 3,60 (povprečno 3,20) m, kar za gozdne gospodarske ceste zadostuje, čeprav je delovna širina gradbenih strojev na širših voziščih ekonomičnejša. Toda ne gradi se za stroje, temveč za izvoz lesa. Okretnost teh strojev in s tem ugodnejša gradbena hitrost se tudi doseže, ako skupna izsekana širina trase znaša 8 - 10 m in več. V tem primeru se morajo banke in jarki razširiti in se ti morejo, pri 5-6% prečnega padca ceste, končasti plitvo kot kotanjast ali koničasti jarki. Razen tega se pridobi prostor za odlaganje lesa, ki je že tako vedno pretesen. Izguba na gozdnih tleh se s temi prednostmi in z boljšimi možnostmi za izsušitev pri cestah spet izravna.

Tu se je, posebno pri koničastih in kotanjastih, a tudi

pri trapeznih jarkih, obnesla pokositev tudi notranjih strani, s kosilnim rezkarjem.

V tukajšnjem območju ni, kar je posebno ugodna okolnost, razen povsem kratkih javnih odsekov cest, po katerih se samo posamezno vrši lokalni poljedelski promet, nobenih javnih gozdnih cest, ki bi morale biti vzdrževane od gozdne uprave. Brzi promet odpade torej popolnoma. Zato tu gradnja črnih kolovozov ni bila potrebna. Samo na 2 kratkih poskusnih odsekih, na katerih so se vršili glavni poskusi za temperaturne meritve, se je uporabil katran na vozišču utrjenih cest. Naglasiti je treba, da vse utrjene ceste (razen onih s cementom), samo ob sebi razumljivo, morejo dobiti tudi črne plašče najrazličnejše vrste.

Na kratko je treba še zavzeti stališče glede vprašanja izvedbe del po gradbenih podjetjih ali v režiji. Tu, kjer vse utrjevalne gradnje izvodi gradbeno podjetje, je ob početku utrjevanj odločeno, da naj jih izvaja podjetje, ker uprava ni imela nobenih odgovarjajočih strojev in so takrat obstojale tudi samo neznatne izkušnje o novovrstnih gradbenih načinih. V toku gradbenih del se je izpostavilo, da je oddaja del na gradbeno podjetje bila pravilna. Ker se do takrat delo po podjetju v gozdnem obratu ni često prakticiralo, so se morale šele zbrati izkušnje, osebje od predelavca, preko sečnega mojstra, do okrajnega uradnika, se je moralo na to šele preusmeriti in prilagoditi. Kajti delo po podjetju, brez primerno natančnega gradbenega nadzora po upravi, je, naravno, napačno. Posebno vključitev strojev, dovoz gradiva, prevzem zgotovljenih odsekov in mnoga druga dela morajo tekoče biti preverjena in potrjena v gradbiščnih izkazih. Ni pravilno, ako se misli: podjetje gradi, od časa do časa se more ogledati interesantna dela, toda neposredno odgovoren se za to ni; nasprotno, na gradbišču se stalno mora preverjati, ali je zmes pravilna, ali je število strojnih delovnih potekov doseženo, ali obstoji optimalna vsebina vlage

in marsikaj drugega, tako da je osebje pri hitrem delovnem poteku bolj zavzeto kot pri dosedanjem starem načinu gradnje cest. Tudi danes bi se tu še vedno, potem ko je napravljenih dovolj izkušenj, odločili za podjetniško izvedbo, ako gre za večja dela. Režijsko delo bo prišlo v poštev za novogradnje manjšega obsega ter za vzdrževalna in obnovitvena dela, ako uprava razpolaga z odgovarjajočimi stroji in ako se njihovo vključevanje vodi dobro (11).

Najnovejše koncepcije in skušnje v reševanju problematike stabilizacije tla v ZDA

Glede mehanične stabilizacije obstoje popolnoma poznana in predpisana področja mehanično stabilnih mešavin za vse vrste materiala, ki se uporablja v mehanični stabilizaciji. Ti materiali izpolnjujejo osnovne pogoje stabilizacije, a to so visoka stopnja zbitosti, povečanje mehanične trdnosti, nosilnosti, nizka plastičnost ter inertnost proti menjanju vlažnosti in dejstvu mraza. V področjih, kjer tak material obstoja, se podlage najpogosteje grade od tega materiala z mehanično stabilizacijo, kot najekonomičnejšim načinom.

Glede mehanizacije z vezili, je treba razlikovati tri velika področja zemljin.

I. Področje peskov. Peski predstavljajo najzanesljivejši material za stabilizacijo. Neplastičnost tega materiala in manjša občutljivost proti spremembi vlažnosti in dejstvu mraza odgovarja pogojem za stabilizacijo. Povečanje mehanične trdnosti - nosilnosti je odvisno od količine dodajanja vezila oziroma od sestava zrnivosti materiala.

V reševanju stabilizacije peskov se prišlo že tako daleč, da so vprašanja v tem pogledu že toliko prečiščena, da so preizkušanja teh materialov reducirana na minimum.

Stabilizacija se vrši s cementom ali bitumenom.

II. Področje glin. To je področje plastičnih zemljišč, ki obsega lahke, srednje in težke glin.

Stabilizacija ^{se} vrši z apnom.

Poleg neposrednih efektov v cilju poboljšanja fizičnih lastnosti teh materialov, se s stabilizacijo z apnom uspešno rešuje izdelava spodnje in zgornje podloge.

Tehnika stabilizacije z apnom se nekoliko razlikuje od stabilizacije s cementom ali z vezilom od ogljikovih hidratov. Obdelava z apnom se v načelu vrši z zaporednim postopkom, t.j. prva obdelava, s ciljem poboljšanja plastičnih lastnosti (z malim odstotkom apna), dočim druga oziroma tretja obdelava ima za cilj definitivno stabilizacijo (z večjim odstotkom apna).

III. Področje ilovic oziroma materialov, ki so ilovici blizu, kot peskasta ilovica, glinasta ilovica, prašinsta oziroma prhličasta ilovica. To je področje srednje plastičnih materialov, z indeksom plastičnosti večjim od 20, kar pomeni neugodnih za stabilizacijo s cementom.

Tu se stabilizacija vrši na dva načina.

1) Z apnom (Ca(OH)_2) se popravijo najprej plastične lastnosti, z naknadno obdelavo s cementom pa se izvrši definitivna stabilizacija. Dodatek apna znaša 2-3 %, cementa 7-9 %.

2) Znižanje plastičnosti in popravljanje fizično-mehaničnih lastnosti se izvrši z malim % dodajanja cementa, a ponovna obdelava se izvrši z večjim % cementa (36).

Strani 163-205

Fotografske in druge slike ter neke velike
tabele glej v originalnih navodilih

Mehanično utrjeni nosilni in obrabni sloji

Za gradnjo mehanično utrjenih vozišč obstoje navodila (20), ki se nanašajo na vse ceste, ne samo na gozdne.

Njihova vsebina je sledeča:

N a v o d i l o

za

izgradnjo in vzdrževanje
mehanično utrjenih nosilnih in obrabnih slojev

Obdelava od avgusta 1957.

+ A. Odreditev pojma in uporabno področje

Cestni krup obstoji nad raščenim ali, v nasipih, nad dopeljanim naravnim tlom, iz izboljšanega temeljnega tla (spodnje razgrnitve, izboljševalnega sloja, največkart 20 do 30 cm debelega) kot spodnjega ustroja, iz morebitnega zaščitnega sloja proti zmrzali in nosilnega ustroja (nosilne plasti) ter plašča, (obrabnega sloja, obloga) kot zgornjega ustroja. /risba 1^{ste. 7} /o.n.

Pod mehanično stabilizacijo (mehanično utrditvijo) razumemo postopek, s katerim se fizikalne lastnosti zemljin ali mešanice zemljin in mineralnih dodatkov, s kako mehanično obdelavo morejo spremeniti.

Mehanično učvrščeni sloji se zgrade iz navzočih gradiv gramoza in peska, z dodatkom ali brez dodatka ilovice in gline, pri čemer posamezne skupine zrn morejo biti navzoče v teliki meri, da je mogoča gosta zmes. V gotovih razmerah se naravno navzoči gramoz zamenja z umetno zdrobljenim kamenim materialom. Stabilnost me-

hantične utrditve temelji v prvem redu na spretni sestavi teh zemeljskih snovi, njihovem temeljitem zmešanju in njihovi natančni zgostitvi pri optimalni vsebini vlage.

Iz gramoza-peska-gline nastale cestne površine, ne glede na neko posebno razdelitev zrna, se imenujejo gramozne ceste. O mehaničnih utrditvah takih starih cest se govori takrat, kadar je zrnavost vsled dodatka gramoza ali zdrobljenega kamenega materiala, peska, gline ali ilovice poboljšana, ali ako se utrditev doseže z nanosom gotovih mešanic gramoza-peska-gline ali peska-gline.

Mehanična utrditev naravnega gramoza-peska pride do uporabe najekonomičnejše tam, kjer je že od začetka dana od narave nudena

/risba 1 o.n.-7/8

prednost nizkih transportnih in predelovalnih stroškov; uporaba umetno zdrobljenega kamenega materiala tam, kjer iz njegove uporabe sledi ekonomske prednosti.

Mehanična utrditev se uporablja za izdelavo zaščitnega sloja proti zmrzali in nosilnega sloja ter pri cestah, po katerih se malo vozi, tudi obrabnega sloja. Mehanično utrjeni nosilni sloj predstavlja zelo uporabno osnovo za bitumenske obloge ali betonske plašče, ker se prometne obtežbe zelo dobro porazdele na temeljna tla. Pri plaščih s težkimi posameznimi obtežbami (ceste, po katerih se mnogo vozi), je priporočljiva vključitev najmanj 10 cm debelega, bitumenskega utrjenega nosilnega sloja med oblogo in mehanično utrjenim nosilnim slojem.

Mehanična utrditev da ravno podlogo za oblogo in s tem osnovo za popolnoma raven plašč.

B. Fizikalne osnove

1. Vrste zemljin.

Za vrhe mehanične utrditve zemljin se razvrste različno debela zrna, iz katerih sestojе zemljine, v sledeče zrnivosti:

RAZPREDELNICA 1

Označba zrnivosti :	Debelina zrna v mm
I. Zrno gramoza	večje od 2
II. " peska	2 - 0,06
III. " melja	0,06 - 0,002
IV. Najdrobnejše zrno	manjše od 0,002

Ako širine odprtin mreže presejalne garniture odstopajo od zgoraj navedenih velikosti za male zneske, se morejo zgoraj navedene meje tudi nekoliko premakniti.

Razdelitev naravnih zemljin pojasnjuje razpredelnica

/-2 o.n. na str. 9 o.n.

Ta razdelitev je zato izbrana, ker je za nedvomno kategorizacijo zemljin potrebnih samo malo enostavno izvedljivih poskusov, namreč ugotovitev zrnivosti, meje tekočnosti in števila plastičnosti.

Posebna razpoznavna številka, skupinski indeks, da približno oporo za ocenitev trdnosti zemljine. Skupinski indeks se dobi iz zgoraj navedenih razpoznavnih številik na podlagi grafikonov na 2

o.n. na str. 10 o.n.

kot vsota odčitkov obeh lestvic. Kolikor večji je skupinski indeks, toliko manj nosilna je dotična zemljina.

/ - 8/9 -

2. Votlavost

Votlavost zemljin zavisi od zrnavesti in od zgostitve. Zemljine z različnim zrnjem imajo manjšo votlavost od zemljin z enakim zrnjem.

3. Strižna trdnost

Strižna trdnost zemljine sestoji iz kohezije (trdnosti sprijemanja) in torne trdnosti. Pri vezljivih zemljinah kot glini in ilovici, temelji strižna trdnost in s tem tudi nesilnost in odpornost proti obrabi v bistvu na koheziji; ta je na površini tla približno enako velika kot v mali globini. Kohezija vezljivih tal z rastočo vsebino vode hitro upada.

Pri nevezljivih zemljinah, kot gramozu in pesku, sestoji strižna trdnost v bistvu iz torne trdnosti, ki zavisi od normalnega pritiska (obtežbe od zgoraj). Zato je strižna trdnost neposredno na površini majhna. Trenje zrnatih zemljin je neodvisna od vsebine vode.

Bistvo mehanične utrditve je v tem, da se združijo dragocene lastnosti obeh vrst zemljin, torej visoka strižna trdnost vezljivih zemljin na površini tla, s strižno trdnostjo nevezljivih zemljin, ki je neodvisna od vsebine vode. S sestavo, ki ima malo praznin in z dobro zgostitvijo, se strižna trdnost še bistveno izboljša. /-tab.2 o.n.,graf.2 o.n.-10/11-

4. Propustnost za vodo

Vodopropustnost zemljin je različna. V splošnem je toliko manjša, kolikor vezljivejša je zemljina. Tako je n.pr. propustnost gramozov in peskov zelo velika. Mastne gline so praktično nepropustne.

5. Občutljivost proti zmrzali.

Drobno zrnate zemljine veljajo za občutljive proti zmrzali, ako pri stopnji neravnornosti $U > 15$ imajo več kot 3% deleža zrna pod 0,02 mm, ker pri zmrzovanju vlečejo vodo (podtalnico, pronicajočo vodo) v področje zmrzali in jo morejo nakopičiti v ledenih slojih. Pri otajanju se zemljine potem z vodo prenasiče-ne, začasno omehčajo in s tem grube nosilno sposobnost (poškodbe od tajanja).

Pri gotovih pogojih zmrzovanja, more v več ali manj enakomernih zemljinah, območje zrnja od 0,1 - 0,05 mm, ako postane razmerje količine zrnja nad 0,1 mm velikosti, k onim v zgoraj navedenem območju zrnja, manjše kot 1 : 4, pospeševati tvorbo ledenih leč. Nevaren za zmrzal je tudi najmanj 25%-ni delež zrnivosti 0,05 - 0,02 mm, v gotovih okoliščinah tudi takrat, kadar kriterij Casagrandeja ni izpolnjen. Pri oceni občutljivosti za zmrzal igra odločilno vlogo tudi sestava zemljine iz hidrofilnih (bazičnih) oziroma hidrofobnih (kislih) elementov in njena zgoštev.

6. Številka neenakomernosti .

Zemeljska snov je enakomerna sestavljena, ako njena krivulja zrnivosti poteka strmo. Ako pa je krivulja zrnivosti položna, je neenakomerna sestavljena. Razmerje velikosti zrnja, ki so zastopane s 60% in 10%, se imenuje številka neenakomernosti (U).

$$U = d_{60} / d_{10}$$

d_{60} = širina otvorov sita, pri kateri se preseje 60% celokupne količ.

d_{10} = " " " " " " " " 10% " količine

Številka neravnornosti $U < 5$ (pesek, prhlica) pomeni, da je material zelo ravnomoerno sestavljen.

U = 5 do 15 (meljasta glina, prhličasta ilovica) - materiali srednje ravnornosti.

Neravnornost sestavo imajo materiali z $U > 15$ (n.pr. mešanice za mehanične stabilizacije). / - 11/12 -

C. Sestava mešanic

1. Splošno

Ugodne mešanice pesek - glina in gramoz - pesek - glina morajo biti tako sestavljene, da imajo čim manj praznin ter morajo vsebovati pravilno množino surove gline, ki je za vezavo odločujoča, toda tudi občutljiva za vodo.

Pri zavzetju mehanično učvrščenih cest je treba razlikovati sledeče tri primere: suhoto, vlago, tajanje.

Pri suhoti se površina obrabnega sloja obdeluje s sesalnim dejstvom hitrega prometa. Temu zavzetju se zoperstavlja kohezija, ki je spet odvisna od deleža drobnega zrnja. V suhih področjih se zato odredi delež drobnih delcev kolikor mogoče visok.

Zavzetje pri vlagi je mnogo ostrejšo, ker se pri tem kohezija močno zniža; zdaj deluje predvsem trenje med grobim zrnjem. Za Srednjo Evropo, s padavinami, ki so razdeljene preko vsega leta, je zavzetje vsled vlage odločilnejše kot pa zavzetje vsled suhote. Zato se bo tu dajala prednost zrnatejšim zmesem z minimumom vsebine surove gline. V naši klimi je brez daljšega mogoče, izdelati mehanično stabilizirane nosilne sloje brez vsebine surove gline. V tem primeru se mora uporabljati zelo dobro stopnjjevan material. Pač pa taki nosilni sloji ne smejo biti izpostavljeni neposredno prometu, temveč se morajo še posebno zavarovati (n.pr. z bitumensko površinsko zaščito).

Še ostrejšje zavzetje predstavlja otajanje, ker po tem, kar je zgoraj navedeno, mora pri zmrznenju priti do obogatitve ledu, ki dovede obtajanju do velikega presežka vode. Tudi ta vidik dovede do dajanja prednosti zrnatim zmesem z minimumom ali brez vsebine surove gline. Ako sestoji temeljno tlo iz vezljivih zemljin in pretrpe te poškodbe od tajanja, ne more, naravno, mehanično učvrščeni nosilni sloj njim sam biti kos. V tem primeru je treba med nosilni sloj in temeljno tlo vgraditi ustrezno debeli mehanično stabilizirani zaščitni sloj proti zmrzali, brez vezljivih deležev.

Preizkušnja pravilne sestave zmesi za mehanične učvrstitve se izvrši v grobem območju (do premera zrna 0,06 mm) s presejno analizo; drobni delež (vsebina surove gline) se ugotovi na posreden način, namreč s pomočjo števila plastičnosti. Kolikor večja je vsebina surove gline, toliko večje je število plastičnosti (Pl.).

2. Ugodne zmesi

Ugodne zmesi morajo vsebovati skupine zrnja v taki razdelitvi, da se praznine med grobejšim zrnjem vedno izpolnijo z najbližjo manjšo skupino, tako da nastane zmes s kolikor mogoče

/ - 12/13 -

malo praznin. Za kakovost nosilnega sloja je pravilna granulometrična sestava važnejša kot pa vsebina vezljivih delcev. Pri zelo dobri sestavi je, kot so pokazali poskusi Jahna, dodatek surove gline sploh nepotreben.

Zbirna presejna krivulja ugodnih zmesi je parabola. Ako pomeni (p) presejek v % skozi sito s širino odprtin mreže (d), dalje (d_0) najmanjše in (D) največje zrno zmesi, glasi enačba krivulje razdelitve zrnja

$$p = 100 \frac{d^m - d_0^m}{D^m - d_0^m} \dots\dots\dots 1)$$

Ako gre krivulja skozi točko 0, je $d_0 = 0$ in enačba 1) preide v

$$p = 100 \frac{d^m}{D^m} \dots\dots\dots 1 a)$$

Jahn je ugotovil, da je parabolni eksponent za ugodne zmesi $m \leq 0,5$. Kot spodnja meja za m se more vzeti približno 0,35.

Nosilni sloji pod bitumenskimi oblogami morajo biti varni pred zmrzaljo. To so ti sloji tedaj, ako ali ne vsebujejo nobenih vezljivih delcev, ali ako vsebina drobnih delcev, ki se morejo presejati skozi sito z 0,074 mm (0,06 mm) širino mrežnih odprtín, ne presega 10% (8%).

Ako je dano največje zrno neke zmesi, se vsaka zaželená razdelitev zrnja lahko izračuna s pomočjo obrazca (1) ali (1 a). Za izvedbo tega računa so v razpredelnici 3 o.n. na str.14 o.n. navedene vrednosti d^m za $m = 0,3$ do $m = 0,6$ za vse običajne premere sit.

Na grafikonu 3 o.n. na str.15 o.n. so prikazane vse krivulje razdelitve zrnja za ugodne zmesi nosilnih slojev. Območje A vsebuje razdelitev zrnja za najvišje zahteve, B in C dasta uporabne razdelitve zrnja.

Kot splošno pravilo velja, da naj največje zrno nosilnega sloja, ki naj se mehanično učvrsti, ne bi bilo večje kot 50 mm; s tem je mogoče izdelati nosilne plasti 7-10 cm debeline. Ako so potrebne večje debeline, se morajo dva ali več slojev izdelati eden za drugim. V izjemnih primerih se more dopustiti še največje zrno 75 mm. Pri tem pa se morajo na to zmes že staviti posebne zahteve, ker se mineralna sestava s tem največjim zrnóm le težko more mešati.

Poleg razdelitve zrnja se mora paziti na mejo tekočnosti
/-tab.3, graf.3 o.n. - 15/16
in na število plastičnosti. Za material nosilnega sloja ne sme me-
ja tekočnosti (W_f) prekoračiti vrednosti 25 in število plastič-
nosti (P_l) ne vrednosti 6. Te vrednosti se določijo od deleža ma-
teriala manjšega od 0,4 mm. Presejek skozi sito z 0,074 mm široko
odprtino naj ne bo večji kot $\frac{2}{3}$ deleža, ki gre skozi sito z 0,4 mm.

Za mehanično utrjene obrabne sloje, ki naj vsebujejo več
drobnega materiala, je priporočljivo, vzeti kot mejno vrednost za
 $m = 0,3$. Upoštevati je treba, da se na tak drobnozrnat obrabni
sloj nikdar ne sme položiti bituminozna obloga. Zaradi visoke vse-
bine drobnih delcev so taki sloji zelo občutljivi na vlago. Bitu-
menske obloge na takih slojih bodo po kratkem ležanju dobile raz-
poke. [V obrabnih slojih ne sme meja tekočnosti (W_f) materiala, ki
gre skozi sito z 0,4 mm široko odprtino mreže, prekoračiti

/ -tab.4 o.n. - 16/17-
vrednost $W_f = 35$; število plastičnosti naj leži med 4 in 9. Raz-
merje prahu naj bo manjše od 0,65.

Mehanično utrjeni obrabni sloji (območje D)

o.n.
grafikona 3 o.n. na str.15

se naj izvedejo samo, ako se ne zgradi kak boljši obrabni sloj.
Ako naj se mehanično utrjeni nosilni sloj samo začasno izpostavi
prometu in nato opremi z bitumenskim obrabnim slojem, se priporo-
ča njegovo zavarovanje z bitumensko površinsko zaščito.

V razpredelnici

4 o.n. na str. 16.o.n.

so najugodnejše mešanice sestavljene še enkrat. Za presejanje naj
se praviloma uporabljajo samo mrežasta, oziroma sita s kvadratič-
nimi odprtinami. Razpredelnica obsega pa tudi še vrednosti za sta-
ra sita z okroglimi odprtinami, ker se ta še često uporabljajo.

V pokrajinah s suho klimo in pri obrabnih slojih, ki so

izsušitvi bolj izpostavljeni ter pri robatem zrnju, se gre do zgornje meje, v pokrajinah z vlažno klimo do spodnje meje števila plastičnosti.

Da bi se ohranila prirodna vlaga mešanic v obrabnih slojih ob suhoti, se priporoča, primešati mešanicam higroskopične dodatke, kot klorcalcij, klormagnezij, sulfitno lužnino, odpadne soli v vodni raztopini ali slično. S tem se naredi površina obrabnega sloja prosta od prahu. Dodatna količina znaša približno 0,5 kg/m² pri debelini sloja 15-20 cm.

3. Izsleditev uporabnih zmesi

a) Zrnavost

Zrnavost za nek določen gradbeni primer, se more, po zgornjih izvajanjih, ali izračunati s pomočjo razpredelnice

	3 o.n. na str. 14 o.n.
ali neposredno razvideti iz razpredelnice	4 o.n. na str. 16 o.n.
ali ^{iz} grafikona	3 o.n. na str. 15 o.n.

Pri izboru zmesi se morajo seveda upoštevati nahajališča gramozapeska, ki so na razpolago ali na drobljeni material, ki napade iz pridobljenega kamenja. V pravilu bo material, ki je na razpolago, imel zrnavost, ki se ne prilega področju ugodne zmesi. Mora se torej iz dveh ali več materialov, ki so krajevno na razpolago, sestaviti ugodna zmes.

V naslednjih poglavjih b) in c) so navedeni postopki, kako se iz poznanih fizikalnih veličin razpoložljivih materialov izračunajo vnaprej zrnavost in Atterbergove meje zmesi iz teh materialov.

b) Ugotovitev deležev zrna iz dveh različnih materialov

Često je k nekemu razpoložljivemu materialu od gramoza-peska-gline potreben samo en daljnji dodatni material za doseg ugodnega mešalnega razmerja. Izsleditev se izvrši na osnovi grafikona 4 o.n. na str.18 o.n. na sledeči način:

Na obeh navpičnih lestvicah se nanese izsledki presejalnih analiz obeh materialov. Razmak obeh lestvic se vzame 10 cm. Velikine zrna, ki spadajo skupaj, se zvežejo s črtami. Na prozornem papirju se nariše mera, ki vsebuje potrebno specifikacijo. Mera se premika tako dolgo od desne proti levi, da vse črte padejo v področja zaželenih specifikacij. V primeru, ki je vzet v grafikonu, bi n.pr. pri 20% vezila v zmesi, ta pogoj bil izpolnjen. Ponovni izračun ugodne zmesi iz 80% izhodnega materiala in 20% dodatnega materiala je izveden tabelarno.

/-graf.4 o.n. - 18/19 -

Sito	Gramoz	Vezilo	0,8 gramoz	0,2 vezilo		Specifikacija
0,074	0	40	0	8	8	7-10
0,40	16	49	12,8	9,8	22,6	15-24
2,0	19	65	15,2	13	28,2	28-42
4,76	35	90	28	18	46	36-54
18	60	98	48	19,6	67,6	66-88
25	74	100	59,2	20	79,2	76-100

$$S_m = \frac{8}{22,6} = 0,354$$

c) Izračunanje števila plastičnosti neke zmesi

Naloga: Iz poznanih, oziroma v laboratoriju določenih šte-

vil plastičnosti Pl_a in Pl_b zemljin A in B naj se napravi zmes tako, da zmes dobi število plastičnosti Pl_m .

Izberemo sledeče označbe:

- B težino vezljivega materiala
- p_b presejek vezila skozi sito 0,4 mm, v % skupne količine
- $B_1 = p_b B$ težina presejka vezila skozi sito 0,4 mm v g
- Pl_b število plastičnosti vezila
- A težina gramoznega materiala v g
- p_a presejek gramoznega materiala skozi sito 0,4 mm v %
- $A_1 = p_a A$ težina presejka gramoznega materiala skozi sito 0,4 mm
- Pl_a število plastičnosti gramoznega materiala
- Pl_m število plastičnosti zmesi
- $A + B = M$ težina zmesi

$$m_a = \frac{A}{M} \cdot 100 \quad m_b = \frac{B}{M} \cdot 100 \quad m_a + m_b = 100\%$$

$$\frac{B_1}{A_1} = K + \frac{Pl_b - Pl_m}{Pl_a - Pl_m} \quad 2)$$

Najprej je treba izračunati potrebno količino zemljin A in B, ako je število plastičnosti zmesi Pl_m dano.

Potrebno količino vezila v % uporabljenega gramoznega materiala izhaja iz

$$\frac{B}{A} = 100 \frac{p_a}{p_b} \cdot K \quad 3)$$

Za praktične namene pa se bo potrebovala v zmesi obstoječa količina vezila in gramoza v % zmesi. Za to je potreben sledeči račun. Težina zmesi v gramih izhaja iz prednjih enačb po sledečem računu:

$$M = A + B = A \left(1 + \frac{p_a}{p_b} \cdot K \right)$$

$$M = \frac{p_b + p_a \cdot K}{p_b} \cdot A \dots\dots\dots 4)$$

Količina vezila oziroma gramoza, ki jih vsebuje zmes, izhajajo iz:

$$\text{Količina vezila: } \frac{100 \cdot B}{M} = \frac{100 \cdot p_a \cdot K}{p_b + p_a \cdot K} = m_b \% \dots\dots\dots 5a)$$

$$\text{Količina gramoza: } \frac{100A}{M} = \frac{100 \cdot p_b}{p_b + p_a \cdot K} = m_a \% \dots\dots\dots 5 b)$$

Ako je z druge strani poznan delež posameznih zemljin v neki zmesi in njihova števila plastičnosti, izhaja število plastičnosti zmesi iz sledečega obrazca:

$$Pl_m = Pl_a + \frac{p_b m_b}{p_a m_a + p_b m_b} (Pl_b - Pl_a) \dots\dots\dots 6)$$

Pri zmesi dveh mineralno različnih materialov, n.pr. pri zmesi peska, ki vsebuje apnenec in peska, ki vsebuje kremen, more število plastičnosti, ki je izračunano po obrazcu 6), biti od resničnosti več ali manj oddaljeno.

Primer:

Od zemljin, ki so navedene na str.18, se zmeša najprej 80% zemljine A in 20% zemljine B v zmes M. Kot je zgoraj pokazano, leži zrnavost znotraj ugodnega področja. Razmerje prahu je 0,35. Število plastičnosti te zmesi izhaja iz obrazca 6), ako je $Pl_a = 0$ in $Pl_b = 8$, z;

$$Pl_m = 0 + \frac{0,49 \cdot 20}{0,16 \cdot 80 + 0,49 \cdot 20} (8-0) = \frac{9,80 \cdot 8}{22,60} = 3,5$$

Zmes M odgovarja torej prikladnemu gradivu za nosilni sloj.

Ugotovitev števila plastičnosti sledi iz poglavja D, 3b. Ako

število plastičnosti preizkušane zmesi leži znotraj navedenih mej, je zmes uporabna. Ako preizkušena zmes nima števila plastičnosti, ki se zahteva, se mora zmes spremeniti. Ako je število plastičnosti prenizko, se delež vezila zviša; ako je previsoko, se delež vezila zmanjša.

Ako se na ta način ne uspe, doseči zahtevano število plastičnosti, ako je torej število plastičnosti še vedno previsoko, čeprav se je s količino vezila šlo do najspodnje dopustne meje, ali ako je število plastičnosti še prenizko, čeprav se je vzelo največje mogoče količino vezila, potem je uporabljena glina ali ilovica neuporabna; v prvem slučaju je ilovica ali glina premastna, v drugem slučaju prepusta. V prvem slučaju se torej mora iskati pustejšo glino ali ilovico, v drugem slučaju mastnejšo zemljino. Kot oslon naj

/ - 20/21 -

velja, da so v splošnem gline ali ilovice s številom plastičnosti $Pl \leq 10$ prepuste, medtem ko so gline in ilovice s številom plastičnosti, večjim od $Pl = 40$, pemastne.

D. Postopki za preizkušnje zemljin

1. Izvetje zemljinskih poskusnih vzorcev

Zemljinski poskusni vzorci se morajo izvzeti na takih mestih, da pri preizkušnji predstavljajo dobro povprečje sestave, ki je v naravi stvarno pričujoča. Pri ilovicah in peščenicah naj torej izvirajo iz različnih globin slojev, ki pridejo v poštev (višinska razlika približno 0,50 m).

Za preizkušnjo zemljin, ki so na cesti že pričujoče, se poskusni vzorci izvzemo do globine sloja, ki je predviden za izboljšanje. Količina poskusnih vzorcev, ki naj se dobavi laboratoriju,

se ravna po največjem premeru zrna.

Največje zrno mm	70	50	30	15	7	2	0,4
Količina poskus- nega vzorca kg	30	30	20	6	2	1	0,5

Za dosego dobrega povprečnega poskusa, se mora izvzeti večja količina. Posamezni poskusni vzorci se dobro premešajo, z lopato skidajo v stožec in razdele. Polovica poskusnega vzorca se odstrani, dočim se druga polovica po pazljivem premešanju z lopato skida v stožec in ponovno razdeli. Postopek se ponavlja tako dolgo, da je povprečni poskusni vzorec zmanjšán na potrebno količino.

Pred preizkušnjo se mora vsak poskusni vzorec v sebi intenzivno premešati; to se pri peščenih zemljinah more zgoditi v suhem stanju, kot je zgoraj opisano, pri vezljivih zemljinah najbolje v kašastem stanju. Pri izvzemu peščenih in gramoznih zemljin v območju talne vode, se mora paziti, da se vzorci ne razmešajo. Vzorci se zapakirajo v izvzemnih tulcih ali močnih papirnih vrečkah ali gostih platnenih vrečkah in dobro zadržnejo. Zasilno so za izvzem poskusnih vzorcev uporabljive tudi rabljene, dobro očiščene konzervne škatlje. V kolikor gre za vezljive zemljine, se ne smejo do ugotovitve števila plastičnosti izsušiti, ker izsušenje včasih spremeni vezljive lastnosti. (Ireverzibilni koloidi). Zato se morajo izvzemni tulci zapreti neprodušno.

Vzorcem naj se pridoda označevalni listek po sledečem obrazcu.

Papir in pisava morajo biti trpežni. /-21/22-

Obrazec:

Zemljinski poskusni vzorec št.

Odsek med(kraj) in (kraj)

km

Kraj izvzetja

Globina izvzetja v cm

Presoja zemljine

Datum izvzetja

Vreme

P o d p i s

Označevalni listek se mora v prepisu priložiti preizkuševalnemu predlogu. Preizkuševalni predlog mora vsebovati: vrsto in namen poskusov, ki naj se izvrše, natančni naslov naročilca, odgovorni podpis za pravilno izvzetje poskusa.

2. Presoja zemljin

Za enostavnejše razlikovanje

- a) nevezljivih zemljin (gramoz, pesek, mokasti pesek)
- b) slabo vezljivih zemljin (ilovnati pesek, prhlica) ter
- c) dobro vezljivih zemljin (peščena ilovica, prhličasta ilovica, ilovica in glina).

služijo sledeča oporišča:

a) Nevezljive zemljine :

V vlažnem stanju nimajo nobene ali pa samo slabo vezljivost, ki pri osušenju izgine. V vlažnem stanju se ne dajo izvaljati v valjce.

b) Slabo vezljive zemljine:

Vlažni vzorci se pri osušenju sprimejo, se pa med prsti nato dajo lahko razdrgniti. V vlažnem stanju se skoraj ne dajo izvaljati v valjce. Pri razdrgnenju zrna peska močno prevladujejo.

c) Dobro vezljive zemljine

Vlažni vzorci se pri osušenju trdno sprimejo, se med prsti

odvisno od vsebine glin, dajo samo težko ali pa sploh ne razdrgniti. Peščeni delci pri mastnih glinah sploh niso, pri pustih glinah in pri ilovici pa so zaznavni samo v podrejeni meri. V vlažnem stanju so ilovice lepljive in mažaste in se dajo izvaljati v tanke valjce 0,5 cm premera in manj in oblikovati v krogle brez tvorbe razpok.

Peščena glina in prhličasta glina se dajo izvaljati samo v debelejšje valjce, ki pa so kratki. Pri oblikovanju krogel nastanejo razpoke. Lepljivost peščene glin in prhličaste glin je v vlažnem stanju bistveno neznatnejša kot ona glin in ilovice

/ - 22/23 -

3. Ugotovitev značilnih števil

a) Določitev zrnivosti :

Neoporečni povprečni poskusni vzorec, katerega količina zavisi od največjega zrna,

Največje zrno mm	70	50	30	15	7	2	0,40
Količina poskusnega vzorca kg	30	20	10	2	0,70	0,50	0,25

se suši tako dolgo, da se teža več ne spremeni. V kolikor zemljina pri sušenju ne razpade sama v svoje posamezne dele, se te sprijete mrvice po sesušenju zdrobe. To se mora izvršiti tako, da se sprijeta zemljina razkroji v svoje posamezne delce, ne da bi se pri tem večji deli razdrobili v prah. Zdrobitev se mora torej izvršiti z gotovo previdnostjo. Sprijete mrvice naj bi se še brez posebne uporabe sile dale streti med prsti. Nato se suhi celotni vzorec stehta (celotna teža). Ako se suhi poskusni vzorec z roko ne more več zdrobiti v svoje posamezne dele, se mora izvršiti mokro presevanje.

Mokro presevanje se mora vsekakor izvršiti tudi takrat, kadar se melj in najdrobnejše zrno drži gramoza oziroma peska. To bo slučaj pač pri največ gramozno-peščenih zemljinah, ki vsebujejo vezljive sestavne dele.

Presejalni poskus naj se izvrši v treh delih - grobo, srednje in drobno presevanje.

Grobo presevanje: Poskusni vzorec se da v največje eno na drugo postavljenih sit ter v stroju za tresenje najmanj 2 minuti ali ročno dobro pretrese. Uporabljena garnitura sit: 70, 50, 30, 15, 7 mm širine vrtin ali mrežna sita s 65, 35, 18, 8 mm širine odprtih in prestrežna skodelica. Nato se sita zaporedoma snemajo in vsako posamezno sito še enkrat nad neko pločevino tako dolgo trese, da manj kot nekako 1% dotične skupine zrna na minuto propade. Ostanke na posameznih sitih in na prestrežni skodelici se steh-tajo.

Srednje presevanje: 700 g dobrega povprečnega poskusnega vzorca iz ostanka, ki je dobljen pri grobem presevanju v prestrežni skodelici, se steh-tajo in dajo na garnituro 2 sit - 2,0 mm in 0,4 mm širine štirioglatih odprtih - in prestrežne skodelice. Tre-senje in naknadno presevanje kot pri grobem presevanju. Ostanke na posameznih sitih in ostanek, ki je v prestrežni skodelici, se steh-tajo in izračuna delež v odstotkih. Suho presevanje da pri pro-padanju skozi 0,4 mm sito v gotovih okoliščinah že znatne napake.

/- 23/24 -

Drobno presevanje: 50 g poskusnega vzorca se v neki po-sodi zmeša z vodo, pesek se pusti usesti (nekoliko sekund) in kal-na voda previdno odlije skozi 0,06 mm sito. Na situ naj ne ostane noben ostanek. Ostanek v posodi se posuši, nato preseje skozi sita z 0,2 in 0,06 mm širine štirioglatih odprtih in ostanek iztehta. De-lež manjši 0,06 mm se izračuna iz izhodne količine poskusnega vzor-ca (50 g) in ostanka.

Pri zemljinah, pri katerih ta postopek ni uporabljiv, se poskusni vzorec zmeša z vodo v neki posodi, spere skozi oba sita in pretok, skupno z splakovalno vodo, prestreže. Po sesušenju se ugotovi težina statkov in presejka in izračunajo deleži.

Mokro presevanje: Poskusni vzorec zemljine se v neki posodi zmeša z vodo. Nato se vzorec dene na garnituro sit in z vodnim curkom toliko časa izpira, da odtega bistra voda. Delež zemljine, ki gre skozi najmanjše sito, se skupno s izpiralno vodo prestreže v neki posodi, pusti da se usede in po odlitju bistre vode, ravno tako kot ostanki na posameznih sitih sesuše in steh-tajo.

Na kraju se tako izračunani odstotni deleži preračunajo na skupno količino. S tem je zrnavost dognana.

Primer:

a) Skupna težina sesušenega poskusnega vzorca 19560 g

Grobo presevanje da:

Ostanek na 50 mm vrtinastem situ	0	0
" " 30 mm " "	5025 g	=25,7%
" " 15 mm " "	2953 g	=15,1%
" " 7 mm " "	2895 g	=14,8%
Ostala količina v prestrežni skodelici ...	<u>8687 g</u>	<u>=44,4%</u>
Vsota	19560 g	=100%

b) Od deleža z zrnom manjšim od 7 mm, se za srednje presevanje uporabijo

705,0 g = 100%

Po presevanju se dobi:

Ostanek na 2,0 mm situ s štirioglatimi odprt.	229,2 g	= 32,5%
" na 0,4 mm " s " " "	225,6 g	= 32,0%
Ostala količina v prestrežni skodelici	250,2 g	= 35,5%

c) Od deleža s zrnom manjšim od 0,4 mm, se uporabijo za drobno presevanje: suhi poskusni vzorec

53,4 g = 100%

Po naplavljenju in izpiranju poskusnega vzorca skozi sita z 0,2 mm in 0,06 mm širine štirioglatih odprtih in prestrežbi drobnega materiala, se dobi po sesušenju ostankov oziroma drobnega deleža:

Ostanek na 0,2 mm situ	18,70 g = 35,0%
" na 0,06 mm "	18,58 g = 34,6%
Presejek skozi 0,06 mm situ	16,12 g = 30,4%

d) Deleži posameznih zrnivosti, v odnosu na celotno količino, se izračunajo kot sledi:

/ - 24/25 -

Sito \emptyset mm		Ostanek %	Presejek %
50	} glej pod a)	0	100
30		25,7	74,3
15		15,1	59,2
7		14,8	44,4
2,0	$\frac{32,5 \cdot 44,4}{100} =$	14,43	29,97
0,4	$\frac{32 \cdot 44,4}{100} =$	14,21	15,76
0,2	$\frac{35 \cdot 35,5}{100} \cdot \frac{44,4}{100} =$	5,51	10,25
0,06	$\frac{34,6 \cdot 35,5}{100} \cdot \frac{44,4}{100} =$	5,45	4,8
Prestrež- na skodeli ca	$\frac{30,4 \cdot 35,5}{100} \cdot \frac{44,4}{100} =$	4,8	

b) Določitev števila plastičnosti Pl:

Število plastičnosti neke zemljine zavisi v prvi vrsti od vrste, količine in veličine koloidalnih delcev, ki so v njej. Ti koloidi so deloma občutljivi proti sesušenju, t.j. oni spremenijo svoje lastnosti pri sesušenju in nimajo sposobnosti, da pri ponovnem ovlaženju svoje lastnosti pridobijo nazaj.

Število plastičnosti neke zmesi je odvisno od deleža pod 0,4 mm (drobni pesek in vezilo). Pri izvajanju poskusa se mora začeti pri prsteno-vlažnem stanju in se ne sme poskusnega vzorca preje pustiti sesušiti. Po izločitvi grobih zrn se vlažni poskusni vzorec tako dolgo izpira skozi sito 0,4 mm, da v odsejku ni več drobnih delcev, ki bi bili priključeni; celotni presejek se mora prestreči. Nato se odvečna voda tako dolgo izpareva, da je doseženo stanje vlage, ki je prikladno za določanje meje tekočnosti oziroma meje izvaljanja.

Meja tekočnosti W_p (%):

Določitev pojma: Meja tekočnosti leži na prehodu od tekoče k plastični trdnostni obliki. Orodja: orodje za mejo tekočnosti po A. Casagrandeju in orodja za določitev vsebine vode (sušilna peč, natančna tehtnica, ekssikator, pokrovna stekla; sl. 5 o.n. na str. 26 o.n.).

Zemljinski poskusni vzorec: Nekako 150 g vlažne težine. Vzorec se temeljito pregnete, tako da je čim bolj enakomeren.

Poskus: Skodelica orodja za mejo tekočnosti se z zemljinskim vzorcem napolni nekako 12 mm visoko, površina polnjenja se ravno in gladko izgladi. Z lopatico za brazdanje se nato v zemljinski vzorec normalno na odmično gred potegne brazda (v danem primeru z večkratnim popravljanjem, pri uporabi lopatice kot mere), ki seže do dna skodelice. Z vrtenjem ročice (en obrat v sekundi) se skodelica tolikokrat dvigne in odpahne, da se brazda na

skodeličnem dnu strne na dolžino 1 cm (kritično udarno število). V tem trenutku se v bližini brazde, ki se je strnila, izvzame zemljinski poskusni vzorec od nekako 30 g vlažne teže in se določi količina vode.

Izsledok: Meja tekočnosti W_1 je dosežena, ako se brazda strne ravno pri 25 udarcih. Praviloma se ta izid ne doseže, zaradi česa se meja tekočnosti izsledi grafično iz izida več poskusov. Z isto zemljino se izvedejo najmanj 3 poskusi, za katere se vsakokrat z izhlapanjem spremeni vsebina vode. Izid teh poskusov se nanese v semilogaritmični mreži: kritično udarno število (pri katerem se brazda strne) kot abscisa v logaritmični delitvi in pripadajoča vsebina vode kot ordinata v linearni delitvi. Na premii, ki gre skozi te poskusne točke, se odprime pri udarnem številu 25 (kritično udarno število za mejo tekočnosti) vsebina vode, ki pomeni mejo tekočnosti.

Meja izvaljanja W_r (%).

Določitev pojma: Meja izvaljanja leži na prehodu od plastične do poltrdne trdnostne oblike.

Orodja: Kamnita plošča z drobnimi porami ali papir, ki upija vodo in orodja za določitev vsebine vode, kot zgoraj (sušilna peč, natančna tehtnica, eksikator, pokrovna stekla).

Zemljinski poskusni vzorec: Nekako 20 g vlažne teže. Vzorec se temeljito pregnete, tako da je čim bolj enakomeren.

Poskus: Vzorec se na neki kamniti plošči s drobnimi porami ali na papirju, ki upija vodo, z roko izvalja, dokler ne nastane valjec nekako 3 mm premera. Nato se valjec tolikokrat zopet zgnete skupaj in nanovo izvalja, da se pri debelini 3 mm razdrobi. V tem stanju je dosežena meja izvaljanja; vzorec se takoj stehta in določi njegova vsebina vode (W_r). Iz treh poskusov se določi srednja vrednost W_r .

Število plastičnosti Pl (brez dimenzije):

Določitev pojma: Število plastičnosti označuje področje, znotraj katerega zemljina ima plastične lastnosti. Izražena je z

$$Pl = (W_f - W_r)$$

Vsebina vode (W):

Določitev vsebine vode se zgodi na sledeči način:

Orodja: sušilna peč, natančna tehtnica, (natančnost 0,1 g), eksikator-sušilni zvon, pokrovna stekla (urna stekla)

Zemljinski poskusni vzorec: nekako 50 g vlažne težine.

Poskus: Zemljinski vzorec se med pokrovnimi stekli stehta v vlažnem stanju. Nato se vzorec pri odprtih pokrovnih steklih v peči pri 105° C sesuši, dokler ne nastopa nobena težinska izguba več. Sesuševanje traja pri vezljivih zemljinah nekako 12 ur, v odvisnosti od vsebine vode in vrste zemljine. Vzorec se mora nato v eksikatorju, ob zapori zraka, shladiti do sobne temperature. Nato naj se sesušeni zemljinski vzorec med pokrovnimi stekli stehta.

Račun : Naj bo

G_f težina vlažnega vzorca

G_t težina suhe trdne snovi po sesušenju v peči

$G_w = G_f - G_t$... težina vode v porah,

potem je vsebina vode $W = 100 \cdot G_w / G_t$ (v odstotkih).

Iz treh poskusov se določi srednja vrednost za w.

Ako na gradbišču ni na razpolago nobene sušilne peči z reguliranjem toplote, se mora sesušenje pazljivo izvršiti na neki peščeni kopelji, ki ne sme biti prevroča. V slučaju potrebe se mora sesušenje vršiti nekoliko počasneje. V slučaju potrebe se more delati brez eksikatorja. Namesto pokrovnih stekel se morejo uporabiti tudi male steklene skodelice s pokrovom.

c) Proctorjev poskus.

Orodje: Proctorjev valj z nastavkom (gl.sl.6 o.n.) na str.28 o.n. zabičaj, 18 cm dolga posnemalna letva, tehtnica z natančnostjo $\frac{1}{100}$ g, 18- in 14- mm sita, mešalno orodje.

S Proctorjevim poskusom se v laboratoriju ugotovi razmerje med vsebino vode in gostoto zemljinske zmesi in iz tega sledeča največja gostota. Navadno se gotov odstotek Proctorjeve gostote predpiše kot norma za doseženo gostoto.

Orodje obstoji iz valjaste posode z okroglo 10 cm \varnothing . Višina posode se izbere tako, da vsebina znaša približno 1 liter ($\frac{1}{30}$ kub.čev.). Na to valjasto posodo se posadi še nastavek, da bi se olajšalo vnašanje zemljinske zmesi. Nadalje je potreben zabičaj z 2" \varnothing in 5 1/2 funta težine, ki pada z višine 30 cm. Potrebno je primerno vodilo za poročstvo višine padca (glej sl. 7 o.n. na str. 28 o.n.).

/ - 27/28 -

Izvedba poskusa

Dobro premešan poskusni vzorec se vnese v valj v 3 slojih, pri čem se vsak sloj s 25 udarci z nabijačem zgosti. Po končani vgraditvi se nastavek sname, količina vzorca, ki stoji čez, s posnemalno letvo pazljivo odreže in material stehta. Nato se en reprezentativni del poskusnega vzorca suši v sušilni omari pri 110° 12 ur do težinske nespremenljivosti in ugotovi vsebina vode. Iz vlažne težine celotnega poskusnega vzorca, vsebine vode in poznane vsebine valja, se tedaj more izračunati gostota v suhem stanju.

Poskus se ponovi z različnimi vsebinami vode in izsledki nanese. Pri neki gotovi optimalni gostoti sledi največja gostota v suhem stanju (Proctorjeva gostota).

w = vsebina vode poskusnega vzorca

V = prostornina Proctorjevega valja

G_F = vlažna težina

γ_t = gostota v suhem stanju.

$$t = \frac{G_f}{V \cdot (w+100)} \cdot 100 \quad \text{/risba 6 o.n., sl.7 o.n./-}$$

- 28/29 -

E. Osnove planiranja

1. Temeljno tlo ter izboljšanje zemljine

Mehanično učvrščene nosilne plasti se smejo položiti samo na temeljno tlo, ki je nosilno. Debelina nosilnega sloja se ravna v prvi vrsti po nosilnosti temeljnega tla, po klimi, po višini podtalne vode, po možnosti odvodnjevanja in posebno po veličini prometne obremenitve. Ako je nosilnost temeljnega tla premajhna, tako da kamioni, ki naj dovažajo material za nosilni sloj, po njih ne morejo voziti, se mora izvršiti posebno izboljšanje temeljnega tla. Ta more obstojati samo iz temeljite zgostitve ali iz uvaljanja gramoza - peska ali pri visoki meji tekočnosti materiala tudi iz stabilizacije z apnom in se izvede na maksimalno 30 cm debeline pričujoče zemljine. To je "izboljševalni sloj".

2. Odmera debeline zgornjega ustroja.

Za odmero debeline zgornjega ustroja (sloja za zaščito proti zmrzali, + zgornjega nosilnega sloja + plašča) obstoje razni načini. Debelina izboljševalnega sloja ostane neupoštevana.

Tu naj bo opisana samo odmera po izkušnji po načinu skupinskega indeksa. Skupinski indeks se določi po poglavju B 1 za neizboljšana temeljna tla.

Za kolesne obtežbe 4,5 t in različne skupinske indekse, so v grafikonu 8 o.n. na str. 30 o.n. za različne prometne obtežbe navedene odgovarjajoče debeline zgornjega ustroja. Kot podlaga za prometno obtežbo naj se vzame obtež-

ba odseka ceste, ki se pričakuje v približno 20 letih. Ako naj se zgornji ustroj odmeri za večje kolesne obtežbe, se mora debelina zgornjega ustroja, katera se dobi po grafikonu 8 o.n. na str. 30 on. preračunati z obtežilnim faktorjem grafikona 9 o.n. na str. 30 o.n.

Ako se n.pr. dobri po postopku skupinskega indeksa za kolesno obtežbo 4,5 t debelina zgornjega ustroja 65 cm, se dobi po grafikonu 9 o.n. na str. 30 o.n. da odgovarja 4,5 t kolesni obtežbi obtežilni faktor $n = 1,08$. Ako naj se izračuna debelina za kolesno obtežbo 6,0 t, se mora najprej iz grafikona 9 o.n. na str. 30 o.n. določiti obtežilni faktor $n = 1,30$ in se potemtakem dobi iskana debelina z

$$d = \frac{65 \times 1,30}{1,08} = 78 \text{ cm.}$$

3. Nosilni sloj.

Razlikujemo spodnji nosilni sloj, navadno imenovan sloj za zaščito proti zmrzali in zgornji nosilni sloj.

Pri temeljnem tlu, ki je občutljivo glede zmrzali, se neposredno na izboljševalni sloj nanese sloj za zaščito proti zmrzali iz mehanično stabiliziranega materiala. Sestava /-29/30 - materiala za sloje za zaščito proti zmrzali, more, kot sledi iz razpredelnice 4, variirati med širokimi mejami.

Pravi (zgornji) nosilni sloj je obremenjen mnogo močnejše kot zaščitni sloj proti zmrzali. Na sestavo prikladne zmesi se morajo zato postaviti večje zahteve.

4. Posebni obrabni sloj

Na nosilni sloj je treba nanesti ali bitumensko oblogo ali sloj cementnega betona ali, na cestah s slabim prometom, ob-

rabni sloj iz mehanično utrjenega materiala.

Nanos bitumenske obloge se sme izvršiti šele po popolni zgostitvi mehanično utrjenega nosilnega sloja. Pri zelo obremenjenih cestah naj obloga ne leži neposredno

/-graf.8 in 9 o.n.-30/31-

na mehanično utrjenem nosilnem sloju, temveč je treba vmes vključiti najmanj 10 cm debel, bitumensko utrjen nosilni sloj.

5. Oblikovanje prečnega preseka

Prečni nagib mehanično utrjene ceste se ravna po vrsti plašča; on mora biti tako visok, da padavinska voda čim hitreje odteče. Zato morajo mehanično utrjeni obrabni sloji imeti prečni padec najmanj 4%. Bitumenski in betonski plašči imajo prečni padec ne večji od 2 1/2%. V teh primerih bo tudi površina nosilnega telesa dobila isti prečni padec. Da temeljno tlo ne more biti razmehčano s pronicajočo vodo, bo predhodni planum pod izboljševalnim slojem tudi pri bitumenskih oblogah moral imeti prečni padec 4-6%. Izravnava k manjšem prečnem padcu plašča se izvede v spodnjem nosilnem sloju.

F. Izdelava

1. Pripravljalna dela

Pri novogradnji se mora zaradi določitve debeline zgornjega ustroja, poleg zemljine temeljnega tla, raziskati tudi uporabljivi material za nosilni sloj, ki se nahaja na trasi ali poleg trase, kakor tudi morebitni dodatni material.

Pri preiskavi zemljine naj se pri izredno enakomernih zemljinskih razmerah izvzemo najmanj trije zemljinski vzorci po

kilometru. Pri kolikor toliko enakomernih razmerah naj se izvzemo vzorci vsakih 100 m. Pri neenakomernih zemljinskih razmerah naj se zemljinski vzorci izvzemo v krajših razdaljah. Njihovo število se ravna po menjanju zemljinskih vrst v vodoravni in navpični smeri.

Ako gre za izboljšanje obstoječih gramoznih (makadamskih) cest, se morajo iz starega cestišča, v enakih razdaljah, kot je zgoraj navedeno, izvzeti vzorci, da bi se mogla pravočasno določiti vrsta in količina potrebne dodatne zemljine. Globina izvzemanja se ravna po največji globini udarnih jam oziroma planiranega nosilnega sloja, a mora biti najmanj 1,5 kratni premer najdebelejšega zrnja.

Od vseh vzorcev se mora določiti razdelitev zrnja. Meja tekočnosti in število plastičnosti se mora ugotoviti od vsakega tretjega vzorca ali pri vsakem menjanju zemljine. Naravna vsebina vlage se mora določiti pri zemljinah temeljnega tla vedno, pri zrnatih zemljinah nosilnih slojev samo od slučaja do slučaja./-31/32-

Pri izboru dodatne zemljine za izdelavo uporabljive mešanice se morajo, zaradi omejitve transportnih daljav, nahajališča uporabljivih zemljin, poiskati čim bližje odseku ceste, ki se gradi. Pri izboru vezljivih zemljin naj se ilovnatem pesku, prhlci, peščeni ilovici, daje prednost. Mastnih ilovic in glin ($P_l > 20$ ali presejnost skozi 0,06-mm-sito $> 60\%$) se je treba izogibati, ker se ne dajo predelati zadostno.

Natančno potrebna količina zemljine zavisi od zrnivosti zemljin, ki se uporabijo za mešanico zgornjega ustroja.

Delež dodane zemljine naj ne bo manjši kot 6-8% skupnega materiala nosilnega sloja, da bi se zagotovila dobra zmešalna zmožnost.

Deleži posameznih vrst zemljin za sestavo najugodnejše mešanice se nanašajo na suho težino. Pri praktični izvedbi se deleži

odmerijo pri rahli leži po prostornini ali po debelini sloja.

Pri prsteno vlažni zemljini, ki vsebuje 20% in več vode, se mora določiti vsebina vode in se mora težina prsteno vlažne zemljine preračunati na suho težino.

2. Izgradnja cestnega trupa

Kot najvažnejše orodje pri strojni izgradnji cestnega trupa mehanično utrjenih cest se je izkazal motorni grejder (samovozni cestni oblič) in zavzema zaradi svoje mnogostranske uporabne svrhe, kot pridobivanja in premeščanja zemljine, profiliranja, premikanja in mešanja zemljin ter planiranja cestne površine, poseben položaj. Za zadovoljivo izvedbo del, ki jih izvršuje, mora imeti razmak koles najmanj 4 m, dolžino lista najmanj 3,50 m in službeno težino najmanj 9000 kg.

Najprej se mora odstraniti travna ruša in rodovitna humozna zemlja. Ako se vrši gradnja cestnega trupa v breztrničnem obratu, se material, ki se strojno pridobiva v usekih, razvažna s kamioni ali skrejperji in vgrajuje v nasipih. Vgraditev prične na vgradilnem mestu, ki je najbližje mestu pridobivanja. Transportna vozila izvažajo in razvlačijo material tako, da ga pri voženju preko njega predhodno zgoste. Pri dovolj velikem dovozu se izvrnjeni material s pridom razdeli s planirno gosenico in se z isto s kotaljenjem preko njega predhodno zgosti.

Transportna vozila, ki slede, vozijo vsakokrat preko tako nasutega sloja materiala in ga na ta način zgoščujejo. Dodatna zgostitev more biti potrebna z ježi ali drugimi prikladnimi zgostilnimi orodji. Ko je dosežena zaželena višina spodnjega ustroja, se predhodni planum dovede v profil z grejderjem in izvalja. Za uspeh mehanične utrditve je predhodni planum, ki ima ravno površino in ki leži v profilu, osnovni predpogoj, pri čem naj se za to

koristno uporablja motorni grejder.

/ - 32/33-

Izgradnja predhodnega planuma se sme vršiti samo ob suhem vremenu.

Predpostavlja se, da so znane smernice za izgradnjo in zgostitev zemeljskih trupov v obratu, vezanem na tirnice.

Ako je potrebno, se mora na predhodnem planumu zgraditi izboljševalni sloj. Izboljševalni sloj sestoji praviloma iz naravne, toda posebno obdelane zemljine (primerjaj E,1). Površina izboljševalnega sloja se mora spet pazljivo profilirati in izvaljati ali s kakim drugim prikladnim orodjem zgostiti. Pred vgradnjo nosilnega sloja se mora izdelati planum (planum spodnjega ustroja) s popolnoma ravno površino.

3. Izgradnja nosilnega sloja .

a) Izboljšanje obstoječih gramoznih (makadamskih) cest.

Obstoječi sloj gramoza ali makadamski sloj ceste se razpara z motornim grejderjem ali s kakim težkim razparačem. Razparanje se mora izvršiti najmanj na globino obstoječih udarnih jam. Razparani material se z motornim grejderjem zvali na stran, s čem nastane nepretrgan nasip, ki se imenuje redovec. Po premešanju se izvzamejo presejni vzorci in ugotovi zrnavost in število plastičnosti. Ker stari gramozni sloji vsebujejo mnogo drobnih deležev, se mora brezpogojno izvršiti mokro presejanje.

Planum se z motornim grejderjem dovede v profil in izvalja. Nato se redovcu, ki leži ob strani, doda eventualno manjkajoče zrnje, celokupni material se z motornim grejderjem z večkratnim valjenjem čez vozišče temeljito premeša in nato razprostre. ^{eni} Zatem sledi najprej predhodna zgostitev z zračnim valjarjem in nato dokončna zgostitev z gladkim valjarjem (valjarjem s tremi valji 8-12 t težine), najprikladneje s tripleks (troosnim) valjarjem.

Pri tem je treba paziti na to, da ima material med zgoščevalnim postopkom optimalno vsebino vlage. Eventuelno se mora voda dodati. Prevelika vsebina vode je pa ravno tako škodljiva. Material postane košast in se ne da več vgraditi. Ob dežju se mora zato delo prekiniti.

Posebno pažnjo je treba pokloniti razširitvam vozišča. V izkopano posteljico naj se vgradi samo mešan material in naj se v slojih zgosti z vibratorjem, da ne pride po prvi zimi do sesedanj in poškodb na oblogi.

b) Izgradnja novih mehanično učvrščenih nosilnih slojev.

Material za nosilni sloj se navozi na pazljivo profiliran in zgoščen planum spodnjega ustroja, v potrebni količini in sestavi, v redovcu. Z razkladanjem materiala se mora pričeti

/ - 33/34 -

na točki, ki je od mesta nakladanja najoddaljenejša. Izračunana sestava na število plastičnosti naj se preverja z izvzemom vzorcev iz premešanega redovca. Na vsakih 100 m razdalje naj se izvzame vsaj en vzorec.

c) Mešalni postopek

Redovec se najprej splošči in material nato z kolutno brano ali s kakim drugim prikladnim mešalnim orodjem premeša. Najenostavnejše je mešanje, ako ima vezljiva dodatna zemljina vsebino vode, ki leži blizu meje izvaljanja. V vročih dnevih bo zato potrebno dodanje vode. Vezljiva dodatna zemljina se mora z mešalnim orodjem zdrobiti v mrvice, ki so največ 10-20 mm debele. Nato sledi mešanje materiala v polni debelini sloja z motornim grejderjem, tako, da se material vali večkrat od cestnega robu do črte v sredini ceste. Potrebno število delovnih potekov je 4-8. Mešanje se mora izvršiti tudi z drugimi mešalnimi orodji (n.pr. zemljinskim rezkarjem) (3-4 delovni poteki). Vsebina vlage naj med mešanjem bo taka, da zemljina v roki oblikuje kepe, da pa se ne lepi na dlani

ali na prstih. Nato sledi razgrnitev materiala v 2-3 delovnih potekih.

Z enakim uspehom se doseže mešalni učinek s stroji, ki so poznani od zmaltanja zemljin, bodisi da delajo po načelu "stroj skozi zemljino" ali "zemljina skozi stroj". Zadostuje en delovni potek.

d) Zgostitev

Razgrnjeni material za nosilno telo se deloma vnaprej zgosti s tem, da se preko njega večkrat pelje z valjarjem z gumijastimi kolesi. Nato sledi nadaljnje zgostitveno delo z gladkim valjarjem; najprikladnejši zato je tripleks-valjar. Posebno prikladna so za zgoščevanje zrnatega materiala za nosilni sloj tresilna orodja in tresilni valjarji. Posebno pažnjo je treba poklanjati na dovolj veliko službeno težo takih orodij. Valjanje napreduje polagoma s strani proti sredini, paralelno s cestno osjo, tako da se enakomerno vsaka predhodna valjarjeva sled prekrije s polovično širino naslednje. Z valjanjem naj se nadaljuje tako dolgo, da je zvaljana celokupna površina. Neravnosti ali globeli, ki nastanejo med valjanjem, se morajo dovesti v red z zrahljanjem materiala, dodajanjem ali odstranjenjem materiala na teh mestih, dokler površina ni postala gladka in enakomerna. To delo se izvrši z motornim grejderjem v 4-5 delovnih potekih, s tem, da se menja z valjanjem, dokler ni nastal gladek, raven, ravnomerno zgoščen sloj. /-34/35-

Dokončno zgostitev nosilne plasti preskrbi promet, katerega se s prikladnimi ukrepi prisili, da polagoma povezi celokupno površino obrabnega sloja. Posebno koristno je, ako se v dobi zgoščevanja more izključiti promet vozil brez gumijastih obročev. Zgoščevanje traja, v odvisnosti od prometne gostote, več dni do nekaj mesecev.

Odločilno za učinkovitost zgoščevanja je, da mešanica pri

zgoščevanju ima pravilno vsebino vode (tzv. optimalno vsebino vode). Ta je razmeroma ozko omejena ter za vsako mešanico in vsako zgostilno delo različno visoka. Za večino običajnih mešanic leži med 6 in 12%. Zato bo med vročo letno dobo potrebna večkratna ovlažitev s škropilnim vozom.

Ako je predvidena na mehanično utrjenem nosilnem sloju izdelava obloge, se v nobenem slučaju ne sme zaplavljati.

Najugodnejše zgostitveno delo je eno, s katerim v najkrajšem času postane vsebina zračnih por zemljine, ki naj se zgosti, minimalna. Razmerje med dodatkom vode in vsebino zračnih por se mora vnaprej ugotoviti poskusno.

e) Splošna navodila.

Nosilna telesa 7-10 cm debeline morejo biti nanešena v enem delovnem poteku. Večje debeline se morajo zgraditi v več slojih, n.pr. naj bi se odbrali za debelino 20 cm posamezni sloji 7 + 7 + 6 cm. Največje zrno enega nosilnega sloja se vzame s približno 2/3 debeline sloja v zgoščenem stanju. V spodnjem nosilnem sloju (zaščita proti zmrzali) more največje zrno, zaradi tankaj potrebne samo manjše trdnosti, biti vzeto s 1/2 debeline sloja. Ako se nosilno telo gradi v dveh slojih, mora spodnji, pred nanosom zgornjega, biti dobro zgoščen in popolnoma raven. Pred nanosom zgornjega sloja se mora podlaga ovlažiti. Gradnja zgornjega sloja se vrši, kot je zgoraj opisano za spodnji sloj.

Pred nanosom obrabnega sloja, se morajo neravnosti in kolesnice, nastale vsled prometa, odstraniti z oblanjem z motornim grejderjem in nato sledečim valjanjem, da spet nastane planum, ki je gladek in ima ravno površino. Nosilno telo mora pri oblanju imeti potrebno vlago. Ta dela so največkrat nepotrebna, ako se površina nosilnega sloja med zgoščevanjem po prometu preskrbi z bituminozno površinsko zaščito.

F) Kasnejša preizkušnja dosežene kakovosti

α) Ravnost površine:

Zaželena ravnost površine je takrat dosežena, kadar, kakor v podolžni, tako tudi v prečni smeri, na dolžino letve 4 m obstoji pri zaščitnem sloju proti zmrzali samo ena kotanja 2 cm globine, pri zgornjem nosilnem sloju 1 cm globine. Pri krajših dolžinah kotanj, razmerje globina kotanje: dolžina kotanje ne sme biti manjše od 1:200 oziroma 1:400. Kasnejša preizkušnja se izvrši s 4 m letvo in merilno zagozdo ali z drugimi primernimi pripomočki.

β) Poskus z obtežilno ploščo. (glej sliko lo o.n.na str.36 on):

Pred nanosom plašča naj se dosežena zgostitev preveri s preiskavo trdnosti nosilnega telesa ali z ponovno premeritvijo dosežene gostote. Za preiskavo trdnosti je priporočljivo, izvršiti posebno obtežitev s poskusno ploskvijo krožne oblike 30 cm ϕ . Kot protiutež se more uporabiti kak težak kamion, ki istočasno pripelje poskusno orodje na posamezna poskusna mesta. Odrtine se odčitajo na najmanj dveh diametralno nameščenih merilnih urah z 0,01 mm podatkom. Trdne točke za izmero vdrtin se morajo izbrati tako, da nanje ne more vplivati niti obtežilna plošča, niti protiuteži. Obtežitev se izvrši v stopnjah od najmanj vsakokratno 1/5 največje teže. Daljnja obtežitev po vsaki obtežilni stopnji se sme izvršiti šele, ako je povečavanje pogrezanja manje od nekako 0,02 mm/min.

Vdrтина, ugotovljena pri poskusni obtežitvi, naj pri obtežitvi tla s 5 kg/cm² ne prekorači 1,00 mm, tudi če je nosilni sloj močno premočen. V teh primerih je mehanična utrditev dobro uspela in se more plašč nanesti brez nevarnosti. Ako je pri navedenem talnem pritisku vdrтина večja kot 1 1/2 mm, zgostitev ni še zadostna in se mora zgoščevati dodatno ali pa morebiti ojačiti nosilno telo.

Poskusne obtežitve se morajo izvesti v razmakih največ 500 m.

Ako se poskusni izsledki med seboj močno razlikujejo, se morajo na vmesnih mestih vključiti daljnji poskusi.

Y) Preizkušnja gostote

Zgostitev temeljnega tla in posameznih slojev zgornjega ustroja je odločilni del utrdilnega postopka. Znak za dobro zgostitev /- sl.lo on.- 36/37- ni samo visoka prostorninska teža; n.pr. morejo cestni sloji z visoko prostorninsko težo zaradi visoke vsebine drobnega materiala imeti manj ustrežajoče lastnosti kot visoko zgoščeni, toda bolj porozni materiali z manjšo prostorninsko težo.

Prostorninska teža (γ) zemljinskega sloja se more določiti z ugotovitvijo teže suhega vzorca in izmero prostornine, katere je vzorec izpolnjeval pred izvzetjem. Ta prostornina se more izmeriti z napolnitvijo praznine s kakim medijem, katerega prostorninska teža je poznana. Zato se more uporabiti pesek (normirani pesek) ali težko mazilno olje.

V naslednjem naj bo prikazana določitev prostorninske teže z normiranim peskom. Izvršiti je treba naslednje delovne stopke:

1. Ugotovitev prostorninske teže (γ_s) normiranega peska: Pesek se napolni skozi neki lijak iz gotove višine v neko merilno posodo, dokler ne teče čez. Preobilica se posname z neko ravnalno letvo in določi teža (G) peska v merilni posodi. Valjasta merilna posoda naj ima premer nekako 150 mm in višino 170 mm. Prostornina valjaste merilne posode mora biti točno 3 dm³. Prostorninska teža normiranega peska je torej, ako je G določena v kg, $\gamma_s = \frac{G}{3}$.

2. Pazljivo izravnana površina sloja, katerega prostorninska teža naj se določi, se očisti vsega prostega materiala. Nanjo se položi ravna plošča, nekako z izmerami 70/70 cm, z okroglo odprtino nekako 20 cm premera. Robovi plošče naj bodo upognjeni navz-

gor; plošča mora ležati popolnoma ravno na tleh.

3. Skozi okroglo odprtino plošče se z zemljskim svodom ali kakim drugim primernim orodjem zvrta vrtina do polne globine sloja, ki naj se preišče in izvzeti material položi na ploščo.

4. Izvzeti material se nato da v neko skodelico. Ves prosti material, ki je še v dolbini, se mora odstraniti z malo ometačo ali kako žlico in dati v skodelico. Zelo je treba paziti, da se noben material ne izgubi.

5. Sedaj se celotni zemljski material, ki je izvzet iz dolbine, stehta /vlažna teža = G_w /.

6. Nato se vzorec v skodelici temeljito izmeša in en del odvzame za določitev vsebine vode. Ta del se najprej stehta v vlažnem stanju / G_f /, nato sesuši in ugotovi suha teža / G_t /. /-37/38-

7. Nato se stehta količina normiranega peska / G_s /, ki je predvidoma večja kot mera, ki je potrebna za napolnitev poskusno dolbine.

8. Nato se normirani pesek-ravno tako, kot je opisano pod točko 1-napolni v poskusno dolbino, dokler ta ni, skoraj ravno s površino tla, polna. Nato se pesek, z dodatkom poslednjih količin, s kako malo ometačo ali kako žlico dovede v ravnino tla in površina preizkusi s kako ravnalno letvo.

9. Preostala količina peska se nato stehta / G_r /.

10. Izračun množine vode zemljskega sloja:

$$w = (G_f - G_t) / G_t$$

11. Izračun suhe teže / γ / zemljskega sloja:

Prostornina zemljskega materiala V

$$V = (G_s - G_r) / \gamma_s =$$

=težina norm.peska, ki je potreben, da nadomesti zemljski material
prostorninska teža normiranega peska

$$\text{Suha te\u017einina} = \frac{G_w/V}{1+w} = \frac{\gamma_s \cdot G_w}{(1+w)(G_s - G_r)}$$

12. Ugotovitev vsebine vode, po to\u010dki 6 in 10, kakor tudi izra\u010dun suhe gostote, po to\u010dki 11, se izvr\u0161i samo, ako gre za vezljive zemljine. Ako je treba ugotoviti suho gostoto zrnate zemljine, se celotni vzorec, ki je po to\u010dki 5 izvzet iz dolbine, sesu\u0161i in poleg vla\u017ene te\u017eine (G_w) - primerjaj to\u010dka 5 - dolo\u010di suha te\u017eina (T_r). Dalje se postopa, kot je opisano v to\u010dkah 7-9. Suha te\u017eina sledi iz:

$$\gamma = \gamma_s \cdot T_r (G_s - G_r)$$

Potrebna suha gostota zgornjega nosilnega sloja se mora privzeti s 104%, spodnjega s 100% Proctorjeve gostote.

4. Izgradnja pla\u0161\u010da .

a/ Mehani\u010dno utrjeni obrabni sloj:

Ako se pri slabi prometni obremenitvi ceste izdelava mehani\u010dno utrjen nosilni sloj, se mora tudi material za obrabni sloj, v sestavi, ki je predvidena v razpredelnici 4 o.n. na str.16 o.n., v potrebni koli\u010dini , spet navoziti v redovce, kot je zgoraj navedeno

/ - 38/39 -

za izdelavo nosilnega telesa, preme\u0161ati in zgostiti. Po valjanju in oblanju se cesta izro\u010di prometu.

b/ Izdelava bituminozne obloge :

Drobni material na povr\u0161ini nosilnega telesa, ki je po prometu zgo\u0161\u010den, se pome\u010de s krta\u010dami tako, da se grobo zrnje ne iztrga iz svoje povezave. Povr\u0161ina vozi\u0161\u010da se pred pometanjem mora ovla\u017editi, da se vezljivo drobno zrnje lahko pome\u010de. Nato se pri oblogah do 3 cm debeline po\u0161kropi vnaprej pribli\u017eno 0,5-0,75 kg/m² \u010dim \u017eidkej\u0161ega vezila in nato vgradi obloga. Pri oblogah nad 3 cm debeline odpade \u0161kropljenje vnaprej. Pri mo\u010dnej\u0161e obremenjenih cestah naj se na mehani\u010dno utrjeno nosilno telo nanese \u0161e sloj

prepojenega ali nasutega makadama ali bituminozno utrjen nosilni sloj najmanj 10 cm debeline in šele potem enojni ali dvojni bituminozni plašč sloj ali plašč od asfaltnega betona.

c/ Izdelava betonskega plašča:

Mehanične utrditve se smotrno uporabljajo tudi kot podloga za betonske plašče.

Vgraditev izboljševalnega sloja in nosilnega telesa se izvrši na isti način kot je opisano pod F, 2 in 3. Potrebna debelina zaščitnega sloja proti zmrzali in nosilnega sloja, se more grobo približno dobiti iz grafikona 8, o.n. na str.30 o.n. ako se od odčitane vrednosti odbije 20 cm.

Pri zemljinah, ki so zložene zelo rahlo, posebno pri vezljivih zemljinah z veliko prostornino por, se priporočajo poskusi pogrezanja bremen s poskusnimi ploščami najmanj 30 cm premera. Ti poskusi dajo osnove za računsko določitev debeline izboljševalnega sloja.

Naj bo omenjeno, da se mehanično utrjena nosilna telesa s pridom morejo uporabiti kot spodnji ustroj tudi za tlakovanja. Debelina zgornjega ustroja se pri tem odmeri po grafikonu 8

o.n. na str.30 o.n.
in se more izvesti ustrezno debelini tlaka za nekoliko centimetrov slabejša.

/ - 39/40 -

G. Vzdrževanje mehanično utrjenih cest.

1. Splošno.

Vsaka cesta, neodvisno od vrste plašča, mora biti stalno opazovana in vzdrževana. Čim slabejši je plašč, tem večjo pozornost

zahteva cesta.

Bistvena lastnost mehanično utrjenih obrabnih slojev je v tem, da morajo biti trajno vzdrževani. Ako se vzdrževanje ceste opusti, predvsem v času jesenskih deževij ter spomladi, propade cesta po kratkem času tudi takrat, ako je do tedaj bila dobro vzdrževana ali celo izboljšana.

Vzdrževanje ceste prične zato že med zimsko strežbo. Obstoja predvsem v dovozu materialov za gradnjo ceste, ki se morajo na zaščičenih mestih tako zložiti, da ne povzročijo snežnih zametov.

Pri zimski strežbi se mora paziti na to, da se pospravljeni sneg, če le mogoče, odloži za morebiti obstoječimi stranskimi jarki. Najkasneje se to mora pristoriti ob početku taljenja snega, ker sicer talilna voda ne more odteči s ceste in se plašč razmehča. Pri naravnih gramoznih cestah se v takih primerih često ni mogoče izogniti začasnimi zaporom prometa.

V ostalem sestojijo ukrepi za ohranitev mehanično utrjenih cest iz vzdrževanja in temeljite obnovitve.

K vzdrževanju spadajo sledeča dela: Pravočasno krpljenje malih udarnih jam, odstranitev brazd in neravnosti na vozišču, popravitev materiala plašča s cestnega robu, čiščenje in vzdrževanje odvodnjevalnih naprav, vzdrževanje prevozov preko ceste.

K temeljiti obnovitvi spadajo sledeča dela: Vzpostavitev prečnega profila s planiranjem z motornim grejđerjem, popravila večjega obsega, novo profiliranje in splošno izravnanje plašča vozišča, z dodatkom mešanice zemljine. Popravilo cestnega trupa in popravilo odvodnjevanja. Popravilo in odstranitev mest zmrzlinjskih poškodb. Vzpostavitev izrabljenega sloja plašča. Vzpostavitev zrnivosti.

Vzdrževanje se vrši tekoče, temeljita obnovitve po potrebi.

2. Tekoče vzdrževanje

a) Spomladi:

Ob početku pomladi se morajo ceste in odtočni jarki na najmanj $2/3$ globine očistiti od snega, odprtine propustov in cevi odpreti in očistiti. Tudi z vozišča, posebno na /-40/41 - nizkih in v senci ležečih mestih, se mora sneg odstraniti čez jarek.

V svrhu hitrejšje izsušitve vozišča, se mora to, čim se je sneg otajal, takoj planirati. Planiranje se ponovi, ako se je tlo otajalo na globino 25-50 cm. Planiranja so potrebna, čim na vozišču nastanejo majhne brazde in neravnosti. Odstranijo se z oskobljanjem z motornim grejderjem. Oskobljanje se ponavlja, dokler po popolni izsušitvi ceste ne obstoji ravna in trdna površina.

Istočasno s profiliranjem, se globoke brazde in velike udarne jame posebno popravijo. Vrstni red del pri tem je sledeč:

Odstranitev prahu in nesnage.

Odrezanje robov jam navpično z lopato in rovnico.

Napolnitev v slojih in trdno sphanje mešanice zemljine, enake sestave kot je ona plašča ceste.

Za ta dela mora biti na banketu pripravljena dovoljna zaloga zemljinske mešanice.

Po otajanju snega in vzpostavitvi cestnega trupa, se morajo stranski in odtočni jarki očistiti in, kolikor je to potrebno, spet popraviti.

b) Poleti:

Vzdrževalna dela sestojijo iz planiranja in popravljanja, v danem primeru tudi iz planiranja plaščev vozišč ter stalnega povračanja materiala plašča, ki ga je promet zmetal v stran, od robu do osi ceste, pod kotom 45° in v danem primeru iz zatiranja prahu z dodatnimi sredstvi.

Planiranje (skobljanje) v suhem vremenu je zabranjeno, ako obstoji nevarnost, da se s tem gramoz plašča vozišča na površini zdrobi in iztrga iz povezave. S tem se pospešuje tvorba prahu in splošna obraba. Pri planiranju mora vedno obstojati približno optimalna vsebina vode. Poletje je to navadno neposredno po padavinah. Ker to stanje često traja samo kratek čas, se mora delati hitro, sicer se mora imeti v pripravnosti vozove z vodo, da se v slučaju potrebe more vlažiti. Najbolj prikladen za planiranje je cestni oblič (motorni grejder). Priporoča se naknadna obdelava z valjarjem z gumijastimi kolesi.

Uporaba odrgnjenega prahu za popravilo udarnih jam in drugih neravnosti, ni dopustna. Za dela te vrste se mora vedno uporabljati sveža zemljinska mešanica. Vozišče mora vedno biti prosto od nepovezanega gramoza.

Pri večjih poškodbah se plašč mora profilirati. Po daljši suši se mora vozišče eventuelno ovlažiti. / - 41/42 -

Bankete je treba vzdrževati, da je površina gladka in da padavinska voda more odtekat.

Za odseke gramoznih cest, na katerih se stalno razvija prah, se priporoča vezanje prahu z dodatnimi sredstvi.

Uporabljajo se tu sredstva, navedena v poglavju C,2., ki se posipajo ali kot raztopina poškrope. Nanesti se morajo ob vlažnem vremenu. Smotrno se za nanašanje uporabijo večerne ure, ker je takrat zračna vlažnost največja.

c) Jeseni.

Vzdrževanje cest sestoji v prvi vrsti iz odvajanja vode z vozišča v stranske jarke, v obdržanju odvoda ter v vzdrževanju podolžnega in prečnega profila z rednim planiranjem. Ob trajajočem jesenskem deževju se vsaka prekinitev mora tudi takrat kadar so

tla preveč mokra, izkoristiti za planiranje. Ako traja deževje do zmrzali, se mora cesta planirati v prvih zmrzalnih dnevih. Po prvi zasnežitvi se planiranje ali profiliranje mora opustiti.

Ako je mestoma potrebno izboljšanje ceste z dodatki, se ti nanese ob vlažnem vremenu.

Jeseni se mora ukreniti vse, da se cesta pred prvo zasnežitvijo dovede v stanje z ravno površino, ker od tega zavisi obstoj ceste popolnoma in povsem.

3. Temeljita obnovitev.

Za temeljito obnovitev plašča se temu dovedejo oni sestavni deli, ki so potrebni, da so izpolnjene zahteve razpredelnice 4 o.n. na str. 16 o.n.

Predno se pri obnovitvi gramozne ceste nanese nov zemljinski material, se mora s cestne površine odstraniti nesnaga in cestni plašč mora biti profiliran.

Ako obstoje globoke brazde, udarne jame in izprana mesta, se mora popravilo teh izvršiti posebej. Pri tem je uporaba čistega peska in gramoza nedopustna, ker se s tem olajšuje nabiranje vode in se vsled tega cestni plašč v okolici razmehča.

Zmrzlinke poškodbe naj se - kolikor je to mogoče - odstranijo z nadomestilom zemljine, ki je občutljiva za zmrzal, z zemljino, ki je proti zmrzali varna, pri čem si posteljica za zaščito proti zmrzali mora izsuševati z drenažami. V danem primeru se mora planum povišati z nasutjem zemljine, ki je pred zmrzaljo varna. Na mestih, ki so občutljiva za zmrzal, se morajo banketi, takoj, ko je minila doba zmrzali, očistiti od snega, da bi se tlo pod banketi otajalo istočasno kot tlo pod očiščenim voziščem. S tem se doseže boljše odvodnjenje in izsušenje cestnega trupa.

Popravila vozišča brez istočasne ureditve celokupnega odvodnjevanja so brezkoristna.

Ako se je v toku časa zrnavost sloja plašča vsled vremenskih in prometnih vplivov poslabšala, se mora, po preizkušnji zrnavosti v plašču, primešati prikladna dodatna zemljina za vzpostavitev najugodnejše zrnavosti. Delovni postopek je, kot zgoraj pod F, 3.a) opisan.

Material, zgubljen vsled obrabe, naj se po možnosti nadomesti vsako leto.

Ta dela naj po možnosti bodo končana, predno se plašč ceste popolnoma izsuši.

Naloga in cilj vzdrževanja naj bo, da je po mehanično utrjenih cestah mogoč promet preko vsega leta. (20).

Strani 206 - 332

Utrditev zemljin s cementom

Za to utrditev obstoje navodila (21), ki se nanašajo na občinske, poljedelske in gozdne ceste.

Navodila so sledeča:

Utrditev zemljin s cementom

Obdelava od februarja 1960

1. Splošno
2. Gradbena izvedba
3. Preizkušnje in preverbe
4. Vzdrževanje

1. Splošno

1.1 Določitev pojma

Pod "utrditvijo zemljin s cementom" razumemo izdelavo nosilnega sloja z zmešanjem zemljine in cementa pri gotovi vsebini vode ter z zgostitvijo te mešanice zemljine in cementa.

1.2 Uporabno področje

Utrditev s cementom se more uporabiti kot nosilni sloj ali kot samostalna učvrstitev.

Uporabnost tega načina gradnje zavisi od kakovosti zemljine. Njegova uporaba je vezana glede ogrožanja po mrazu in glede odvodnjevanja temeljnega tla za iste pogoje kot običajni načini gradnje. (Glej "Smernice za preprečenje poškodb na cestah vsled mraza"). Upoštevanje teh smernic se more omeji-

ti na najvažnejše, ako se na utrditvah s cementom v času odjuge v pravilu ne vrši promet. Utrditve zemljin s cementom morajo v pravilu dobiti obrabni sloj.

1.3 Fizikalne značilne lastnosti zemljine, ki je utrjena s cementom.

Pri nizki trdnosti ima utrjena zemljina nosilne sposobnosti, ki jo zvrste med toge in gibke nosilne sloje.

Utrditve zemljine s cementom se načelno razlikujejo od cementnega betona. Pri tem se ne more prenesti pojma vodno-cementnega faktorja, ki je znan iz betonske gradnje. Odločilna je marveč vsebina vode, ki je za zgostitev najpovoljnejša. Popolno zavetje talnih delcev s cementnim lepilom se ne doseže vedno. V strjenem stanju poveže pa cement zemljinske delce v eno enotno telo. V primeri s cementnim betonom imajo utrditve zemljin s cementom nižje trdnosti in nižji modul elastičnosti.

1.4 Gradbene snovi

1.41 Zemljina

Vsaka v naravi se nahajajoča zemljina, v kolikor ne vsebuje cementu škodljivih sestavin, se more utrditi. Utrditve zelo plastičnih zemljin, je zaradi visoke porabe dela za zdrobljenje in mešanje ter zaradi visoke potrošnje cementa, največkrat neekonomična. Kot zemljina se more uporabiti na mestu pričujoč, izboljššan ali prinešen material. Sestava zrna uporabljene zemljine ne mora odgovarjati sestavi dodatkov pri cementnem betonu.

Zaradi možnosti obdelave ter zaradi obremenitve mešalnih orodij, naj zemljina nima zrnivosti preko 60 mm.

Za utrditev s cementom so uporabne zemljine, ki v bistvu leže levo od črte "V" (graf. 9 na str. 209). Njihova meja tekočnosti naj leži pod 40 %, število plastičnosti naj bo manjše od 15.

1.4.2 Cement

Standardni cementi Z 275 in Z 375 po DIN 1164 in trasni cementi po DIN 1167.

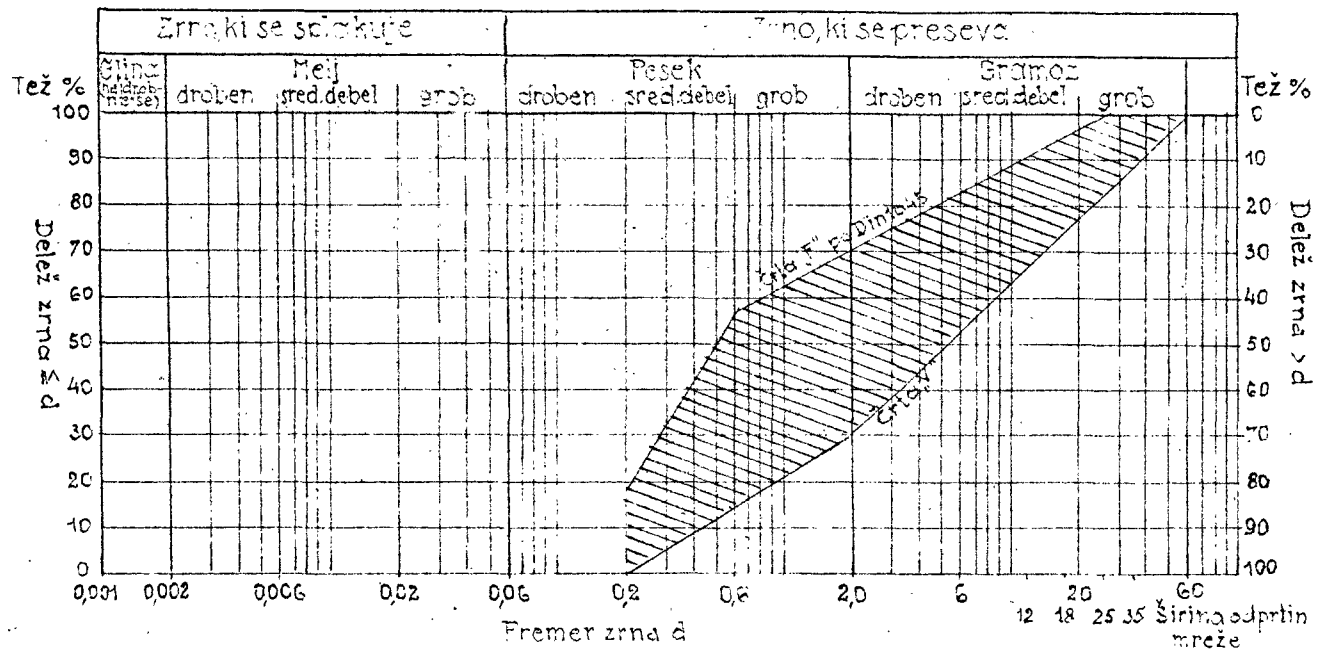
1.4.3 Voda

Vsaka v naravi se nahajajoča voda je uporabna, v kolikor ni zelo onesnažena.

1.5 Sestava in debelina slojev

Utrditve zemljin s cementom se smejo izvajati samo pri enakomerno zgoščenem temeljnem tlu. Upoštevati se morajo sicer običajni ukrepi za odvodnjevanje cestnega trupa.

Debeline slojev zavise od nosilne sposobnosti temeljnih tal in od pričakovanih obremenitev. V zgoščenem stanju so oni v pravilu debeli med 12 in 18 cm. Zgoščeni sloj se mora od obrabnega sloja izdelati na obeh straneh širši za svojo debelino. Ta razširitev odpada, ako so na straneh predvideni obročki. V kolikor ne gre za pomožne gradbene ukrepe, se utrditve zemljine s cementom morajo pred neposrednim učinkom prometa in pred vplivi vremena zavarovati z obrabnim slojem. Ti obrabni sloji morejo biti površinske obdelave, bitumenske zaplake, mehanično utrjeni sloji ali, pri močni prometni obremenitvi, bitumenske obloge (najmanj 50 kg/m²). Neutrjeni robni pasovi naj se zgoste in ozelene.



Krivulje o razvrstitvi zrna

5

2. Izvedba gradbenih del

2.1 Stroji in orodja.

(1) Orodja za paranje in drobitev

(2) Mehanično delujoči razdeljevalci cementa ob vključitvi orodij za mešanje zemljine (orodij za zmaltnje zemljine), posebno takih z visokim učinkom.

(3) Mešalna orodja, s katerimi se doseže zadostno, enakomerno zmešanje zemljine, cementa in vode. Navadno se uporabljajo samohodna ali vlečna orodja za mešanje zemljine.

V posebnih primerih se more mešati tudi v stabilni mešalni napravi.

(4) Orodja za preskrbo vode.

(5) Orodja za zgostitev: ježi, valjarji z gumijastimi kolesi, gladki valjarji, kakor tudi orodja za phanje in tresenje, v kolikor to dopušča vrsta zemljine.

(6) Izravnalna orodja za izdelavo profila (motorni grejder, brana s klini, vlečka z metlo).

(7) Preizkuševalna orodja.

2.2 Potrebna množina gradbenih snovi

2.2.1 Cement

Potrebna količina cementa se ravna po izsledku preizkušnje uporabnosti. Potrebna količina vode je po izkustvu, odvisno od vrste zemljine, v splošnem med 80 in 240 kg/m³ zgoščene mešanice zemljine in cementa in sicer potrebujejo nevezljive zemljine 80-180 kg/m³, vezljive do 240 kg/m³. V posebnih primerih more vsebina cementa biti tudi višja.

2.2.2 Zemljina

Iz ekonomskih razlogov naj se uporablja kar največ na mestu pričujoča zemljina ali pa material, ki se ga pridobiva s strani.

Izboljšanje z dodajanjem prikladnih skupin zrna (n.pr. peska ali gramoza) naj bi se izvršilo samo, ako se zaželene lastnosti ne dajo doseči na drug način.

2.2.3 Voda

Dodatek vode je treba odmeriti tako, da mešanica zemljine in cementsa, pri upoštevanju naravne vsebine vode, dobi količino vode, ki je ugotovljena pri preizkušanju uporabnosti.

2.3 Delovni postopek

2.3.1 Priprava zemljine

Humus, rastlinske sestavine in veliko kremenje se morajo odstraniti. V vezljivih zemljinah se morajo kepe zemljine s prikladnim orodjem zdrobiti tako, da očitno najmanj tri četrtine deležev imajo premer največ 5 mm in da ni nobenih vezljivih drobcev, večjih od 20 mm. Za izboljšanje sestave zrna dodana zemljina se mora enakomerno pomešati z zemljino, ki leži na mestu.

Ako vlaga zemljine presega dopustno vsebino vode, se morajo ali prekiniti pripravljalna dela ali pa se mora zmanjšati vsebina vode z zračenjem (prerezkanjem ali slično). Présuhe vezljive zemljine in peščene zemljine z ilovnatimi lečami se morajo na dan pred predelavo dobro ovlažiti, da so vezljive mrvice zadostno premočene.

Potrebna je predhodna zgostitev zemljine, pri čem mora biti zajet tudi sloj pod pozneje učvrščeno zemljino. Temeljno tlo pod slojem, ki naj se učvrsti, se mora zgostiti

na najmanj 20 cm globočine pri nevezljivih tleh na 100 %, pri vezljivih na 97 % enostavne Proctorjeve gostote.

Ako gre za zemljino, ki se da težko zgostiti, se mora v danem primeru najprej za sebe zgostiti temeljno tlo. V to svrho je smotrno, da se zemljina, ki naj se kasneje utrdi, z grejderjem porine v stran. To velja smiselno za dela po postopku mixed-in plant, pri čem mora spodnji ustroj pred vgraditvijo zgotovljene zmesi biti doveden na 100 % enostavne Proctorjeve gostote. Površina, ki je pripravljena za učvrstitev, mora v zgoščenem stanju že imeti profil gotove utrditve zemljine. Donešene, za utrditev predvidene zemljine, se morajo nasuti najmanj 5 cm debelejše kot pa je predvidena debelina planirane utrditve, pri čem je treba upoštevati razrahljanje, da bi se sprečilo nezaželeno primešanje drugovrstne zemljine iz temeljnega tla.

2.3.2 Dodatek cementa

Cement se mora dodati enakomerno v predvideni količini in sicer ali ročno z razdelitvijo cementa v vrečah ali z mehanično delujočimi razdelilci cementa. Cement se sme razdeliti šele kratko pred vmešanjem.

Pri ročni razdelitvi se cementne vreče razlože v podolžnih in prečnih vrstah, v razmakih, ki se izračunajo na osnovi potrebne količine cementa. Pri cestah 3 m širine in manj, se v pravilu narede dve podolžni vrsti, pri širših cestah naj razmak med podolžnimi vrstami bo približno enak razmaku prečnih vrst.

2.3.3 Mešanje

Postopek mešanja mora zagotoviti popolno in enakomerno

mešanje. Pri vključitvi orodij za mešanje zemljine je mogoče potreben en sam potek dela ali njih več, kar zavisi od tega, kako je orodje zgrajeno in kakšna je kakovost zemljine.

Pri peščenih zemljinah obstoji pri ponovnih suhih mešanjih nevarnost, da cement propade navzdol in da pride v zgornjem sloju do omršavenja. S tem, da se pred vmešanjem cementa doda en del potrebne vode, se ta nevarnost zmanjša.

2.3.4 Dodatek vode

Voda naj se doda enakomerno. Za to je potrebno orodje za razdeljevanje vode (škropilna cev s šobami) in če le mogoče naprava za merjenje vode. Po razdelitvi cementa se voda sme dodati šele, ko je cement vmešan. Predpisana količina vode mora ob početku zgostitve biti dosežena. Ako leži naravna vsebina vode daleč pod ono, katere se je treba držati pri utrditvi, more biti koristno, da se en del potrebne količine vode razdeli, še predno se doda cement. Padavine in izhlapevanje se pri dodajanju vode morajo upoštevati.

2.3.5 Izravnanje

Izravnanje naj se izvrši skupno z zgoščevanjem, pri čem se dela s cestnim obličem (grejderjem) ali s posameznimi elementi orodja za mešanje zemljine.

2.3.6 Zgoščevanje in obdelava površine

Zgoščevanje

Za zgoščevanje pridejo v poštev orodja, navedena pod 2.1 (5). Ježi naj se vključijo v zvezi z valjarji z gumijastimi kolesi in lahkiimi gladkimi valjarji (5 do 6 t).

Pri tem dosežejo različni valjarji sledeči učinek:

Jež pregnete zemljino, ima globinsko delovanje in ostvari dobro vzobčanje učvrščenih slojev v spodaj ležečo zemljino. Valjar z gumijastimi kolesi podpira delo ježa in doseže posebno v zgornjih 5 do 8 cm potrebno zgostitev. Pri ugodnih obremenitvah more ta valjar tudi pri debelejših slojih doseči optimalne zgostitvene vrednosti. Lahki gladki valjar zgladi površino.

Pri dobro stopnjevanih zemljinah zadostuje samo vključitev gladkih valjarjev (6 do 8 t).

Pri nevezljivih zemljinah se morejo vključiti tudi orodja za tresenje, pri vezljivih zemljinah phalna orodja primernega učinka. Mešanice zemljine in cementa iz vezljivih zemljin morejo zahtevati za dosego predpisane gostote ojačano vključitev orodij za zgoščevanje, ako so za mešanje potrebne več kot dve uri in ako vladajo višje zunanje temperature.

Delo zgoščevanja se more smatrati dovoljnim, ako je dosežena zadostna prostorninska teža v smislu preizkušnje uporabnosti.

Obdelava površine

Ako po dovršitvi zgostitvenega postopka površina ni dovolj ravna, jo je neposredno zatem treba popraviti.

V to svrho se površina razpara nekoliko centimetrov globoko z brano s klini ali s kakim drugim lahkim orodjem in izdelava natančni planum. Mešanica zemljine in cementa, ki jo je morda potrebno naknadno vgraditi, mora odgovarjati pričujočem materialu. Celokupna površina, katero je treba naknadno obdelati, se mora še enkrat zgostiti (v pravilu z valjarjem z gumijastimi kolesi), po potrebi ob dodatku vode.

2.3.7 Časovni potek del

Zahtevi glede časovnega poteka del so odredjeni s strditvijo cementa. Od početka do dokončanja obdelave zemljine naj pri srednjih temperaturah ne potečejo več kot dve uri. Podolžni pasovi naj se po možnosti položijo sveže na sveže.

V posebnih primerih, ki zavise od kakovosti zemljine, širine ceste in o uporabljenih orodjih, šestokrat nimogoče, pridržati se zgoraj navedenega roka. Časovna razdobja do nad 4 ure od dodatka cementa do dovršitve zgostitve so dopustna samo, ako vsi delovni postopki sledijo eden za drugim. Vlažna mešanica zemljine s cementom pri tem pred zgostitvijo nikdar ne sme ostati nepremešana dlje kot 20 minut. Predvidena vsebina vode mora med tem podaljšanim trajanjem biti nadzorovana posebno pazljivo.

2.3.8 Prireditve rege

Prostorske in navidezne rege se pri utrditvah tla ne morajo prirejati. Delovne rege naj se v splošnem izoblikujejo kot stisnjene rege, toda brez zgornje stične reže in brez bitumenskega premaza.

2.4 Vremenske razmere

Za izvajanje utrditve zemljin je potrebno vreme brez zmrzali in s čim manj padavin.

2.5 Naknadna obdelava

Izgotovljena utrditev zemljine se mora po izdelavi najmanj 7 dni držati dobro vlažna ali pa se mora prevleči s kakim sredstvom, ki sprečava izhlapevanja (bitumenska vezila, ki se morejo uporabljati v hladnem stanju ali druga sredstva za naknadno obdelavo). Ako je med tem časom pričakovati zmrzal, se mora zemljinska utrditev pokriti.

2.6 Predaja prometu

Po zemljini, ki je utrjena s cementom, se ne sme voziti prej kot 7 dni po izdelavi.

Lahek gradbiščni promet se more pripustiti - v kolikor ne nastanejo poškodbe.

3. Preizkušanja

3.1 Preiskovanja pred izvedbo gradnje

3.1.1 Splošno

Izvetje vzorcev in preizkušanja mora izvršiti laboratorij, ki ima z "utrditvijo s cementom" izkušnje. Preizkušanja uporabnosti se morajo izvršiti pravočasno pred pričetkom del. S preiskovanji se ugotove uporabljivost zemljine, potrebna količina cementa, potrebna količina vode in najmanjša gostota utrditve zemljine.

3.1.2 Preizkušnja uporabnosti zemljine

Zemljina se mora preiskati glede:

- (1) organskih sestavnih delov,
- (2) vsebine vode,
- (3) meje tekočnosti, meje razvaljanja in oblikovalnosti,
- (4) zrnivosti

Število vzorcev zavisi od menjanja kakovosti zemljine.

Preizkušnja zemljine naj se vrši po preizkuševalnih postopkih "Opomnika za zemljinsko-fizikalne preizkuševalne postopke" in DIN 4226 § 5, odst. 2.

3.1.3 Voda

Glede tega glej oddelek 1.4.3.

3.1.4 Preizkušnja uporabnosti mešanice zemljine in cementa

Pri gradnji podeželskih cest naj se potrebna najmanjša količina cementa odmeri tako, da nastane mešanica zemljine in cementa, ki je stanovitna na vremenu in na zmrzali. Za to ugotovljena količina cementa se ne sme bistveno prekoračiti, ker sicer obstoji nevarnost škodljive tvorbe razpok. Stalnost glede vremena in zmrzali se more pri zemljinah, ki leže v gotovih mejah, dokazati tudi z njihovo tlačno trdnostjo.

Ako se najvišje obremenitve, ki so navedene v 1. delu opomnikov "Učvrstitev podeželskih cest" bistveno in stalno prekoračujejo, se mora preizkušnja uporabljivosti izvesti po "Začasnem opomniku za učvrstitev zemljin s cementom".

3.1.4.1 Preizkušanja na sveži mešanici

Vsebina vode, ki je potrebna za zgostitev ter potrebna gostota naj se ugotove v Proctorjevem poskusu po "Opomniku za zemljinsko-fizikalne preizkuševalne postopke".

Ako Proctorjevi poskusi ne dajo nedvoumnih najvišjih vrednosti suhe prostorninske teže, se mora vsebina vode, ki jo je treba porabiti, ugotoviti s tlačnimi poskusi z vzorci, ki se izdelajo pri enaki vsebini cementa, enakem zgoščevalnem delu in različni vsebini vode. Pri upoštevanju predpisanih tlačnih trdnosti po 28 dnevih, se mora vzeti ona količina vode, ki da največjo tlačno trdnost. Tlačne trdnosti se morajo ugotoviti po 28 dnevnem ležanju na vlažnem zraku in nato sledenjem 4 urnem ležanju v vodi.

3.1.4.2 Preizkušanja na utrjenem tlu

(1) Preizkušnja v vlažnem in suhem stanju ter v zmrznjenem in otajanem stanju (preizkušnja v zmrzali) po American Society for Testing Materials D 559-57 in D 560-57.

(2) Ako leži tlo znotraj mej za "F in V", navedenih na sl. 9, se more izvršiti preizkušnja tlačne trdnosti s poskusnimi vzorci, napravljenimi v Proctorjevem valju. Tlačna trdnost po 28 dnevih naj ne bo manjša kot 60 km/cm² in ne večja kot 100 kg/cm².

3.2 Preiskovanja med izvajanjem gradnje

3.2.1 Preveritve zemljine

Zemljina, ki naj se utrdi, se mora preiskati glede pričujočih organskih sestavnih delov. Ti se morajo - ako se zemljina sicer izkaže kot uporabljiva in v kolikor gre za grobe onesnažitve - odstraniti. Ako temeljno tlo pod utrditvijo zemljine ni dovolj nosilno, se mora poprej izboljšati in z ustreznimi ukrepi zavarovati pred pronicanjem vode.

Pred učvrstitvijo se v primernih razmakih preveri kakovost zemljine s presejalnimi poskusi. Vsebina vode se stalno preverja. (karbidna metoda ali zračni pyknometer). Zemeljski planum se glede svoje gostote preveri z ugotovitvijo suhe prostorninske teže.

3.2.2 Cement

Cement se mora preizkusiti glede prostorninske stalnosti in početka strjevanja po DIN 1164 § 23 a/b in § 24. DIN 1164 velja glede tega tudi za trosni cement.

3.2.3 Voda

Glede tega glej odstavek 1.4.3

3.2.4 Mešanica zemljine in cementa

Mešanica zemljine in cementa se mora preiskati glede:

- (1) potrebne zdrobitve,
- (2) predpisane vsebine vode in glede enakomerne razdelitve vode v mešanici. Te preizkušnje naj se izvrše večkrat dnev-

no. Priporoča se uporaba karbidne metode ali zračnega pyknometra;

(3) dosežene gostote, ki mora doseči najmanj gostoto, dognano pri preizkušnji uporabnosti. Za ugotovitev prostornine zemljine za izračunanje prostorninske teže se uporablja smotrno pri drobnozrnatih zemljinah valj za izbadanje, pri zemljinah z grobim zrncom metode nadomestka z vodo, mavcem, oljem ali peskom.

3.3 Preveritve na gradbišču

Za doseg neoporečnega cestišča se mora med izdelavo stalno preverjati:

(1) dodajanje pravilne količine cementa s preveritvami količin razdeljenega cementa, kakor tudi enakomerno vmešanje cementa v zemljino;

(2) ravnost površine;

(3) pridrževanje predvidenih slojnih debelin.

3.4 Prevzemne preizkušnje

Učvrstitev s cementom velja kot prevzeta, ako preizkušnje, izvršene med gradnjo, ustrezajo postavljenim zahtevam.

V dvomljivih primerih se mora učvrstitev s cementom preveriti glede predvidene tlačne trdnosti z izdrtimi kosi, pri čem se iz izdrtih kosov morajo izrezati kocke. Dolžina izdrtih kosov naj bo najmanj trikrat tolikšna kot debelina sloja, vendar ne manjša od 40 cm.

Razlike od predpisane debeline sloja naj ne bodo večje od - 1,5 cm in +2,5 cm.

4. Vzdrževanje

Vzdrževanje se v pravilu omeji na negovanje prekrivne plasti in naprav za odvodnjevanje .

4.1 Tvorba razpok

Kmalu po strditvi cementa ali pri močnem padu temperature, se morejo v utrjenem sloju pojaviti razpoke, tenke kot las, ki niso škodljive, v nasprotju z razpokami, ki nastanejo vsled premajhne nosilnosti ali vsled premajhne debeline sloja. Razpoke v obrabnem sloju se morajo popraviti.

4.2 Poprava poškodb

Poškodbe sloja, ki je utrjen s cementom, se morejo popraviti z mešanici zemljine in cementa. Kot osnovna zemljina za novo utrditev je treba uporabiti zemljino, ki je čim bolj enaka oni za prvotno utrditev. Poškodovana mesta se izdolbijo na polno debelino sloja z navpičnimi robovi. Spodnji ustroj se morazgostiti posebno pazljivo. Za vgraditev, zgostitev in dopolnilno obdelavo veljajo ista načela kot za utrditev novih odsekov cest.

Po viru (12) dajem izvod iz opisa utrditve s cementom, ki je izšel v gozdarski reviji Allg.Fzschr. in je torej namenjen specialno gozdarskim strokovnjakom. Z njim pa se navodila (21) samo nebitveno izpopolnjujejo.

Detajlne podatke praktičnega primera tu izpuščam. Navajam samo:

Cesta se je zgradila na močvirnem terenu, dolžina odseka je bila 800 m. Močvirnata tla so na eni strani poti morala biti odkopana. Cesta je dobila povprečno 30 cm visok nasip nad profilom stare ceste. Nasuti material je izvzet iz peščene jame, 1 km daleč. Sestajal je iz "grobega peska", v katerem so se nahajale številne manjše ilovnate grudice, ki zahtevajo posebno upoštevanje. Ocenjena potrebna količina cementa je znašala 105 do 135 kg/m³. Zgoščeni nasip je dobil na obeh straneh do 1,50 m globoke odvodne jarke in je bil utrjen do globine 15 cm, v širini 3,50 m. Širina celokupne krone ceste znaša 5 m. Kot zaključek je utrjeni sloj dobil površinsko zaščito, v obliki bitumenske obrabne preproge, 3 cm debeline (60 kg/m², drobni asfaltni beton).

Splošno pa se o utrditvi gozdnih cest s cementom, poleg ostalega navaja:

Tudi v gradnji gozdnih cest, kjer gre za to, da se gozdna področja ne samo čim daljnosežneje odpro za izvoz lesa in za gozdna dela, temveč, da mora cestno omrežje težkim obremenitvam z vozili za prevoz lesa (morebiti s stebli, ki se zadaj vlečejo po tleh) biti trajno doraslo po svojem sestavu, svoji stabilnosti in svojo površino (obrabnim slojem), predstavlja klasični betonski plašč - čeprav v enostavnejši izvedbi in pri več ali manj rokodelski izdelavi - neosporno najboljše rešenje. Številni primeri betonskih cest v gozdu v mnogih gozdnih področjih in dobre izkušnje z betonskimi plašči dokazujejo to.

Obstoje pa predeli, kjer se na daleč in široko ne morejo najti nobena primerna nahajališča gramoza in obstoje primeri, kjer dolgi odseki cest z neznatno prometno gostoto govore za druge, enostavnejše oblike učvrstitve cest, ki so potrebne iz ekonomskih razlogov.

V poslednjih desetih letih se je v takih okoliščinah počela uporabljati v naraščajoči meri utrditev zemljin, študirale se daljnosežne izkušnje drugih držav na tem polju, predvsem USA, Francije in Avstrije in se koristno uporabile.

Tudi orodja za gradnjo cest z utrditvijo zemljin, ki so bila razvita v Ameriki in Angliji, so bila prevzeta in vključena.

Utrditev zemljin, kot izboljšanje pričujoče zemljine ali ekonomičnega izvzetja zemljine iz sosedstva, služi za izboljšanje temeljnega tla ali (v gotovih okoliščinah tudi in) za izdelavo nosilnega sloja cest in trgov vseh vrst.

Mehanična utrditev zemljin obsega izboljšanje kakovosti dane ali prinešene zemljine, po potrebi z dodatkom odgovarjajočih drugih talnih gradiv, kakor peska, gramoza, event. tudi glin in prikladno zgostitev do stabilnosti cestne konstrukcije. Ta stabilnost je posledica notranjega trenja zemljine v cestni konstrukciji, ki je podprto z izboljšanjem kakovosti ter doseženo oziroma zadostno povišano z zgostitvijo.

Daljnje povišanje notranjega trenja in s tem stabilnosti, je potrebno, ako naj temeljno tlo ali nosilni sloj prevzame težjo prometno obremenitev in dobi daljšo dobo trpežnosti. Ona se more doseči samo s povišanjem kohezije posameznih zemljinskih delcev. Edina, naravno v zemljini nahajajoča se snov, ki ima kohezijsko delovanje, je glina. Ta pa z vsebino vode spremeni

močno svoje lastnosti in njen vpliv se more pri odgovarjajočem nagomilanju vode spremeniti v nasprotje. Zato se pritegnejo za utrditev zemljine vezila, neobčutljiva za vodo, kot cement, bitumen, katran itd.

O utrditvah zemljin s cementom obstoje tudi najdaljnosežnejše izkušnje, spet iz USA. Amerikanci so se od pred več kot 25 leti bavili s problemi utrditve zemljin s cementom in so izoblikovali praktične metode postopkov, ki k zaželenemu uspehu dovedejo z danes najvišjo mogočo zanesljivostjo. Z drugimi besedami, pri utrditvi zemljin s cementom, se more pravilno odmerjanje vlage in dodatka cementa, v odvisnosti od vrste zemljine, ki je na licu mesta pričujoča ali prinešena ter primeren način postopka odrediti z večjo gotovostjo kot pa pri katerem koli drugem vezilu.

S pomočjo izkoriščenja ameriških izkušenj, je v prešlih letih ravno za gradnjo gozdnih in gospodarskih poti izdelan Opomnik v okviru "Smernic za zasnovanje, gradnjo in vzdrževanje podeželskih cest". Iz njih slede potrebna predhodna preiskovanja, preizkušanja zemljin in bistveni delovni poteki postopka pri utrditvi zemljin s cementom, kot bodo tu na kratko opisani.

I. Načelne značilnosti

V gradnji gozdnih poti se z utrditvijo zemeljne s cementom praviloma izdelata nosilni sloj, ki nastane z zmešanjem zemljine z določeno količino cementa pri določeni optimalni vsebini vode in z zgostitvijo zmesi zemljine s cementom. Ona predstavlja otrdelo plast, ki obremenitvam prometa, ki na njo deluje in vplivom vremena, trajno klubuje. Predpogoji za to se preizkusijo v laboratoriju z zamrzninskimi in vlažno-suhimi poskusi.

Utrditve zemljin s cementom imajo v primeri z betonom nizko tlačno trdnost in nizek elastičnostni modul, ki pa zadostujejo tudi za visoke prometne tovore. Vsled cementno-kemične utrditve zemljine se doseže, da utrjeni sloj deluje kot plošča, ki dobro razdeli prometne tovore in s tem povzroči zmanjšano obremenitev temeljnega tla. Ona jamči za dobro ravnost cestnega plašča.

Utrditev zemljine se pokrije z obrabnim slojem, ki odvrča vodo. Kot pri vseh cestnih učvrstitvah, je tudi pri utrditvah zemljin s cementom, treba skrbeti za dobro zgostitev temeljnega tla in za neoporečno odvodnjenje. Debelina nosilnega sloja, ki je utrjen s cementom, znaša praviloma 12 do 20 cm.

Debelina obrabnega sloja se ravna po prometnih obremenitvah, pri čem v gradnji gozdnih cest zadostujejo bitumenske preproge od 40 do 60 kg/m² ali dvojne površinske obdelave.

Ako se najtežji promet ne vrši spomladi, t.j. v času najmočnejšega premočenja v toku leta, se more debelina cestne konstrukcije vzeti manjša.

II. Gradiva

1. Načelno je za utrditev s cementom primerna vsaka zemljina, ki se da zdrobiti in ki se s cementom strdi. Zemljine z visoko vsebino gline se dajo slabo zdrobiti, so zato manj primerne in zahtevajo večji dodatek cementa. One se morejo s predhodnim obravnavanjem z apnom v mnogih primerih tolikoboljšati, da postane mogoča dokončna utrditev s cementom.

Zemljine z organskimi primesmi, kot humusom in šoto, se s cementom ne strde in zato ne pridejo v poštev. Pri majhnih organskih primesih se morejo te paralizirati z dodatkom klorkal-

oija (0,6 do 1 % težine zemljine), dodatkom spnenega hidrata ali apnenega oksida (1 do 4 % težine zemljine) ali z mešanjem približno 25 % glinaste zemljine k 50 % prvotne zemljine.

2. Za utrditev so primerni normni cementi po DIN 1164 (prtlandski cement ali plavžarski cement) ali trasni cement po DIN 1167. Potrebna količina cementa je pri največ zemljinah med 90 in 180 kg/m³.

3. Za dodajanje vode je porabna vsaka ne zelo onečiščena voda.

III. Načini gradnje in gradbena orodja

1. Izvedbe gradenj se izvrše največ s "postopkom na mestu", pri čem se zemljina, ležeča na mestu, izmeša ali pa se od mešalnih orodij, ki vozijo preko nje, prevzame, izmeša in spet razdeli, redkeje s "centralnim mešalnim postopkom", pri čem se zemljina prevzame, v napravi, ki stoji na mestu, izmeša in nato spet vgradi in zgosti.

2. Pri "postopku na mestu" se praviloma morajo izvesti sledeči delovni postopki.

(Dodanje vode) - razrahljanje zemljine - (dodanje vode) - zdrobitev zemljine - predhodno izravnanje - razdelitev cementa - mešanje - dodanje vode - mešanje - zgostitev - površinsko razparanje - natančno izravnanje - (dodanje vode) - naknadna zgostitev - naknadna obdelava. Vrsta zemljine, vreme in razpoložljivo orodje zahtevajo često gotove spremembe v načinu dela.

3. Izvedba gradnje zahteva orodja, ki so glede svoje zmogljivosti eno z drugim usklajena:

Pri zemljinah v čvrstem sloju ali zemljinah, ki so v preseku zgoščene: orodja za razparanje in za drobitev. Kot taka se morejo uporabljati posebna orodja za razparanje in drobitev, mešalno orodje in v sili tudi poljedelska orodja, kot plugi,

brane itd.

Dodanje cementa se navadno regulira z enakomerno razdelitvijo vreč s cementom na odseku. Orodja za razdelitev cementa se vključijo samo pri večjih gradbenih namerah.

Važna so mešalna orodja, kot mešalci z več potekov (ki zmešajo zemljino, cement in vodo v več prehodih), mešalci z enim potekom, prevozne mešalne naprave, ki zemljino prevzemo, zmešajo in spet razdelata ter na mestu stoječe mešalne naprave, slične mešalnim napravam za beton. Nekatera mešalna orodja za učvrstitev zemljin imajo opremo za dodajanje cementa in vode, nekatera preko tega še naprave za izravnavanje in zgoščevanje.

Pri manjših gradbenih namerah more kot mešalno orodje služiti tudi motorni cestni oblič (= motorni grejder). Tudi poljedelska orodja (hrana s koluti, kultivator itd.) se morejo vključiti kot mešalna orodja.

Za razdelitev vode na odseku so potrebni (smotrno največkrat dva ali trije) vozovi za vodo s pršilno cevjo.

Orodja za zgoščevanje v odvisnosti od navzoče vrste zemljine (ježi, valjarji z gumastimi kolesi, vibracijski valjarji, tresilne plošče, tresilni plohi, phalno orodje in sl.)

Ravnalna orodja za izdelavo ravne površine (cestni oblič = grejder).

Orodja za lahko površinsko ohrapavljenje (klimasta brana, metlasta vlečka ali slično).

Raztezne rege se pri utrditvi zemljin ne predvidevajo. Delovne rege se izdelajo kot stisnjene rege. Podolžnih reg se je po možnosti treba izogibati.

IV. Preizkusni postopki

A. Vsaki utrditvi zemljine morajo predhoditi laboratorijske preiskave, ki naj pri utrditvi zemljine s cementom razbistre sledeča vprašanja:

- a) določitev navzočih vrst zemljin,
- b) primernost za učvrstitev s cementom,
- c) potrebna vsebina vode,
- d) suha prostorninska teža, ki naj se doseže z zgostitvijo,
- e) potrebna količina dodatka cementa.

B. Preizkušnje na gradbišču

1. Pred pričetkom gradnje se mora preizkusiti temeljno tlo (voznja po njem s težkim vozilom z zračnicami). Podajna mesta se morajo izboljšati. Tudi višinski položaj planuma je treba preveriti.

2. Drobitev razprane zemljine, ki naj se učvrsti, se mora nadaljevati in preverjati tako dolgo, da gre najmanj 80 % vezljivih deležev (mrvic) skozi 5-mm kvadratično luknjasto sito oziroma 7-mm okroglo luknjasto sito (velikost graha) in da nobenih mrvic ni, ki bi bile večje od 25 mm. Pred pričetkom razdelitve cementa se zemljina tako izplanira, da bo pri svoji zgostitvi dala predpisani profil.

3. Stvarno razdeljeno količino cementa je treba preveriti po razdelitvi vreč in po širini ceste.

4. Zaradi določitve vsakokrat potrebnega dodatka vode je treba tekoče preverjati vsebino vode zemljine oziroma zmesi zemljine in vode.

5. Globinski učinek obdelave se tudi mora tekoče preverjati.

6. Važno je enakomerno izmešanje zemljine in naj se tekoče preverja z oceno na oko.

7. Doseženo zgostitev je treba preveriti posebno pri prvem odseku, da bi se ugotovilo število potrebnih prehodov orodij za zgoščevanje. Za zagotovitev kakovosti zgostitve je potrebno za suho prostorninsko težo 95 do 100 % Proctorjeve gostote, ki je ugotovljena v laboratoriju.

V. Vzdrževanje zemljinskih utrditev

Utrditve zemljin s cementom se smejo samo za podrejene namene in samo začasno pustiti brez obrabnega sloja, ki odbija vodo. Pri majhnem prometu se predvidi površinska obdelava. Močnejši promet zahteva obrabne sloje večje debeline. Da bi se sprečil prodor razpok, je treba dati prednost gradbenim načinom z gotovo gibkostjo (n.pr. zasutim plaščem, ki vsebujejo sloj grobega gramoza). Vzdrževanje zemljinske utrditve se omeji praviloma na vzdrževanje obrabnega sloja in naprav za odvodnjevanje.

K vprašanju tvorbe razpok naj bodi pripomnjeno, da po strditvi cementa v učvrščenem sloju nastopijo razpoke, ki med seboj imajo samo majhen razmak od nekoliko decimetrov, toda ga morejo imeti tudi do več metrov. Te razpoke se pri majhnih razmakih odpro samo malo in po dosežanjih izkušnjah nimajo vpliva na trpežnost plašča. Ako razpoke prodre bitumenski obrabni sloj, se morajo zaliti z židko bitumensko snovjo.

Pri utrditvah zemljin, ki so izvršene v hladnejši letni dobi, je tvorba razpok navadno neznatnejša in se praktično sploh ne pokaže.

VI. Stroški utrditve zemljin s cementom.

Utrditev zemljin se more označiti kot način gradnje, ki zmanjšuje stroške.

Ker je preprožna obloga mogoča poleg dražje tudi v cenejši izvedbi in ker more biti dobro zamenjana z dvojno površinsko obdelavo, morejo stroški za obrabni sloj v danem primeru, nasproti prvovrstni preprožni oblogi, biti občutno nižani.

Ceste v zemljedelskih področjih, kot jih građi

"Biro za izgradnjo puteva objekata u poljoprivredi" u Novom Sadu

1. Zbirne ceste. To so ceste najnižjega reda, ki omogočajo pristop površinam pod kulturami ter izvlačenje proizvodov iz kompleksa obdelovalnih površin ter prevoz do ekonomij, obratov, uprave.

2. Interne ceste predstavljajo medsebojno zvezo med obrati in ekonomijami. To so ceste srednjega reda.

3. Priključne ceste povezujejo ekonomsko središče zemljedelske organizacije oziroma eno od najpovoljnejše situiranih ekonomij z najbližjo javno cesto. To so ceste najvišjega reda.

Ceste pod 1) imajo spodnjo podlogo 10-20 cm višine od odbranega lokalnega materiala ter zgornjo podlogo 10-20 cm višine od odbranega lokalnega materiala, mehanično ali kemijsko poboljšane ali stabiliziranega.

Ceste pod 2) imajo spodnjo podlogo 15-20 cm višine od mehanično ali kemično poboljšane lokalnega materiala, zgornjo podlogo od kemične ali mehanične stabilizacije ter obrabni sloj 2 cm višine od bitumenske površinske obdelave.

Ceste pod 3) imajo sloj čistoče višine 10 cm od odbranega lokalnega materiala, spodnjo podlogo 15-20 cm višine od kemično ali mehanično poboljšane odbranega lokalnega materiala, 10-20 cm višine od kemične ali mehanične stabilizacije odbranega lokalnega materiala ter obrabni sloj 2-3 cm višine od bitumenske površinske obdelave.

Material in način stabilizacije. Najpogostejši materiali, ki so uporabljeni za vozišče so: prhlica, prašine in vse vrste

peskov. Popravljanja osnovnih materialov je vršeno z dodajanjem raznih odpadnih (drobnih) materialov iz proizvodnje kamnolomov. Kemijska stabilizacija je vršena s cementom ali apnenim hidratom ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Niveleta vseh teh cest je dvignjena 0,50 - 0,70 cm nad teren.

Nagib nivelete = 0 % - 5 %.

Odvodnjevanje. Ceste so (kot rečeno) dvignjene nad teren, razen tega imajo široke stranske jarke 60 cm globine. Prečni pad vozišča je 2-4%, banketov 3-4 %. Brežine nasipa oziroma jarkov so blage in sicer 1 : (2-4).

Cena 1 km ceste, kategorije interne ceste je bila, po podatku iz l. 1961:

V režiji Biroja:

zemeljska dela	2,0-3,0	mil	din
podloga	3,5-4,0	"	"
obrabni sloj	1,8-2,0	"	"
<hr/>			
skupno	7,3-9,0	"	"
povprečno	8,15		"

V režiji zemljedelske organizacije

zemeljska dela	1,2-2,0	mil	din
podloga	3,0-3,5	"	"
obrabni sloj	1,8-2,0	"	"
<hr/>			
skupno	6,0-7,5	mil	din
povprečno	6,75	"	"

Podatki o stabilizaciji, dobljeni ob obisku "Biroja
za izgradnjo puteva objekata u poljoprivredi" u Novom Sadu,
dne 31. avg. 1962

Biro je do sedaj zgradil že 50 km stabiliziranih cest.

Ima 3 garniture Howard in sicer 2 mali, za širino 1,22 m in 1 veliko, za širino 1,83 m.

Cena za mali Howard je 25 mil din, za veliki pa 43 mil din.

Poleg same garniture se uporablja še vibro-valjar in cisterna za vodo. Oni v prednjih cenah niso zapopadeni in niso od iste firme, kot sama garnitura.

Vibro-valjar samo še izgladi ("ispegla") površino, ki jo je že zgostil kompaktor.

Poleg tega so pri delu še potrebni kamioni za dovoz uporabljivega materiala iz bližine gradbišča ter stroj za mehanično kopanje in nakladanje tega materiala na kamione.

Dalje je potreben grejder za ravnanje slojev ter skreper za kopanje jarkov.

Zgornja dva sloja tla se morata odstraniti. In sicer je to zgornji sloj, ki je od črne zemlje in pod tem ležeči sloj, tzv. prehodni sloj. Debelina obeh slojev je 30 do 100 cm. Šele sloj izpod teh dveh slojev je uporabljiv.

Jarke koplje skreper. Imajo prečni profil 6 ali 9 m². Dno jim je 2-2,5 m. Razlika med niveleto ceste in dnom jarka je minimalno 1 m.

Stabilizirano vozišče obstoji iz sledečih slojev:

Kot najspodnji sloj se izdelata sloj čistoče. Nato pride 2 sloja, povezana s cementom, od po 15 cm debeline, skupno 30 cm. Nato pride obrabni sloj in sicer 2 slojna ali 3 slojna površinska obdelava ali asfaltna preproga.

Po valjanju z vibro-valjarjem se zgornji sloj obdela z 1 kg/m² bitumenske emulzije, da se spreči dalje izhlapevanje. To ni obrabni sloj. Obrabni sloj pride šele na ta sloj. In sicer se cesta poliva 3 dni, nato se poškopri z emulzijo. Po daljnjih 7 dnevih se stavlja obrabni sloj. Mogoč pa je tudi postopek, da se stavlja emulzija že po 1 dnevu, na to pride tanek sloj peska. Podaljških 7 dnevih se stavlja 1 kg vročega bitumena na m².

Preseganje trakov pri delu z garnuturo Howard mora biti minimalno 5 cm.

Posamezni trak je fiksiran levo in desno s kolci.

Globina mešanja, ki ga izvrši stroj, je 10-20 cm. Minimum cementa, ki ga stroj more raztresti je 9 kg/m².

Največ ga mali Howard more raztresti 37 kg/m². Pri primešanju 48 kg/m² je moral mali Howard biti vključen dvakrat.

Za spodnjo podlogo se potrebuje 4-8 % cementa, za zgornjo 8-12 %.

V enem slučaju so uporabljali 50 % lokalnega materiala in 50 % odpadnega zdroba, frakcije 0/30 mm. V tem slučaju se porabi manj cementa. Predhodno je uporabljeno tudi apno.

Na banketih se ne primešava cement.

Na enem mestu so stabilizirali samo z apnom. Pot pa ima kolesnice. Tudi ta način stabilizacije zahteva površinsko obdelavo.

Zmogljivost dela je teoretično 3 m širine in 600 m dolžine = 1800 m² dnevno. Realen podatek pa je 3 m širine in 400 m dolžine = 1200 m². Pod to površino je mišljena samo s cementom stabilizirana površina, brez trakov s strani. Pod delovnim dnevom se razume 7 1/2 efektivnega dela in 1/2 ure pavze.

Računa se, da so poti grajene za skupno obtežbo (vozilo + koristno obtežbo) 10 t, obstojata pa dve poti za skupno obtežbo 20 t.

Opis ceste, ki se je gradila ob mojem bivanju tamkaj, (31. avg. 1962), na področju Zemljoradniške zadruge Novi Bečej

Širina stabiliziranega tla = 3 m

2 banketa à 2 m = 4 m

Na vsakih 300-500 m so predvidena izogibališča od lomljenega kamna; dolžine 20 m, na vsaki strani ceste po 1 m širine.

Izdelujejo se trije sloji:

Najspodnji, kateremu se ne primeša cement = 12,5 cm
Sestoji od peska.

Nad tem je 15,0 cm mešanica s cementom.

Ta dva sloja sta napeljana skupno, a obdelan s cementom je samo zgornji.

Nato pride 12,5 cm sloj, tudi zmešan s cementom.

Dimenzije so računane v nabitem stanju.

Ves material je navožen, ker je material na licu mesta neuporabljev.

Najspodnji sloj (12,5 cm) in spodnja podloga (15 cm) sta navožena s skreperjem. Zgornji s kamioni, ker je skreper pretežak.

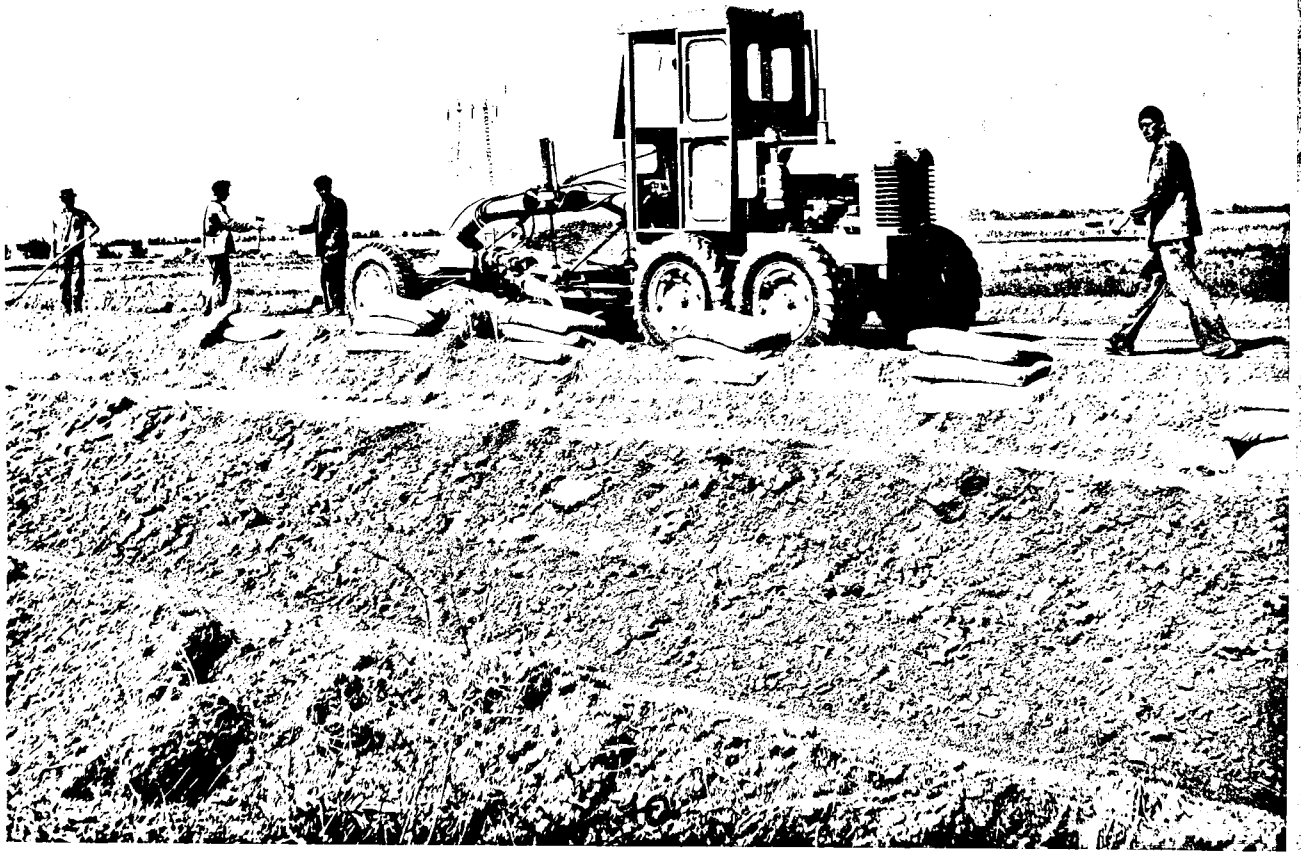
Količina cementa: v spodnji podlogi je 9 kg/m², kar je 4 % težinskih; v zgornji podlogi pa 28 kg/m² kar je 12 % težinskih.

Deloma je na tej cesti predvidena dvojna površinska obdelava z bitumenom 40/200, deloma pa asfaltna preproga debeline 2,5 cm.

Cena je bila kalkulirana v l. 1961 z 10 mil din/km, v l. 1962 pa to odgovarja 12 mil din/km. V tej ceni so zajeta vsa dela: zemeljska, stabilizacija in obrabni sloj. Ako je vozišče 5 m široko, je cena za 50 % višja.

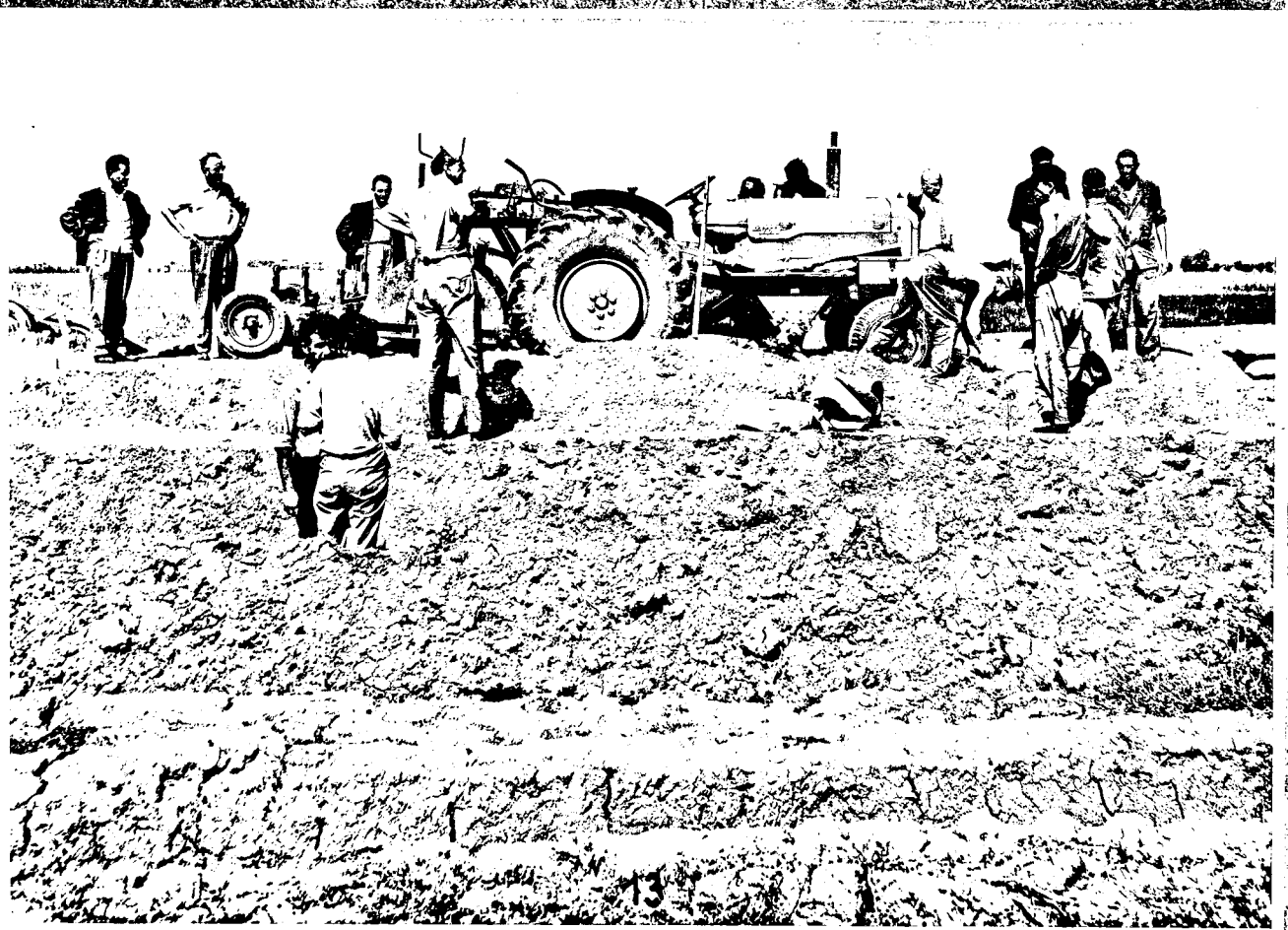
Opisu priključujem nekaj svojih posnetkov, ki predstavljajo:

št. 10	na str. 236	grejder,
št. 11	na str. "	razpored vreč cementa,
št. 12	na str. 237	celo Howardovo garnituro,
št. 13	na str. "	samo traktor in stabilizator,
št. 14	na str. 238	" " " kompaktor,
št. 15	na str. "	" " " cisterno za vodo,
št. 16	na str. 239	vibro-valjar,
št. 17	na str. "	6 km dolg odsek stabilizirane ceste III. reda Kumane-Melenci, širine 5 m vozišče + 2 x 1 m banketa, ki ga je izgradil Biro.

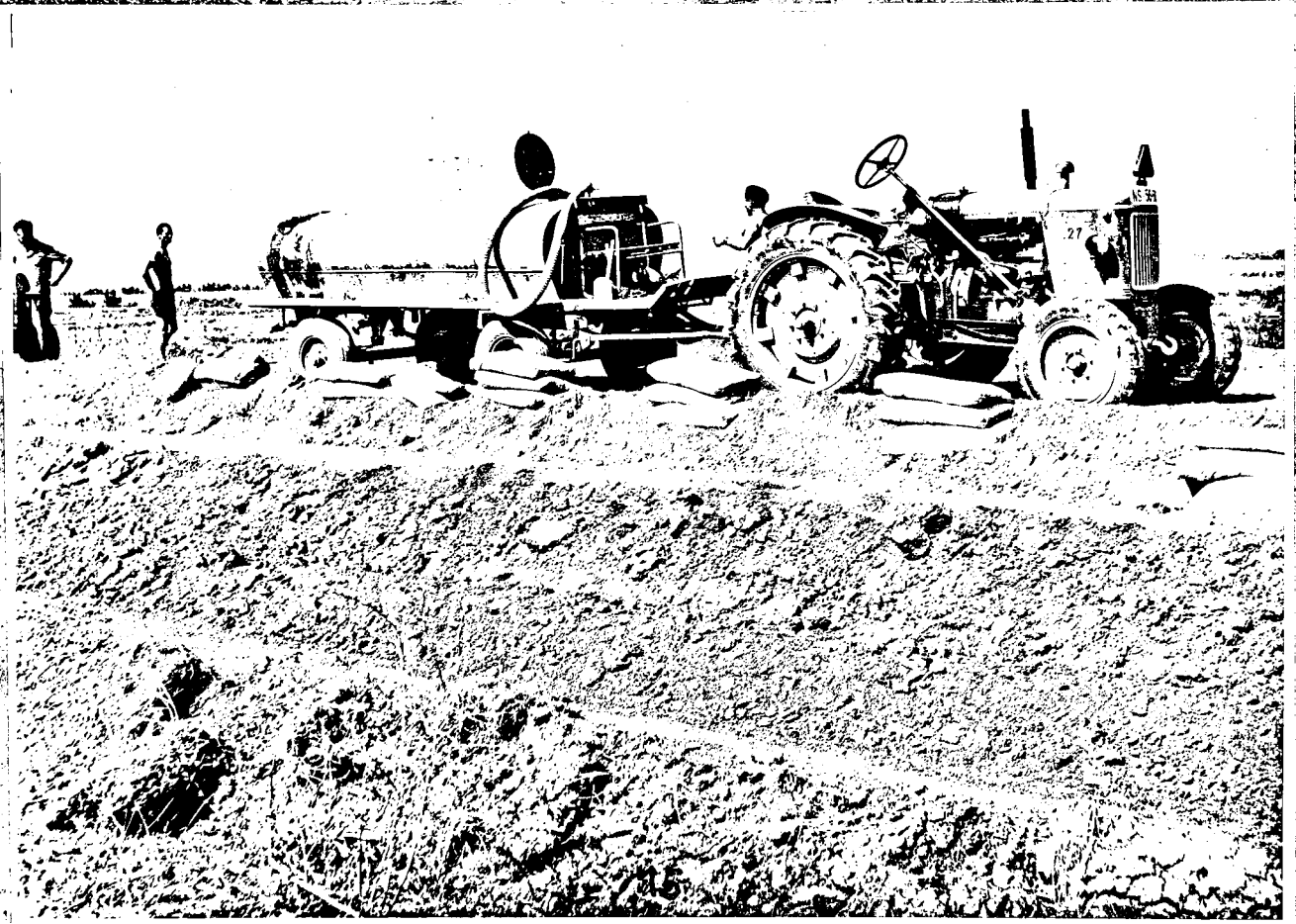
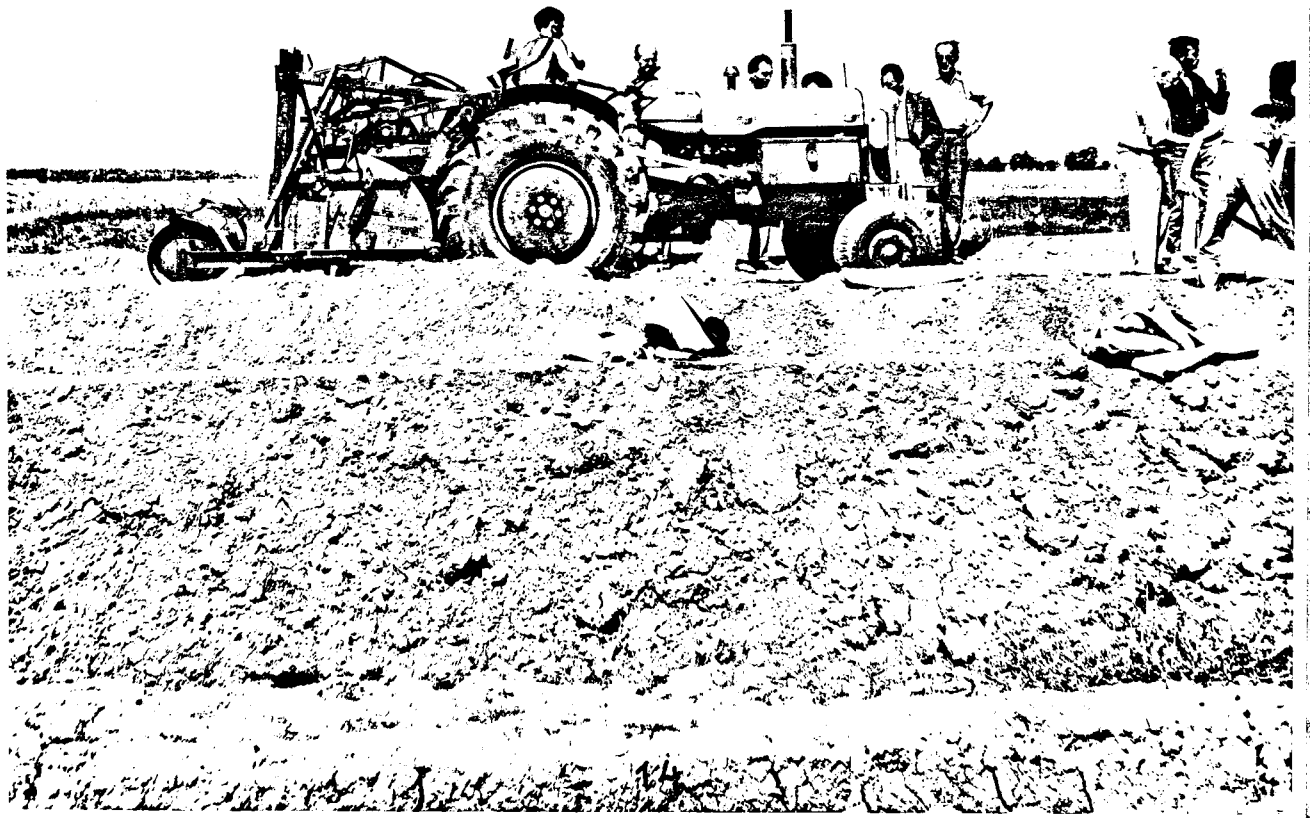


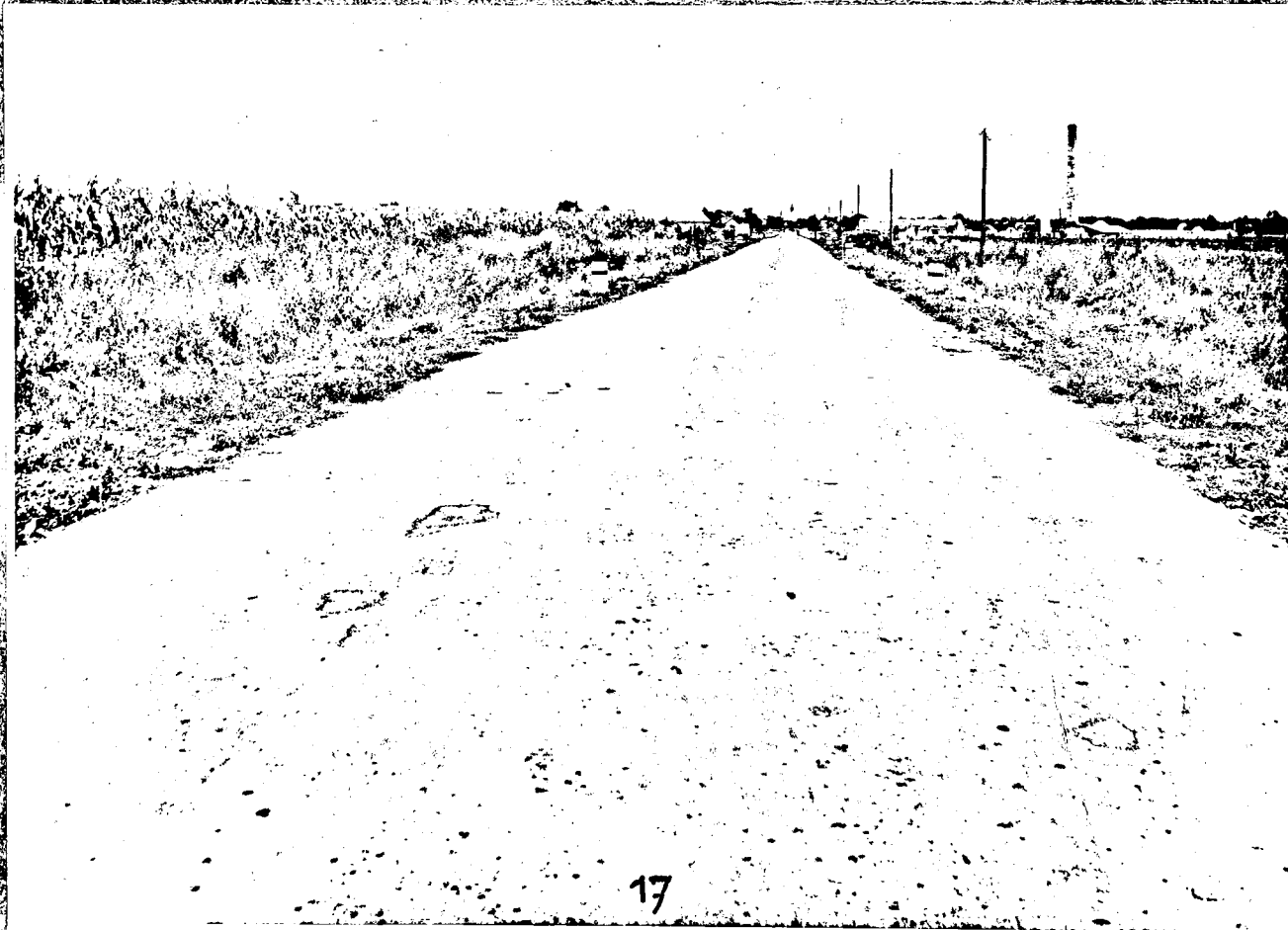


12



13





Garnitura strojev za stabilizacijo tla "Howard",
proizvod angleške firme Rotary Hoes Ltd.

Osnovne operacije v postopku stabilizacije so:

- 1) Razbijanje zemljine v drobne delce.
- 2) Mešanje osnovnega materiala (zemljine) z primesjo.
- 3) Odgovarjajoče zbitje mešanice.

Stabilizacija tla se po načinu in mestu obdelave osnovnega materiala more razdeliti v 3 grupe:

- 1) Mešanje na licu mesta (Mix in Place).

Naprava zajema material, dodaja vezilo in vrši zbitje.

- 2) Mešanje v premiku.

Material se meša v napravi, ki se premika ter dovozi in vgrajuje v pripravljeno posteljico.

- 3) Centralno mešanje v bazi (Central Mix-Plant).

Mešanje materiala se vrši v centralni ureditvi v bližini trase ter se od tu razvaža in vgrajuje.

Od teh treh načinov je najbolj zaželen onaj pod 1), ker je najbolj ekonomičen in najhitrejši. Ta način se more vršiti v več delovnih operacijah z uporabo več raznih strojev. Vsak stroj ob svojem prehodu izvrši posebno operacijo.

Ob daljnji izpopolnitvi pa je konstruirana garnitura, ki ob samo enem prehodu, izvrši vse operacije: ritje, drobljenje, dodajanje vezila, mešanje, planiranje in definitivno zbitje.

Tako garnituro predstavlja sistem "Howard" in njo uporablja "Biro za izgradnjo puteva objekata u poljoprivredi" u Novom Sadu.

Garnitura sestoji iz:

- 1) traktorja, 2) stabilizatorja, 3) kompaktorja.

Ad 1) Traktor goseničar ima močan Perkins Dieselmotor. Njegov namen je vlek in dajanje pogona napravi za razprostiranje cementa in rotorju stabilizatorja. S svojim prenosnim mehanizmom omogoča delo stabilizatorja za predvideno debelino obdelave tla. Praktično daje moč rotorju za zarezanje v tlo 10-20 cm globoko. Traktor ima tudi ureditev za lastno aranžiranje osvetljenja celokupne garniture v slučaju nočnega dela.

Ad 2) Stabilizator je srednji del garniture in vsebuje sledeče elemente:

rasprostirač cementa,
sistem za vodo (ali ogljikovodično vezilo),
stabilizator.

Sistem za vodo se more uporabiti tudi v slučaju dela z nekim ogljikovodičnim vezilom, za razliko od dela s cementom, ko ta sistem dela z vodo.

Stabilizator v ožjem smislu predstavlja močan rotor, namenjen za drobljenje, sekanje in mešanje osnovnega materiala z dodano primesjo in vodo. Doseže zelo visoko stopnjo razbijanja materiala (zemljine) in intenzivno mešanje z vezilnimi sredstvi, puščajoč za seboj dovršeno obdelan material homogene sestave. V sestavo stabilizatorja spada tudi regulator za globino zarezovanja v tlo, ki se regulira ročno.

Cel ta srednji del garniture (stabilizator) se more po potrebi dvigati in spuščati v toku dela. To je omogočeno s hidravličnimi dvigali, ki so montirana na stabilizatorju.

Ad 3) Kompaktor je samohodni stroj, ki vrši operacije zbitja, planiranja in definitivnega komprimiranja. Navadno dela uvezan^V skupno garnituro, more pa delati tudi popolnoma samostojno in oddvojeno.

Glavni sestavni deli so: pogonski motor, gosenice, hidravlični okvir, naprava za dviganje, regulator za debelino zajetja, rotor za zbijanje materiala, grejder (deska), ki planira in nabijalne uteži.

Kompaktor ima 6 uteži po 226 kg. Delo teh uteži se more prilagoditi s padom z različnih višin.

Howardov kompaktor se more uporabljati tudi kot samostalna naprava, namenjena planiranju in nabijanju. Tudi daje odlične rezultate pri mehanični stabilizaciji. Prav tako na tlu, ki se pri valjanju z valjarji giblje in se ne da zbiti.

Širina delovnega zajema je 183 cm.

Dolžina cele Howardove garniture je okrog 11 m.

Projektirana širina vozišča se more izvesti z več Howardovih garnitur naenkrat ali pa z eno garnituro v več paralelnih trakovih.

Prednosti Howardove garniture.

Brzina postopka. Celi postopek je završen v treh minutah. S stroji, ki posamezno vrše to delo, traja postopek najmanj eno uro.

Kvaliteta dela je odlična. Debljina zajetega sloja zemljine je enakomerna, ravno tako doziranje vezila, mešanica osnovnega materiala in vezila je homogena, projektirani profil se izdelava korektno, zbitje je dobro. Uspešno se izvede nadviženje v krivinah. Ne pojavljajo se valovi ali kolesnice, ki se pojavljajo pri delu z raznimi valjarji ali napravami s pnevmatičnimi

gumami. Zajetje garniture po širini je strogo stalno in daje izvedenemu traku delovni stik za sledeči trak.

Učinek. Pri napredovanju 3,5 m v minuti, garnitura delovne širine 183 cm ima teoretični učinek $3,50 \times 1,83 = 6,40$ m²/min, ali 380 m²/uro. Rezultati dobljeni iz prakse v Holandiji v sezoni 1956/57 leta znašajo 320 m²/uro.

Delo pri vlažnem vremenu. Nevarnost od dežja in ploh je precejšnja, ako se dela s stroji v več prehodih. Pri Howardovi garnituri pa je ta nevarnost minimalna.

Delo na zemljiščih sumljivih kvaliteta. Pri mešanju na licu mesta se včasih nameri tudi na tlo, ki vsebuje razne organske materije, ki paralizirajo dejstvo navadnih portlandcementov. V takih primerih Howardova garnitura rešava to vprašanje z uporabo hitro vežočega cementa. On je manj občutljiv na organske materije, a njegova uporaba je pri Howardovi garnituri mogoča, kar se ves proces stabilizacije opravi v treh minutah, dočim je početek vezanja hitrovežočega cementa pri približno 15 minutah.

Segregacija in sesušenje. Zapaženo je, da pri izvajanju stabilizacije tla v več prehodih, grobejše frakcije v sestavi osnovnega materiala gredo navzdol, dočim se v površinskih slojih kopičijo drobne frakcije. To ima za posledico nehomogeno sestavo mešanice oziroma v spremenjeni trdnosti konstrukcije. Pri postopku s samo enim prehodom, a posebno pri garnituri Howard izključujejo se ti negativni pojavi.

Razvlečenost tehnološkega procesa pri postopku z napravami z več prehodov proža možnost hitrega sesušenja pripravljene osnovnega materiala (ob pripekah), a tudi same

mešanice pred izvršenim nabijanjem. Pri stabilizaciji pa je doseganje in vzdrževanje optimalne vlažnosti tla in mešanice od največje važnosti. V sušno vreme je često potrebno, dovoziti velike količine vode, da bi se dosegla optimalna vlažnost. Kratka dolžina tehnološkega procesa pri Howardovi garnituri (vsega okrog 7 m) omogoča, da se v obdelanem zemljišču in mešanici obdrži dosežena optimalna vlažnost.

Izvedba krivin. Dočim druge garniture zahtevajo minimalni radius 60 m, dotlej Howardova garnitura izvodi krivine i pod 15 m. Kadar pa ni v delovnem postopku, temveč pri transportu, obvlada krivine i do 4-5 m polmera.

Dostopnost napravi v toku postopka. Kratka kompozicija Howardove garniture zavzema na trasi zelo mali prostor. Razna postrežna sredstva zato brez oviranja morejo vršiti svojo nalogo (razvoz cementa, cisterne za vodo, cisterne za bitumen in podobno).

Zavarovanje izvedene stabilizacije. Pri delu z Howardovo garnituro, ki preide samo enkrat, je mogoče negovanje z vlago zbitega tla, ako je izvršena stabilizacija s cementom, neposredno za kompaktorjem. Ravno tako izvedba kakega obrabnega sloja.

Delo ponoči. Na traktorju obstoji naprava za razkošno razsvetljavo.

Nadzor i kontrola dela. Ker je kompozicija dolga le 10 m, je nadzor zelo olajšan. Ravno tako kontrola izvedene kvalitete dela.

Rentabilnost. Pri garniturah, ki stabilizirajo s prehodi več posameznih strojev, je rentabilnost manjša kot pri garnituri Howard.

Risba št. 18 na str. 246 predstavlja to garnituro (34).

Še drugi stroji

ki se, razen stroja "Howard", ki ga uporablja "Biro za izgradnjo puteva i objekata u poljoprivredi" u Novom Sadu, uporabljajo za gradnjo stabiliziranih vozišč drugje.

V viru (31) so imenovani stroji, ki vse operacije izvrše v enem samem prehodu stroja: Harnischfeger, Seaman, Pettibone-Wood.

V viru (32) je dan kratek prikaz zapadnonemškega stroja "Vügele".

Stroj sestoji iz traktorja, rijača ter naprave za drobljenje, planiranje i nabijanje.

Mešalec sestoji iz dveh osov in z lopaticami za mešanje. Naprava je tako konstruirana, da je vedno osigurana ista višina sloja, ki se vgrajuje.

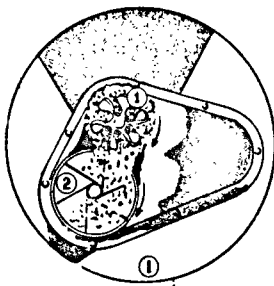
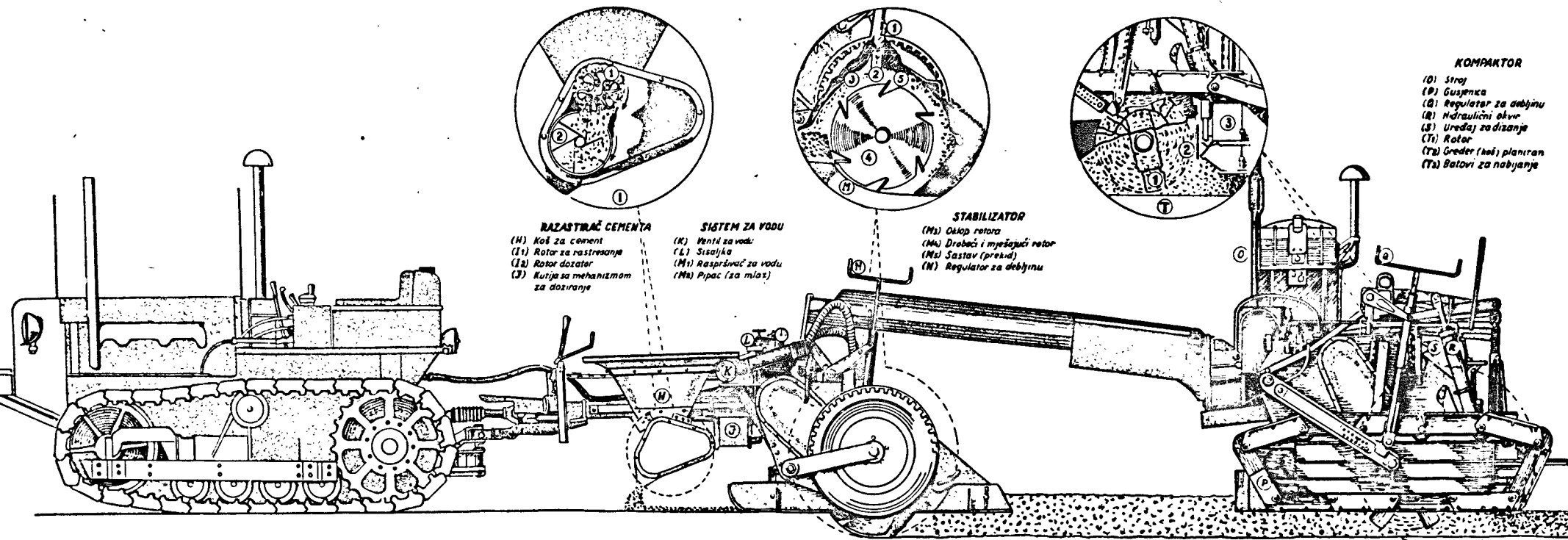
Po že izdelanem sloju se giblje devet pnevmatičnih koles, ki onemogočajo tonjenje stroja. Razen tega vrše prvo komprimiranje. Za temi kolesi je montirana vibracijska gred za nabijanje, ki se more regulirati po višini, a morejo se menjati tudi frekvence in amplitude.

Kolesa in naprava za planiranje so tako postavljeni, da se za časa dela avtomatično izvrši niveliranje površine. Na ta način je osigurana konstantna debelina sloja.

-HOWARD - JEDNOPROLAZNA GARNITURA ZA STABILIZACIJU TLA

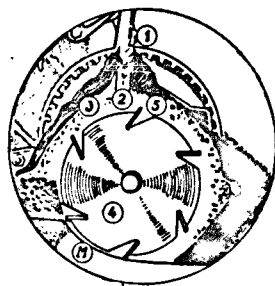
PRILOG 1.

ORIGINAL: HOWARD SINGLE PASS SOIL STABILISATION TRAIN
by ROTARY HOES LTD.



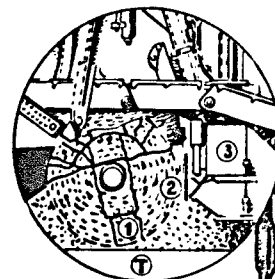
RAZASTRAČ CEMENTA

- (H) Koš za cement
- (I) Rotor za rastresanje
- (J) Rotor dozator
- (K) Kutija sa mehanizmom za doziranje



SISTEM ZA VODU

- (K) Ventil za vodu
- (L) Sisaljka
- (M) Raspršivač za vodu
- (N) Pipac (za mlaz)



STABILIZATOR

- (M) Otklop rotora
- (Ma) Drobaci i mješajući rotor
- (Mb) Sastav (prednji)
- (M) Regulator za debljinu

KOMPAKTOR

- (O) Stroj
- (P) Gusjenica
- (Q) Regulator za debljinu
- (R) Hidraulični okvir
- (S) Uređaj za dizanje
- (T) Rotor
- (Ta) Greder (naš) planiran
- (Tb) Batovi za nabijanje

TRAKTOR

Dužina: 304,88 cm
Visina: 182,40 -
Težina: 5.983 kg

STABILIZATOR

Dužina: 350,5 cm
Visina: 132,1 -
Težina: 2.340 kg

KOMPAKTOR

Dužina: 421,6 cm
Visina: 254,0 -
Težina: 5.148,56 kg

Stroj je konstruiran tako, da se z njim more vršiti stabilizacija s cementom, bitumenom ali katranom.

V viru (39) se daje prikaz stabilizacije, pri kateri se uporablja kot glavni stroj grejder. Poleg grejderja pa so še potrebni nižje navedeni stroji.

Grejder je sicer stroj, ki ni konstruiran v prvem redu za uporabo pri stabilizaciji cestišč, temveč glavna naloga mu je planiranje vodoravnih in poševnih površin.

Vsa dela, ki jih grejder more vršiti, pa so: ritje, snemanje humusa, planiranje, razprostiranje materiala, mešanje stabilizacijskega materiala, kopanje in čiščenje jarkov, planiranje brežin usekov, pozimi čiščenje snega.

Pri stabilizaciji s cementom se uporabljajo sledeči stroji: grejder, kamion za razprostiranje cementa, motorna cisterna za vodo in 8-10 tonski valjar. Ako je tlo peskovita ilovica, se uporablja še jež.

Najprej grejder odstrani humus, zatem prerije in odstrani sloj globine 15-20 cm, predviden za stabilizacijo, na rob planuma. V kolikor planum ni dovolj kompakten, se tudi prerije na globino 15-20 cm, odstrani in ponovno razprostre v slojih 3-5 cm, ob škropljenju z vodo in stalnem zbijanju z ježom ali valjarjem. Na tako zbiti planum se razprostre sloj za stabilizacijo po celi predvideni širini. Na ta sloj se zmečejo iz kamiona na točno odrejenih razmakih vreče s cementom. Razmak odvisi od odstotka cementa, ki je predviden za stabilizacijo. Ta odstotek se navadno giblje od 3-7%, a odvisen je od vrste materiala in predvidene obtežitve. Nato grejder z vodoravno, a poševno položenim nožem in zobmi počne ta material premetavati z enega robu na drugi, dokler se cement popolnoma ne zmeša. Nato se tako zmešani material zbere na polovico planuma ter se škropi z vodo s pomočjo avto-cisterne. Za cisterno grejder takoj od-

metava poškropljeni sloj, a cisterna ponovno pristopa škropljenju. Nato grejder počne mešati navlaženi material na isti način, kot je to delal z materialom v suhem stanju. Kadar je material dobro zmešan, ga grejder razprostre na predvideno širino, a valjar takoj pristopa valjanju (v kolikor gre za material, v katerem prevladuje gramoz, se nabija z vibracijskimi ploščami). Tako stabiliziran sloj je treba negovati še 7 dni kot beton, t.j. treba ga je stalno vlažiti. Nato se položi obrabni sloj v obliki asfaltne preproge ali površinske obdelave, kar je odvisno od jakosti prometa. Delovna dolžina za stabilizacijo s cementom ne bi smela biti večja od 100 m, da se ne bi zgodilo, da bi cement počel preje vezati, kot se razprostre in uvalja.

Pomanjkljivost stabilizacije s cementom je v tem, da se po ugraditvi ne more takoj položiti obrabni sloj.

V kolikor se za vezno sredstvo uporabi stabilna emulzija ali specialni razredčeni bitumen, postopek je popolnoma isti kot pri cementu, samo da se namesto cisterne in kamiona za dovoz cementa uporablja motorna brizgalna za emulzijo oziroma razredčeni bitumen.

Prednost tega veznega sredstva je v tem, da se takoj po vgraditvi more položiti obrabni sloj.

Delovna dolžina grejderja je tu 200 m. Edina težava je v eventualni nabavi stroja za brizganje. Količina emulzije, oziroma razredčenega bitumena se jemlje 4-10%, kar je spet odvisno od materiala i predvidenega prometa.

Utrditev zemljin z bituminoznimi vezili

Za to utrditev obstoje navodila (22), ki se nanašajo na občinske, poljedelske in gozdne ceste.

Navodila so sledeča:

Utrditev zemljin z bituminoznimi vezili

Obdelava od julija 1959

1. Splošno
2. Načela gradnje
3. Izvedba gradbenih del
4. Preizkušnje in preverbe
5. Vzdrževanje

1. Splošno

1.1 Določitev pojma

Pod pojmom "utrđitev zemljin z bituminoznimi vezili" se razume utrđitev zemljin z dodavanjem kakega bituminoznega vezila, za izdelavo nosilnih slojev.

Značilnost utrđitve zemljin z bituminoznimi vezili je uporaba na mestu navzoče, izboljšane ali od drugje dopremljene zemljine.

1.2 Uporabna področja

Uporabljati se more ta način učvrstitve bodisi za nosilni sloj, bodisi kot samostalna učvrstitev.

V posameznem primeru zavisi možnost uporabe tega postopka od kakovosti zemljine, od izbrane vrste celokupnega načina izgradnje ter od prometnih obremenitev, ki se morejo pričakovati.

S primešanjem bituminoznega vezila se delci zemljine med seboj zlepijo. S tem se gradbenotehnična svojstva zemljine izboljšajo in poveča njena možnost odpora proti vplivu vlage. Ako je zemljina, ki naj se utrdi, zrnata, ki ima samo malo ali nobenih vezljivih sestavnih delov in je v suhem stanju torej brez kohezije, služi vezilo predvsem kot lepilna gradbena snov. Nasprotno so vezljive zemljine z več kot 35 % meljastih in glinastih delov pri zmerni vsebini vlage, sposobne za nošenje gotovih bremen, zgube pa to sposobnost pri prekomerni vlagi. Tu dodano vezilo, kot tvar, ki odvraca vodo, sprečava škodljivo sprejemanje vode.

Bituminozno utrjeni nosilni sloji znižajo obremenitev temeljnega tla ter naj zmanjšajo sile, ki jih povzročajo promet ter jih enakomerno porazdele na spodaj ležeče plasti.

Kot samostojna učvrstitve z enostavnim površinskim zaključkom (n.pr. z bituminozno zaplako, površinsko obdelavo, tenko preprožno oblogo ali slično), se more "utrđitev zemljin z bituminoznimi vezili" uporabiti za izdelavo podrejenih cest z lahkim prometom, cest za povezavo krajev, zemljedelskih in gozdnih cest, kolesarskih in mopedskih poti ali sličnih prometnih in obratnih površin. Podrobnosti tehnične izvedbe površinskega paključka so opisane v "Opomniku za cestne učvrstitve z bituminoznimi vezili".

Ta opomnik našemu elaboratu ni prključen, čeprav ga imamo. To zato ne, ker sem namesto njega prključil specialno za gozdne ceste sestavljene "Tehnične smernice za gradnjo črnih plaščev na gozdnih cestah".

Uporaba postopka je vezana glede ogrožanja po mrazu in glede odvodnjevanja temeljnega tla za iste pogoje kot običajni načini gradnje (Glej Smernice za preprečenje poškodb na cestah vsled mraza). Upoštevanje teh Smernic se more omejiti na najvažnejše, ako se na teh poteh v času odjuge v pravilu ne vrši promet.

1.3 Vrste zemljin

Področje zemljin, ki so uporabljive za bituminozno utrditev, ni še dokončno zajeto. Doslej so z uspehom bile z bitumenom utrjene sipke zemljine (peski in gramoz) ter vezljive zemljine zmerne oblikovalnosti (stopnja plastičnosti < 10), z deležem do 75 težinskih % $< 0,06$ mm premera zrn. Povečana mehanična obdelava zemljine ter naraščajoča občutljivost proti vplivom vremena med izgradnjo, omeje izbor uporabljivih vrst zemljin. Zemljine, ki vsebujejo glino, se morejo bitumensko utrditi pod gotovimi pogoji po predhodni obdelavi z apnom ali drugimi snovmi.

2. Načela gradnje

2.1 Pogoji

Skupna značilnost vseh sipkih, zemljin je pomanjkanje vsake kohezije v suhem stanju. S primešanjem prikladnega bituminoznega vezila naj se posamezna zrna tako med seboj zlepijo, da se obdrže trajno v najgostejši legi, ki se kasneje doseže z zgoščanjem. Zemljina s tem dobi dodatno, trajno kohezijo. Vezljive zemljine imajo dovoljno kohezijo samo do gotove vsebine vlage. Pri daljem dostopu vlage zgube te zemljine svojo kohezijo in s tem svojo nosilnost. Tu naj "bituminozno vezilo", ki naj se doda, kot vodo odvrtačoča snov, prepreči škodljivo sprejemanje vode. Iz tega slede za odmero vezila, vrsto vezila, mešanje in zgostitev, sledeče načelne zahteve:

a) Dodatek vezila ne sme biti odmerjen previsoko, ker prekomerno vezilo deluje mažasto in zmanjša notranje trenje mešanice zrna.

b) Da se doseže čim večja kohezija, se mora dati prednost viskoznejšim (t.j. gostejšim) vezilom ali vezilom (specialnim emulzijam), ki učvrste tudi zemljine z višjo vsebino gline, pred manj viskoznim, pod predpostavko, da je zagotovljen neoporečen postopek pri uporabi.

c) Z intenzivnim mehaničnim mešanjem se mora zagotoviti dobra razdelitev vezila.

d) Pri zgoščevanju mešanice vezila in zemljine se mora paziti na pravila zgoščevanja zemljin glede optimalne vsebine vlage. Pri tem se mora upoštevati, da tudi primešano vezilo kot tekočina more prispevati k zgostitvi.

2.2 Način izgradnje in debeline slojev

Ako se neka zemljina s kakim bituminoznim vezilom utrdi, naj se s tem zgradi trajen, proti spreminjajoči vlagi, temperaturi in prometni obremenitvi neobčutljiv sloj. Zgornja meja dodatka vezila je odrejena s pogojem, da ne sme nastopiti škodljivo plastično preoblikovanje.

Nasprotno so pri pomanjkljivi količini vezila, predvsem slabo stopnjevane zemljine, z mnogo praznin, nagnjene k premočenju. To se vidi iz različnega ponašanja glede stabilnosti vlažnih mešanic nasproti suhim (glej kasneje : Preizkušanje uporabnosti).

Ako zemljina, ki naj se utrdi, vsebuje meljaste deleže, povzročajo ti poleg gotove izpolnitve praznin, okorelostno delovanje na vezilo. Ako neki zemljini (n.pr. pesku), manjkajo ti drobni deleži, se morajo dodati s primernimi polnili (n.pr. kame-no moko), ustrezno izsledkom preizkušanja uporabnosti.

Poleg pravilno odmerjene količine vezila, je treba pri izgradnji bitumensko učvrščenega nosilnega sloja polagati posebno važnost na dobro zgoščeno mešanico zemljine in vezila. Stopnjevane zemljine, posebno one z deleži melja, so dobre za izdelavo nosilnih slojev.

Dodatek približno 2 težinskih % apnenčevega hidrata izboljša možnost mešanja vezljivih zemljin, poveča prijenjanje vezila na zemljinskem zrnu, olajšuje strditev in zmanjšuje občutljivost za vodo.

Najobičajnejše debeline nosilnih slojev in samostalnih učvrstitev na podeželskih cestah pri gradnji mixed-in-place, so 10-15 cm. V izjemnem primeru (n.pr. pri izdelavi s prisilnimi mešalci) semorejo pri mali obremenitvi in pri dobro prikladni zemljini dopustiti debeline slojev do 8 cm.

Utrditve zemljin z bituminoznimi vezili se v splošnem izvajajo v enem sloju.

2.3 Gradbeni materiali

2.31 Vezila

Uporabiti se morejo sledeča vezila, ki so tule razvrščena po svoji viskoznosti:

- vroči katrani
- mešani bitumen
- hladni bitumen
- hladni katran
- bitumenske emulzije
- katranske emulzije

V splošnem velja načelo: kolikor debelejšje zrno zemljine, toliko gostejše (viskoznejše) naj bo vezilo; kolikor drobnejše zrno, toliko redkejše naj bo vezilo.

2.32 Polnila

Upoštevati je treba, da vrste polnil, ki so v trgovini običajne, imajo različno velike deleže zrna pod 0,09 mm. Polnilom s čim drobnejšo meljavo je priznati prednost.

2.33 Apneni hidrat

Uporabljati je treba apneni hidrat po DIN 1060^{x)}. To je tovarniško, v zelo droben prah suho gašeno apno, ki ima najmanj 80 težinskih % reakcijsko zmožnega prostega kalcijevega oksida (CaO) in magnezijevega oksida (MgO), v odnosu na snov, ki pri žarenju nima več izgub.

2.34 Voda

Uporabljati se more vsaka voda, ki je primerna za gradbena dela.

3. Izvedba gradbenih del

3.1 Stroji in orodja

- 1) Orodja za izdelavo in zgostitev planuma.
- 2) Orodja za razdelitev in odmerjanje gradbenih snovi (polnilo, apneni hidrat).
- 3) Mešalec, samohoden ali vlečen, ki je porok za brezhibno, pristno zmešanje zemljine, vezila in dodatne vode, pri pridržavanju predvidene debeline sloja. Pri dovozu ali pri vzemanju s strani talnih gnot, ki naj se učvrste ali pri majhnem gradbenem obsegu, se more mešati v prisilnih mešalcih, ki stoje na mestu pridobivanja ali vgraditve.

x) Apneni hidrat po DIN 1060 je tovarniško vzelo droben prah suho gašeno apno, ki ima najmanj 80 težinskih % reakcijsko sposobnega prostega kalcijevega oksida (CaO) in magnezijevega oksida (MgO), nanašajoč se na substanco, prosto od gubitkov pri žarenju.

4) Orodja za razdelitev in odmerjanje vezila, v kolikor ni že na mešalcu nameščena posebna naprava za vbrizgavanje.

5) Orodja za izravnavanje.

6) Orodja za zgoščevanje: Valjarji z gumijastimi kolesi, gladki valjarji različne težine. Iz gradbenotehničnih in obratnotehničnih razlogov so smotrni samohodni valjarji z gumijastimi kolesi. Kot gladki valjarji se s pridom uporabljajo tandemski valjarji od pribl. 4 - 8 t težine. Ježi niso primerne. Pri uporabi redko tekočih vezil se morejo vključiti tudi tresilna orodja.

7) Posode za pretakanje vezila in vozila za dopremanje vezila.

8) Orodja za preskrbo in razdelitev vode.

9) Gradbiščni laboratorij z najnujnejšo opremo za ugotovitev fizikalnih lastnosti zemljin, ki naj se učvrste ter orodja za izvzem vzorcev.

3.2 Priprava planuma

Planum, ki je predviden za učvrstitev z bitumenskimi vezili, mora biti zgoščen in izplaniran v pravilni višini. Mora se zgostiti na najmanj 100% enostavne Proctorjeve gostote. Pri tem naj se zajamejo tudi globokejši, pod bodočo utrditvijo ležeči sloji temeljnega tla. Ako gre za zemljino, ki se težko da zgostiti, se mora v danem primeru najprej zgostiti temeljno tlo za sebe. V to svrho se zemljina, ki naj se kasneje utrdi, smotrno z grejderjem potisne na stran. To velja smiselno pri delih po postopku mixed-in-plant, pri čem temeljno tlo mora pred vgraditvijo zgotovljene mešanice biti dovedena na 100 % enostavne Proctorjeve gostote. Izvedba samih utrdilnih del predpostavlja završitev teh zemeljskih del, kakor tudi skrbne ukrepe odvodnjevanja. Po zgoščenem in v natančnem nivoju izravnanim planumu naj

se pred samim zgostitvenim postopkom po možnosti več ne vozi, ker ravna površina, debelina sloja in homogenost mešanice vezila in zemljine, pri uporabi orodja za mešanje, v veliki meri zavisi od kakovosti natančno izdelanega planuma. Kolesnice in druge neravnine na planumu naj se pred prehodom mešalca odstranijo.

3.3 Faze dela

3.31 Dodavanje primesnih gradbenih snovi

Ako naj se neki zemljini pred utrditvijo dodajo primesne gradbene snovi, jih je treba malo pred bitumenozno utrditvijo enakomerno nanesti na planum in v danem primeru predhodno zmešati. Higroskopične snovi, n.pr. apneni hidrat, ne bi smele dlje časa ležati v planumu nevgrajene, kot pa to odgovarja njihove-
mu trajanju učinkovanja.

Koristno je, dodati morebitno potrebno vodo neposredno pred ali med mešanjem, ker se s tem skrajša trajanje mešanja in se kakovost mešanja more izboljšati.

3.32 Vmešanje vezila

Vezilo naj se, čim boljše razdeljeno, vprši v razrahljano zemljino pod pritiskom, med postopkom mešanja. S tem se doseže dobra početna razdelitev vezila v zemljini, ki naj se utrdi in se varčuje z delom mešanja. Ako se uporablja vezilo, ki je uporabljivo samo v vročem stanju, se isto mora predhodno segreti na potrebno uporabno temperaturo.

Pri uporabi mešanega bitumena, hladnega bitumena in hladnega katrana, je skrbeti, za to, da topila, ki ne lepijo, po postopku mešanja morejo vsled primernega zračenja izhlapeti in omogočijo enakomerno otditev od znotraj ven. To velja posebno za utrditvena dela pri nizkih zunanjih temperaturah.

Ako se uporabljajo emulgirana vezila, se pri zgoščevanju mora upoštevati, da osvobojena emulzijska voda, poleg naravne talne vlage, deluje kot zgostitvena pomoč v smislu optimalne vsebine vode pri zgostitvi in da mora s to biti v soglasju.

Zmešanje zemljine z vezilom se izvrši, odvisno od mešalnega orodja, v eni ali v več delovnih fazah. Odločilna je edino kakovost mešanja. Mešati se mora tako dolgo, da mešanica vezila in zemljine ima enoten barvni odtenek.

Ako vlaga zemljine presega dopustno vsebino vode, se mora ali prekiniti izvajanje gradbenih del ali pa zmanjšati vsebina vode planuma z zračenjem (prerezkanjem ali slično) ali z drugimi ukrepi (n.pr. z vmešanjem drobno zmetega apna).

3.33 Poravnanje in zgostitev

Po vmešanju vezila in v danem primeru ponovnem premešanju, se mešanica vezila in zemljine točno po profilu posname in zgosti. Da se sprečijo poškodbe profila, je smotrno, da se najprej predhodno valja z lahkim valjarjem, da bi zatem težki valjarji brez daljnjih sprememb profila mogli prevzeti dokončno zgostitveno delo. Pri utrditvi zelo ozkih cest je navarnost poškodovanja profila posebno lahko mogoča. Tu je smotrno, da se po nekaj hodih valjanja, prečni profil z enim ali z več prehodi grejderja ponovno uredi, predno se odsek dokončno zgosti. Število prehodov zavisi od dosežene stopnje zgostitve. Ta se preverja z izvzemom preskusnih vzorcev. Čas zgostitve : Ako je zmes vezila in zemljine pravilno sestavljena in ako njena skupna vlaga (naravna vlaga zemljine + dodatek vode + učinkujoči delež iz vezila) odgovarja optimalni vlagi zemljine, naj se zgostitvi pristopi čimpreje. To je potrebno posebno pri vlažnem vremenu ali pri pretečih deževjih, da bi se ubranilo nasrkanje nepovezane zmesi z vodo.

Voda, ki pronikne, onemogoča neoporečno zgostitev in zmanjša stabilnost. Pri samo majhni prekoračitvi skupne vlage naj bi se z zgostitvijo počakalo, dokler se ni spet vzpostavila skupna vlaga.

3.34 Predaja prometu

Bituminozno učvrščeni sloji zemljine potrebujejo do izročitve prometu oziroma do nanosa površinske zaščite, gotovo dobo za dosego zadostne stabilnosti. Ta doba zavisi od zemljinske vlažnosti, temperature in vrste vozila. Zato naj se po bituminozno utrjenih zemljinah šele takrat prične voziti, kadar dotično vozilo ne pušča za seboj nobenega stalnega pomečkanja več. Tvorba neznatnih kolesnic je brezpomembna.

4. Preizkušnje in preverbe

4.1 Preizkušanja uporabnosti tla pred izvedbo gradnje

Preizkušnja uporabnosti odloči o uporabnosti neke zemljine za utrditev z bituminoznimi vezili. Ona pokaže, ali je morda potrebno izboljšanje zemljine, katera vrsta naj se smotrno uporabi ter da podatke glede siceršnjih gradbenih snovi. Dalje se utrdi potrebna količina gradbenih snovi ter optimalna vsebina vode.

Preizkušnja uporabnosti naj se izvrši pravočasno pred pričetkom gradbenih del. Število vzorcev zemljine, ki je predvidena za preizkušanje uporabnosti, se ravna po očitnem menjanju lastnosti zemljine na odseku. Vzorec sam naj bo neoporečni povprečni vzorec.

Posamezno se izvrše na zemljini, ki naj se učvrsti (primerjaj "Opomnik za zemljinsko-fizikalne preizkuševalne postopke"),

- (1) preizkušnja glede zrnivosti ,
- (2) Proctorjev poskus,
- (3) ugotovitev glede vsebine organskih sestavnih delov.

S pomočjo krivulje zrnivosti se more presoditi, ali je zaželeno izboljšanje pričujoče zemljine z dodatnim materialom. Možnosti izboljšanja zemljin naj se zaznajo, ako se s tem more doseči bistveno povišanje nosilnosti. Ta ukrep je toliko bolj zaželen, ako je potreben dodatni material poceni na razpolago, sicer se zgube prednosti, ki leže v uporabi na mestu pričujočega materiala.

S Proctorjevim poskusom se dobi oslon glede najpovoljnejše skupne vlage zemljine, kakor tudi podatek o njeni prostorski teži v suhem stanju. Preizkava zemljine glede organskih sestavnih delov, odloči, katero vezilo se mora uporabiti, ali se zemljina s kakim posebnim pripravljanjem more napraviti uporabno ali pa jo je treba popolnoma izločiti.

Zemljina, ki je predvidena za utrditev, se nato s pomočjo poskusnih mešanic preišče glede njene stabilnosti.

Za dognanje najpovoljnejše sestave zemljin, ki naj se bitumensko utrde, se v laboratoriju izgotove vzorci ob menjanju količine vezila, količine polnila, skupne vlage in v danem primeru daljnjih dodatkov. Ti vzorci se enotno zgoste, puste ležati na zraku ali v vodi pri enotnih temperaturnih razmerah in nato podvržejo mehانيčni preizkušnji. Visoke preizkusne vrednosti zračno-suhih vzorcev same še ne označujejo uporabnost preiskane zmesi.

4.2 Preveritve med izvajanjem gradnje

Kakor za utrditev pripravljeni planum in dodane gradbene snovi, tako naj bi se tudi sam potek izgradnje natančno preverjal z malo, toda prikladnih preveritev. V pravilu zadostuje,

da se preizkuša planum glede onih predpostavk, ki so vzete kot podlaga za količinsko sestavo zmesi vezila in zemljine. To so: delež finega zrna, talna vlaga in z gostitev.

4.21 Preveritev planuma

Pred učvrstitvijo se preverja v primernih razmakh kakovost zemljine s presejalnimi vzorci. S tem se ugotovi, ali je med zemeljskimi deli prišlo do omembe vrednih odstopanj v sestavi zemljine, v primeri z ono pri preizkušnji uporabnosti. Pri početku dela ter v skladu z vremenskimi razmerami (deževanja) je treba večkrat dnevno vzeti vzorce iz pripravljenega planuma. Na teh vzorcih se določi vlaga, katera se primerja z najpovoljnejšo vgradilno vlago, dognano pri preizkušanju uporabnosti.

Ugotovitev vsebine vlage se izvrši smotrno po CM-metodi. Ako se morejo pričakovati omembe vredna odstopanja izsledkov (vezljive zemljine), se priporoča ugotovitev orodne konstante za CM-orodje in dotično zemljino.

Sloj, ki naj se utrdi, mora biti raven in preko cele površine enakomerno zgoščen na najmanj 100 % enostavne Proctorjeve gostote. To se preverja z ugotovitvijo pričujoče suhe prostorninske teže in s primerjavo iste s suho prostorninsko težo enostavne Proctorjeve gostote, ugotovljene v preizkušnji uporabnosti.

4.22 Preveritev gradbenih snovi

Vse gradbene snovi podležijo običajnim količinskim preveritvam.

4.23 Preveritev mešanice vezila in zemljine.

Med mešalnim postopkom je treba za vsako orodje in način dela tekoče preverjati kakovost mešanice vezila in zemljine. Pri tem se z izkopanjem mešanice preverja enakomerno izmešanje in enakomerna debelina. Po zgostitvi se ugotovi sveža prostorninska

teža in s tem dosežena stopnja zgostitve (n.pr. s pomočjo izbo-
dnih valjev). Z zgostitvijo se mora nadaljevati tako dolgo,
da dosežena sveža prostorninska teža odgovarja pri preizkušnji
uporabnosti ugotovljeni najpovoljnejši sveži oziroma suhi pro-
storninski teži.

5. Vzdrževanje

Vsak cestni plašč potrebuje nege in pažljivega nadzo-
ra. To velja posebno za sveže učvrščene zemljine, dokler niso še
dosegle svoje dokončne stabilnosti. Sveža utrditev dobi s prome-
tom še zaželeno naknadno zgostitev. S tem postane neobčutljivej-
ša za vremenske vplive. Ker, kot kaže izkušnja, promet, ki naknad-
no zgoščuje, obremenjuje običajne kolesnice, a ne ogrožene robo-
ve vozišča, je treba tem robovom poklanjati posebno pažnjo. Oni
naj se držijo zmeraj čisti, posebno prosti od svežega listja, ne-
čistoče in sl. Istočasno se mora paziti na brezhibno delovanje
naprav za odvodnjavanje. Okvarjena mesta se morajo do globine zdra-
vega območja plašča in čim globokejše, pravokotno, z navpičnimi
robovi, izkopati in nato dobro očistiti od nevezanih delov. Na-
to se smotrno na samem mestu izgotovi enaka mešanica vezila in
zemljine, kot je bila uporabljena za gradnjo odseka. Ta mešanica
se napolni v jamo, katere stene se s pridom nalahko pomažejo z
vezilom s pomočjo čopiča in z ročnim phalom dobro zgosti. Popra-
vila udarnih jam naj se izvrše z malenkostno povišanostjo v zgo-
ščenem stanju, zaradi naknadne zgostitve po prometu. Z okolino
enako visoko zakrpljene udarne jame, dajo kasneje največkrat ko-
tanje.

Utrditev zemljin z apnom

Za to utrditev obstoje navodila (23), ki se nanašajo na občinske, poljedelske in gozdne ceste.

Navodila so sledeča:

Utrditev zemljin z apnom

Obdelava od julija 1957

1. Splošno
2. Gradbena izvedba
3. Preizkušnje in preverbe
4. Vzdrževanje

1. Splošno

1.1. Določitev pojma

Pod "utrditvijo zemljin z apnom" razumemo utrditev zemljin z vmešanjem apna in zgostitev zmesi zemljine in apna pri optimalni vsebini vode za izdelavo nosilnih slojev ali za izboljšanje temeljnega tla ali za pripravo zemljine, ki je v prvotnem stanju neprikladna za daljnjo predelavo (n.pr. za nato sledečo utrditev s hidravličnimi ali bitumenskimi vezili). Značilnost utrditve z apnom je uporaba na mestu pričujoče, izboljšane ali posebno vnešene zemljine.

1.2. Način delovanja

Poznanje načina delovanja je pogoj za presojo možnosti vključitve in brezhibno izvedbo "utrditve zemljin z apnom".

Načelno je treba pri utrditvi zemljine razlikovati med dvema postopki:

Sprememba strukture vezljivih sestavnih delov zemljine in hidravlična utrditev.

1.21 Sprememba zemljinske strukture

Delež prostega CaO in MgO v apnu, ki je pri drobno zmletih živih apnih in apnenih hidratih posebno visok, povzroči z reakcijo z glinastimi rudninami v vezljivih tleh spremembo zemljinske strukture. Po vmešanju apna dobi zemljina popolnoma druge, za nadaljnjo predelavo bistveno boljše lastnosti kot pa osnovni material. Ta utrditev zemljine je zato uporabna tudi še takrat, kadar so za druge utrdilne postopke običajne mejne vrednosti za vsebino gline, plastičnost in mejo tekočnosti prekoračene. Z mrvljenjem (koagulacijo) se zemljina tako spremeni, da je mogoča lahka obdelava tudi močno vezljivih in visoko plastičnih zemljin. Vezljivi sestavni deli se skepe v večje, za vodo obstojne sprimke. Vsebina najdrobnejšega zrna ($< 0,002$ mm) in meljastega zrna ($0,002/0,06$ mm) se zmanjša. Meja razvaljanja (vsebina vode pri prehodu od trdnega v plastično stanje) se poviša. S tem postane obdelovanje zemljine neodvisnejše od vremena.

V zgoščenem sloju zemljine povzroči sprememba strukture zemljine, nastala vsled primešanja apna,

znižanje kapilarnosti,

obstojnost pri vodi (daljnosežna izključitev nabrekanja in krčenja)

povišanje varnosti proti zmrzali.

Sloji zemljine, utrjeni z apnom, imajo že neposredno po zaključku zgostitve bistveno višjo nosilnost in obstojnost na vremenu kot pa osnovni material.

1.22 Hidravlična utrditev

Ako obstoje v vezljivih zemljinah naravni hidravlični činitelji, n.pr. gotove glinaste rudnine in aktivna kremenčeva kislina, reagirajo ti s prostim CaO ali MgO apna in povzročijo hidravlično utrditev. Nosilnost z apnom utrjenega sloja se s tem stalno dalje povišuje.

Ako takih naravnih hidravličnih činiteljev ni ali jih ni v zadostni množini, se morejo zemljini dodati v obliki hidravličnih apen, trasa, granulirane zmlete plavžne žlindre ali sl.

Zemljine z zelo neznatnimi vezljivimi sestavnimi deli se morejo v gotovih okoliščinah tudi brez predhodnega izboljšanja z drobno mletim žganim apnom ali apnenim hidratom takoj utrditi s hidravličnimi apni.

1.3 Gradiva

1.31 Zemljine

Za utrditev z drobno zmletim žganim apnom ali apnenim hidratom so prikladne vezljive zemljine - posebno melji in gline - kakor tudi peski in gramozni z več kot 35 težinskih % vezljivih deležev.

Za utrditev s hidravličnimi apni so prikladni stopnjevani peski in gramozni peski z manj kot 35 težinskih % vezljivih sestavnih delov. Enakomerni peski, barjaška zemlja in šota niso uporabljivi.

1.32 Vrste apna

Za utrditev z apnom se smejo uporabiti samo apna, ki odgovarjajo pogojem DIN-lošo (gradbeno apno).

Razne vrste apna in njihove lastnosti so sestavljene v naslednjem:

a) Belo apno:

Belo apno se pripravlja iz čim čistejšega kalcijevega karbonata (Ca CO_3) z žganjem pod mejo siganja. Belo apno se živahno gasi. Gašeno apno je čisto belo ali lahko obarvano.

b) Dolomitno apno:

Dolomitno apno se pripravlja z žganjem dolomitnih kamenin ($\text{Ca CO}_3 \cdot \text{Mg CO}_3$) pod mejo siganja. Od vsebine magnezijevega oksida zavisi, ali se dolomitno apno gasi bolj ali manj živahno. Gašeno apno je čisto belo ali lahko obarvano.

c) Karbidno apno:

Ono nastaja pri pridobivanju acetilena iz kalcijevega karbida kot karbidno apneno testo ali karbidno suho apno (karbidni apneni hidrat).

d) Vodno apno:

Vodno apno se pridobiva iz laporastega apnenca z žganjem pod mejo siganja.

e) Hidravlično apno in visokohidravlično apno:

Hidravlično apno in visokohidravlično apno se pridobiva iz apnenčevega laporja z žganjem pod mejo siganja z dodavanjem ali brez dodavanja latentno hidravličnih snovi (kot plavžna žlindra po DIN 1164, tras po DIN 51043, Si-snov in slično) ali iz zračnih apen in latentno hidravličnih snovi. Oni morejo biti deloma gašljivi in se strde pretežno hidravlično.

f) Romansko apno :

Romansko apno se pridobiva iz laporja primerne sestave, z žganjem pod mejo siganja ter je visokohidravlično apno, z značilnostjo, da se vsled vsebine apnenih aluminatov hitro strdi. Strjevanje prične najkasneje po 30 minutah in je pred

pretekom 60 minut završeno. Romansko apno zato za stabilizacijo zemljin v splošnem ni prikladno.

Razpredelnica 1

Trgovske oblike in uporabna področja gradbenih apen po DIN 1060 za stabilizacijo zemljin z apnom.

Trgovske oblike vrst apna		Posebno uporabno za zemljine, ki se sestojijo iz
negašeno prah	gašeno prah	
belo drob. zmleto	beli apneni hidrat	glina, melja ter peska in gramoza z več kot 35 težinskih % vezljivih sestavnih delov (< 0,06 mm)
dolomitno drobno zmleto apno	dolomitni apneni hidrat	
vodeno drobno zmleto	vodeni apneni hidr.	
-	karbid. apn. hidrat	
-	hidravlično apno	peska in gramoza z manj kot 35 težinskih % vezljivih sestavnih delov (< 0,06 mm) kakor tudi za melje z malo plastičnostjo (število plastičnosti ≤ 5)
	visoko hidravlično apno	

Drobno zmleto žgano apno = žgano apno (živo apno) v drobno zmleti obliki

Apneni hidrat = industrijsko zelo droben prah suho gašeno apno

Glede izbire vrst apna v odvisnosti od vsebine vode v zemljini, ki naj se utrdi, glej poglavje 2.4(1).

1.33 Dodatki

Ako zemljina sama ne vsebuje nobenih ali samo malo hidravličnih faktorjev (primerjaj poglavje 1.21), se morejo uporabiti razen hidravličnih in visokohidravličnih apen tudi drobno zmleto žgano apno oziroma apneni hidrat v zvezi z latentno-hi-

dravličnimi dodatki kot n.pr.

tras

granulirana plavžna žindra

leteči pepel

Leteči pepeli smejo vsebovati največ 5 težinskih % gorljivih sestavnih delov.

Optimalno razmerje apno : dodatek se mora ugotoviti s poskusi.

1.34 Voda

Uporabiti se more vsaka voda, ki je uporabna za gradbena dela.

1.4 Uporabna področja

Uporabnost "utrditve zemljin z apnom" podleži glede ogrožanja od zmrzali ter odvodnjavanja temeljnega tla enakim pogojem kot navadni gradbeni načini (glej "Smernice o preprečenju zmrzlinških poškodb na cestah".) Upoštevanje teh smernic se more omejiti na najpotrebnejše, ako se po cestah med odjugo v pravilu ne vrši promet.

Na osnovi njenega načina delovanja (primerjaj poglavje 1.2) je "utrditev zemljin z apnom" uporabljiva do v območje visokoplastičnih glin.

Utrditev z apnom pride v poštev

kot pripravljalni ukrep za nato sledečo utrditev s hidravličnimi ali bitumenskimi vezili. Po predhodni obravnavi z drobno zmetimi žganim apnom ali panenim hidratom se morejo s hidravličnimi ali bitumenskimi vezili utrditi tudi vezljive in visokoplastične zemljine, katerih uporaba je v prvotnem stanju tehnično težka (drobitev, mešanje) ali neekonomična (visoka količina potrebnega vezila);

kot izboljšano temeljno tlo. Poleg povišanja nosilnosti prekine z apnom utrjeni zemljinski sloj pri vezljivih zemljinah kapilarni tok v sloje, ki leže nad njim. Sloj zemljine, utrjen z apnom, služi razen tega kot delovni planum. Daljnji napredek dela se s tem pospeši; dela so neodvisnejša od vremena;

kot nosilni sloj v okviru izgradnje zgornjega ustroja, ki odgovarja v pošteev prihajajočemu prometu. Tu naj sloj, utrjen z apnom, daljnosežno zmanjša nastopajoča prometna učinkovanja in jih enakomerno porazdeli na spodaj ležeče sloje;

kot samostalna učvrstitev s prikladnim površinskim zaključkom (primerjaj poglavje 1.53).

Posebno uporabno področje je izgradnja transportnih cest na gradbiščih ter izboljšanje vezljivega zemljinskega materiala za nasipanje nasipov.

Tu zadostujejo že čisto majhne količine apna (v pravilu 2 do 3 težinski deli na 100 težinskih delov suhe zemljine). Pri gradbiščnih transportnih cestah kot vremensko omejenem gradbenem ukrepu se more opustiti površinski zaključek.

1.5 Način izgradnje in debeline sloja

1.51 Izboljšanje zemljine za daljnje gradbene ukrepe

Paziti je treba, da se doseže izboljšanje zemljine (mrvljenje, sprememba plastičnosti itd.), ki se zahteva za nadaljnje gradbene ukrepe (n.pr. utrditev zemljine s hidravličnimi in bitumenskimi vezili). Debelina sloja, stopnja zgostitve in konstruktivni ukrepi slede iz zahtev, ki se stavijo na nadaljnje gradbene mere.

1.52 Izboljšana temeljna tla

Ako se neka vezljiva zemljina zaradi izboljšanja temeljnega tla obdeluje z apnom, se s tem hoče v prvi vrsti doseči obstojnost proti vplivom vlage (napenjanje, krčenje), kakor tudi znižanje kapilarnosti. Najvažnejši činilec je tu sprememba zemljinske strukture; učvrstitev je zaželena, je pa od podrejene važnosti. Običajne debeline sloja so 12 do 18 cm.

1.53 Nosilni sloji in samostalne učvrstitve

Pri uporabi zemeljskih slojev, ki so utrjeni z apnom, za nosilne sloje v okviru načina izgradnje plašča, se morajo postaviti glede nosilnosti in obstojnosti na vremenu zmesi apna z zemljino, posebne zahteve. V vsakem primeru se morajo izvesti preizkušnje uporabnosti.

Debeline sloja znašajo v splošnem 12 do 20 cm.

Zemljinski sloji, utrjeni z apnom, kot zgornji nosilni sloji, morajo načeloma dobiti površinski zaključek. Površinski zaključek naj ščiti apneno utrditev pred obrabo in naj odvaja površinsko vodo, ne da bi sprečaval dihanje utrjenega zemljinskega sloja.

Načelo je: Kolikor bolj vezljiva je zemljina, toliko debelejši naj bo površinski zaključek. Bitumenske površinske obdelave in pretanke prepročne prevleke same v splošnem ne zadostujejo postavljenim zahtevam.

2. Gradbena izvedba

2.1 Stroji in orodja

(1) Orodja za izdelavo in zgostitev planuma
(2) Orodja za razdeljevanje in odmerjanje apna in morebitnih dodatnih snovi.

(3) Orodja za mešanje zemljine, samovozna ali vlečna, ki jamčijo za neoporečno, temeljito zmešanje zemljine, vezila in dodatne vode v predvideni slojni debelini. Pri malem

gradbenem obsegu in pri potrebnem vzetju zemljinskih gmot, ki naj se stabilizirajo, s strani, se more mešati tudi v štacionarnih prisilnih mešalcih.

(4) Posnemalna orodja

(5) Zgostitvena orodja: ježi in valjarji z mnogimi gumijastimi kolesi, različnih težin; pri zrnatih zemljinah s samo majhno vsebino gline pridejo v poštev tudi orodja za trenje.

(6) Orodja za preskrbo in razdelitev vode.

(7) Gradbiščni laboratorij z najpotrebnejšo opremo za ugotavljanje fizikalnih lastnosti zemljin, ki naj se učvrste ter za kontrolo gradbenih del kakor tudi orodja za vzetje poskusnih vzorcev.

2.2 Potrebna količina gradbenih snovi

Potrebna količina gradbenih snovi (apno ali apno + dodatna snov) zavisi od kakovosti zemljine, od vloge, ki naj jo sloj, ki je z apnom utrjen, vrši, od zahtevane utrditve, od izbranega načina zgraditve plašča in od pričakovane prometne obremenitve; ugotoviti se mora na podlagi preizkušenej uporabnosti.

V splošnem je za nosilne sloje v vezljivih zemljinah zadosten dodatek 3 do 7 težinskih delov drobno zmletega žganega apna ali apnenega hidrata na 100 težinskih delov suhega zemljinskega materiala; za stabilizacijo posebno težkih, visokoplastičnih zemljin je potrebno približno 5 do 9 težinskih delov apna. Za pripravo zemljine (primerjaj poglavje 1.51) in za izboljšanje temeljnih tal (primerjaj poglavje 1.52), zadostujejo često že bistveno manjši dodatki (2 do 3 težinskih delov apna na 100 težinskih delov suhe zemljine).

Pri uporabi hidravličnih apen (primerjaj poglavje 1.22 in poglavje 1.31) se mora v splošnem računati z višjimi dodatki apna.

2.3 Priprava planuma

Planum, ki je predviden za stabilizacijo z apnom, mora biti izplaniran višinsko pravilno in zgoščen. Kot približna smernica velja: Zgornji rob zgoščenega planuma = zgornji rob dokončno zgoščene utrditve. Pri nekaterih zemljinah pa se v gotovih okoliščinah mora potrebna korektura višine ugotoviti s poskusom in upoštevati pri izdelavi planuma. Sloj zemljine, ki naj se utrdi, se mora kakor pri izboljššanem temeljnem tlu, tako tudi pri nosilnih slojih, zgostiti na najmanj 100 % navadne Proctorjeve gostote.

Ako je vsebina vode zemljine znatno višja od optimuma za zgostitev, se more z zračenjem ali z vmešanjem majhnih množin drobno zmlatega žganega apna (približno 2 težinska dela na 100 težinskih delov suhe zemljine), doseči izsušenje. Izravnanje se mora izvršiti posebno pazljivo, ker pri uporabi orodja za mešanje zemljine, kasnejša ravnost, enakomerna debelina sloja in homogena mešanica, v visoki meri zavise od kakovosti natančnega planuma.

Kolesnice ali druge neravnine, ki so morda v planumu, se morajo pred prehodom orodja za mešanje zemljine odstraniti.

2.4 Delovni poteki

(1) Uravnanje vsebine vode in razdelitev vezila

Ako leži vsebina vode zemljine, ki naj se utrdi, znatno nad optimalno vsebino vode po Proctorju, se priporoča vmešanje drobno zmlatega žganega apna. Količina vode, ki je potrebna za pogašenje apna, se odtegne zemljini. Razvijanje toplote, do katere pri tem pride ter takoj nastopivša zmrvitev zemljine, pospešujejo nadalje hitro izsušitev zemljine. Na ta način je mogoče, obdelovati tudi vezljive zemljine, nasičene z vodo. Pri uporabi drobno zmlatega žganega apna se morajo udeleženi delavci z odgovarjajočimi varnostnimi ukrepi (zaščitna očala, obleke, nepropustne

za prah) zaščititi proti jedkanju.

Potrebne količine vezila se morejo vmešati v obliki prahu ali v obliki apnenega mleka.

Gašena apna v prahu (n.pr. apneni hidrat), se uporabljajo, ako vsebina vode zemljine približno odgovarja optimalni vsebini vlage.

Pri suhih zemljinah je koristno p-rimešanje apnenega mleka. Koncentracija apnenega mleka naj se odmeri tako, da se pri vmešanju potrebnih množin apna, istočasno doseže optimalna vsebina vode. Pri vključitvi orodij za mešanje zemljin, ki potrebujejo za temeljito zmešanje več prehodov, je od prednosti, ako se celokupna količina vezila ne nanese v enem delovnem poteku, temveč paralelno z mešalnimi poteki, v več delovnih prehodih. Vsled zmrvitve, ki nastane že pri prvem mešalnem prehodu, se naslednji mešalni prehodi olajšajo.

Pri nanošenju apen v prahu na velike površine, se morejo izgube in nadlegovanja po prahu, vsled vpliva vetra, sprečiti s takojšnjim popršenjem apna z vozom za vodo ali s sledečim načinom dela:

- a) razparanje in odrinjenje plasti zemljine, ki je zgoščena v planumu, do polovične globine dokončne učvrstitve;
- b) nanos vezila na planum, ki je odgrnjen po (a);
- c) porinjenje nazaj zemljinskih gnot, ki so bile potisnjene v stran, na sloj vezila;
- d) mešanje na polno globino, ki naj se učvrsti.

(2) Vmešanje vezila

Vmešanje vezila se izvrši s prikladnimi orodji za mešanje zemljine. Mešati se mora tako dolgo, da zmes dobi enakomerno barvo in strukturo. Zahtevane globine mešanja se je potrebno natančno pridržavati in se jo mora tekoče kontrolirati.

(3) Izravnanje in zgostitev

Izravnanje in zgostitev se izvrši z orodji, ki so navedena v poglavju 2.1 (4) in (5). Doseže naj se najmanj 100% enostavne Proctorjeve gostote za odgovarjajočo zmes apna in zemljine. Ako se vključijo valjarji različnih težin, se valja, po izravnanju na pravilni profil, smotrno najprej z lahkim valjarjem, dokler ne zgoščuje dalje težki valjar brez poškodbe profila. Število prehodov se ravna po doseženi stopnji zgostitve; ta se preverja z izvzemanjem poskusnih vzorcev.

Pri uporabi drobno zmetega žganega apna in apnenega hidrata se morejo izravnanje in zgostitev izvršiti načelno čez nekaj dni po vmešanju vezila. Sloj zemljine, utrjen z apnom, se strdi relativno počasi (glej poglavje 1.2) in ima tudi po daljšem času še zadostno sposobnost strjevanja.

Polno nasrkanje nevezane zmesi z vodo se mora prepričati na vsak način. Pri vlažnem vremenu in pri pretečih deževanjih se mora zato pričeti z zgoščevanjem takoj po premešanju.

Pri uporabi hidravličnih apen se morata izravnanje in zgostitev izvršiti takoj po vmešanju vezila in morata biti do početka strjevanja končana.

Optimalna vsebina vode se mora pred početkom zgoščevanja preveriti in mora biti pridržavana do konca zgoščevalnega postopka. Previsoka vsebina vode prepreči v vsakem primeru, da se dosežejo zahtevane vrednosti zgostitve od najmanj 100% enostavne Proctorjeve gostote; prenizka vsebina vode zahteva večje zgostitveno delo. Nezadostna zgostitev zmanjša nosilnost in obstojnost na vremenu.

(4) Naknadna obdelava

Z apnom utrjeni, sloj zemljine se mora po zaključku zgoščevanja vsaj 7 dni varovati pred izsušenjem. Ker se po zemljinskih slojih, ki so utrjeni z apnom, v večini slučajev, takoj po zgostitvi more voziti z lahкими gradbiščnimi vozili z gumijastimi kolesi, se morejo prekritveni ali obrabni sloji že takoj nanesti. Na ta način se istočasno prepreči prehitro izsušenje.

2.5 Predaja prometu

Z apnom utrjeni zemljinski sloji potrebujejo do predaje prometu gotovo dobo, da dosežejo zadostno ustaljenost. Ta doba zavisi od vremenskih pogojev, kakovosti zemljine, uporabljene vrste apna in njegove količine. Po slojih zemljine, ki so utrjeni z apnom, naj se vozi šele takrat, ko dotično vozilo ne pušča za seboj nobenih stalnih utiskov več. Mala tvorba kolesnic je brezpomembna, dokler naslednje vozilo nastale kolesnice spet izgadi. V splošnem se more po slojih, utrjenih z drobno zmetimi žganim apnom ali zapnenim hidratom, voziti z lahкими vozili z gumijastimi kolesi že neposredno po zaključku zgoščevanja (primerjaj poglavji 2.4 (4)).

3. Preizkušnje in preverbe

3.1 Preizkušnja uporabnosti

Preizkušnja uporabnosti odloča načelno o uporabnosti neke zemljine za utrditev z apnom in da smernico o vrsti apna, ki naj se smotrno uporabi, o dodatnih snoveh in o vodi. Istočasno se ugotovi potrebna količina teh gradiv.

Preizkušnja uporabnosti naj se izvrši pravočasno pred pričetkom gradnje.

Zemljinski poskusni vzorci se morajo vzeti iz zemljinskega sloja, ki naj se kasneje utrdi. Za obsežno preizkušnjo uporabnosti je potrebno najmanj 30 kg zemljine. Število poskusnih vzorcev se ravna po očitveni menjavi lastnosti zemljine. Pri znatnem menjanju lastnosti zemljine v odseku, se morajo za vsako značilno zemljinsko vrsto izvesti preizkušnje uporabnosti ločeno. Posamezno se izvrše sledeče preizkušnje na zemljini, ki naj se utrdi (po "Opomniku za talno-fizikalne preizkuševalne postopke"):

- (1) zrnnavost
- (2) meja tekočnosti, meja razvaljanja, plastičnost
- (3) Proctorjev poskus
- (4) vsebina organskih sestavnih delov.

S pomočjo zrnnavosti se more presoditi, ali je zaželeno izboljšanje pričujoče zemljine z dodatnim materialom, ki je poceni na razpolago.

Ugotovitev meje tekočnosti, meje izvaljanja in plastičnosti pokaže plastične lastnosti zemljine in možnost vplivanja na njih s primešanjem apna.

S Proktorjevimi poskusi, izvedenimi na osnovni zemljini, kakor tudi po primešanju predvidenih količin vezila, se ugotovi optimalna količina vode in zgostitev, ki se more doseči.

Preizkava glede organskih sestavnih delov odloča skupno s preizkušnjo o stabilnosti, ali se zemljina s povišenim dodatkom apna more utrditi, ali se s posebno predhodno obdelavo more napraviti uporabna ali pa naj se izloči.

Izbor dokončne zmesi se izvrši na osnovi poskusnih zmesi s

(5) preizkušnjami stabilnosti.

V to svrho se morajo variirati vrsta vezila, količina vezila in v danem primeru dodatne snovi.

Nek enostaven, sigurno k cilju vodeč preiskuševalni postopek za sedaj še ne obstoji. Raziskovalni inštituti, ki se bavijo s "utrditvijo zemljin z apnom", delajo na razvoju takega preiskuševalnega postopka. Splošne izkustvene vrednosti na osnovi izsledkov iz različnih preiskuševalnih postopkov more posredovati "Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen e.V."

3.2 Preverjanje med izvajanjem gradnje

Med izvajanjem gradnje se morajo tekoče preverjati:

- (1) dodajanje vezila s preverjanji količin razdeljenega vezila;
- (2) enakomerno izmešanje z oceno na oko;
- (3) pridrževanje predvidene debeline sloja z izvzetjem izbodeni poskusnih vzorcev;
- (4) pridrževanje optimalne vsebine vode ob početku in med zgoščevanjem;
- (5) doseg predpisane zgostilne mere;
- (6) doseg zahtevane ravnosti.

3.3 Prevzemna preizkušnja

Prevzem zemljske utrditve z apnom naj bi predstavljal samo končno preveritev preizkušenj, ki so izvedene med izvajanjem gradnje. Razprostre naj se na preizkušnje, ki so navedene v poglavjih 3.2 (3), (5) in (6).

4. Vzdrževanje

Ker zemljinski sloji, utrjeni z apnom, v vsakem primeru morajo dobiti obrabni sloj, veljajo za vzdrževanje pravila in načela, ki obstoje za vsakokratne obrabne sloje. Poškodovana mesta v sloju, ki je z apnom utrjen, se morajo do zdravega področja pravokotno, z navpičnimi robovi, izsekati in očistiti od prostih delov. Nato se zemljina, ki je bila uporabljena za izvršitev apnene utrditve, temeljito zmeša ročno ali v kakem malen prisilnem mešalcu z odgovarjajočo vrsto in količino apna, ter optimalno vsebino vode, vnese v izsekano mesto ter zgosti s phanjem na najmanj 100% enostavne Proctorjeve gostote. Pred vnosom mešanice apna in zemljine se morajo priključki izsekanega mesta očistiti z metlo in ovlažiti. Nato se na popravljenem mestu nanese obrabni sloj na običajni način.

Ekonomičnost raznih vrst spodnjega ustroja in plašča

Glede tega ne morem dati nobenih boljših podatkov, kot sem jih že dal na str. 357 in 358 elaborata "Mehanizacija izkoriščanja gozdov in gradnje gozdnih cest ter povezanost mehanizacije izkoriščanja gozdov z načinom gradnje gozdnih cest, s stališča ekonomicnejšega gospodarjenja v gozdovih in pospeševanja socializacije gozdarstva v slovenskih razmerah". Na teh dveh straneh navedena grafikona na str. 359 in 360 dasta tako sijajno primerjavo ekonomicnosti, da si je kaj boljšega sploh nemogoče zamisliti. Pod predpostavko seveda, da sta v skladu z realnimi iskustvenimi podatki, kar pa jaz ne morem preveriti.

Vendar bi, v ilustracijo višine stroškov za razne zgornje ustroje dodal še sledeče:

Po viru (16):

Stroški za gradnjo nove ceste, ki ima 3 m široko vozišče, so v Zapadni Nemčiji:

- a) za izdelavo surovega planuma: od 0,50 DM do 2,00 DM za m³, to da za tek.m. 0,50 do 10,00 DM;
- b) za spodnji in zgornji ustroj (po nemški terminologiji):

Način gradnje	Stroški za m ² DM	Stroški za m ² podloge in plašča -DM	Stroški za tek.m. pri 3 m širokem vozišču
<u>Vozišča od drobljenca</u>			
Spodnji ustroj stavljena podloga	4,00 - 5,00		
Zgornji ustroj: plašč iz drobljen- ca, povezan s pes- kom in vodo	2,50 - 4,00	6,50 - 9,00	19,50 - 27,00
plašč s polovično prepojitvijo	3,50 - 5,50	7,50 - 10,50	22,50 - 31,50
zasuti plašč	4,00 - 6,50	8,00 - 11,50	24,00 - 34,50

Betonska vozišča

Spodnji ustroj: sloj čistoče, sloj ki lo-mi kapilarnost	0 - 5,00		
Vozišče: dvoslojno, 15 cm debelo	9,00 - 12,00	9,00 - 17,00	27,00 - 51,00

c) Postranska dela: odstranitev panjev, naknadna dela na brežinah, naprave za odvodnjevanje, kot ponikalnic, propustov in manjših otvorov, jarkov, koritnic, dalje izdelava natančnega planuma oziroma posteljice, ureditev banketov ter v izjemnih primerih zgraditev podpornih in obložnih zidov. Dragih gradbenih del, kot zidov, se pa je pri vključitvi planirnih gosenic, v sredogorju, mogoče v najdaljnosežnejši meri izogniti. More se predpostaviti, da ta postranska dela skupno leže v mejah med 4,00 in 12,00 DM po tekočem metru.

Mejne vrednosti skupnih stroškov za tekoči m bi torej bile:

Surovi planum	0,50 - 10,00 DM
Učvrstitev vozišča	19,50 - 51,00 DM
<u>Postranska dela</u>	<u>4,00 - 12,00 DM</u>
Skupno	24,00 - 73,00 DM

Stroški za vzdrževanje so:

I. Pri voziščih povezanih s peskom in vodo, po tek. metru:

Posipanje s peskom (2 cm debeline) za 40 let:

$$40 \times 0,25 = 10,00 \text{ DM}$$

K temu pride vzdrževanje jarkov in drugo, 6,00 DM za 40 let;

$$\text{Skupno torej } 16,00 : 40 = \underline{0,40 \text{ DM}}$$

Skupno s stroški novogradnje pa od 19,50 do 27,00 (glej zgoraj), povprečno torej $24,00 = 24,00 + 16,00 = 40,00 \text{ DM}$ ali letno 1,00 DM.

Pri zelo dragih novih gradnjah pa se ta znesek mora povečati tudi na 2,00 DM.

II. Pri črnih voziščih (plašči s polovično prepojitvijo in zas-

tih plaščih):

Od časa do časa pride v poštev površinska obdelava, ki stane po m² okroglo 1,00 Din = 3,00 DM za tek.m in se mora ponavljati vsakih 5 do 7 let, kar zelo zavisi od prometne obremenitve.

Pri 5 letih bi letni stroški torej bili 3,00 : 5 = 0,60 DM

Po viru (17) dajem še primerjavo stroškov za plašč od drobljenca, vezan s peskom, nad nosilnim slojem od stavljenega in nasute podloge.

Posamezni sloji:

Gradbeni način in delna dela	Skupno DM	Stroški po m ²	
		Od tega delež mezd DM	%
Stavljena podloga 25 cm debeline			
Pridobivanje in nakladanje	2,50	2,50	
Dovoz 3 km	1,30	0,43	
Vgraditev	2,30	2,30	
Posip s peskom in valjanje	<u>0,70</u>	<u>0,35</u>	
	6,80	5,58	82
S peskom povezan plašč od tolčenca, ročno pridobljenega, 140 kg/m ²			
Pridobivanje in nakladanje	3,00	3,00	
Dovoz 7 km	0,55	0,18	
Vgraditev	0,60	0,25	
Posip	0,50	0,25	
Valjanje	<u>0,60</u>	<u>0,25</u>	
	5,25	4,28	82

S peskom povezan plašč iz drobljenca, pridobljenega strojno, 120 kg/m ²			
Pridobivanje in nakladanje drobljenca 120 kg, zdroba 20 kg, peska 30 kg	1,60	0,64	
Dovoz 7 km	0,70	0,23	
Vgraditev	0,90	0,90	
Valjanje	0,60	0,25	
	<u>3,80</u>	<u>2,02</u>	53

Nasuta podloga 25 cm debeline			
Pridobivanje in nakladanje	0,60	0,15	
Dovoz 3 km	1,30	0,43	
Vgraditev	0,40	0,40	
Valjanje	0,60	0,25	
	<u>2,90</u>	<u>1,23</u>	42

Skupno:

IZVEDBA:	Stroški po m ²		Od tega delež mezd		Delež mezd stavljen na podloga = 100
	Skupno DM	Delež %	DM	%	
Stavljena podloga+ročno pridobljen tolčenec	12,05	100	9,86	82	100
Stavljena podloga+strojno pridobljen drobljenec	10,60	88	7,60	63	77
Nasuta podloga+strojno pridobljen drobljenec	6,70	56	3,25	49	33
Nasuta podloga sama	2,90	24	1,23	42	12

Nekaj načelnih pripomb k dimenzioniranju

zgornjega ustroja gozdnih cest

Sestavil Prof. Ing. R. Jenko

Cestno telo ima v načelu dva elementa: spodnji ustroj, ki je ali nasipan ali komprimiran material ali pa raščena zemljina, ter zgornji ustroj, ki je zgrajen iz kvalitetnega materiala (drobljenec, prodec i.p.).

Zgornji ustroj ima nalogo, da prevzame prometno obtežbo brez kakršnihkoli škodljivih deformacij in jo prenese na spodnji ustroj (temeljna tla). Zato označujemo zgornji ustroj tudi z izrazom "nosilni sloj" (risba 19 na str. 285).

Sama površina zgornjega sloja, t.j. obrabni sloj pa mora biti razen tega zgrajena tako, da prevzame neposredne prometne učinke, kakor so obrus, sesalni vplivi i.p. in da kolikor mogoče učinkovito ščiti nosilni sloj in temeljna tla pred površinsko vodo.

Iz funkcije zgornjega ustroja torej sledi, da imamo pri proučevanju tega vprašanja opraviti predvsem s tremi faktorji in to so prometna obtežba, nosilnost temeljnih tal (spodnjega ustroja) in konstrukcija zgornjega ustroja.

Znano je, da današnje teže praznih in polnih vozil bistveno presegajo one, ki so bile običajne v času, ko so bile zgrajene skoro vse sedanje ceste. Zato je jasno, da sodobnemu prometu ne morejo več ustrezati niti debeline, niti konstrukcije takrat zgrajenih zgornjih ustrojev in da tudi do sedaj običajne empirične in čisto šablonske metode določanja debeline zgornjega ustroja ne morejo več biti ekonomsko opravičljive. Pri sodobni cesti moramo stremeti za tem, da zgornji ustroj ni niti predimenzioniran, niti poddimenzioniran.

Vprašanje dimenzioniranja zgornjega ustroja je pa treba obravnavati s teoretične in s praktične, t.j. konstruktivne strani.

A. Splošne teoretične osnove

Na splošno je potrebno, da skušamo dobiti sliko o statičnih razmerah v cestnem telesu, ki jih povzroči prometna obtežba.

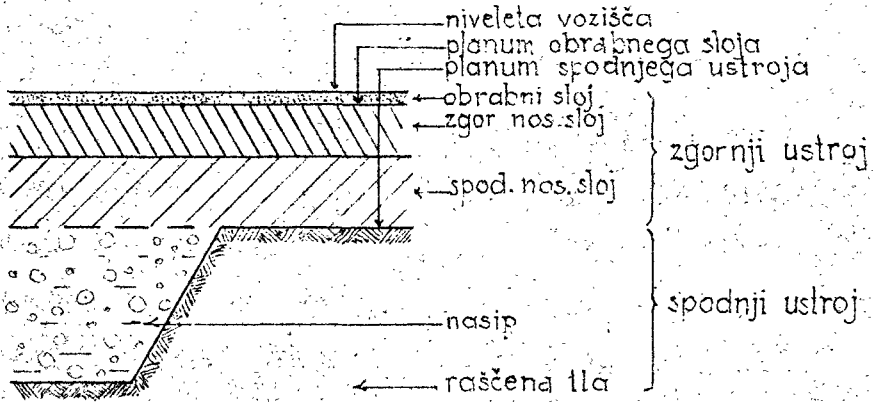
Pri tem se pojavi dvoje vrst problemov in sicer elastični problemi, ki obravnavajo napetosti in usedke ter plastični problemi, ki naj podajo sliko o stabilnosti zgornjega ustroja pod učinkom prometne obtežbe.

Elastični problemi

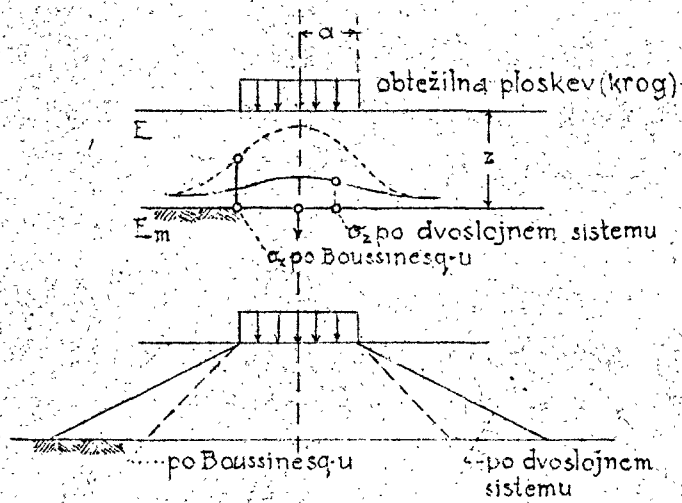
Nosilni sloj in temeljna tla nam v bistvu predstavljata dvoslojni sistem in sicer tako, da leži na neskončnem, homogenem in elastičnem polprostoru nosilni sloj (zgornji ustroj), ki ima večji modul elastičnosti. Zgornji sloj je obtežen s pnevmatiko, pri čemer z zadovoljivo natančnostjo lahko predpostavimo, da je obtežilna (kontaktna) površina krožna ploskev. Če predpostavimo, da zgornji ustroj ima neko določeno natezno trdnost, potem lahko uporabljamo elastičnostno teorijo. Ta problem je obdelal Burmieter (1943).

Po njegovi teoriji se obtežba na površini nosilnega sloja razdeli na zelo široko območje na temeljnih tleh.

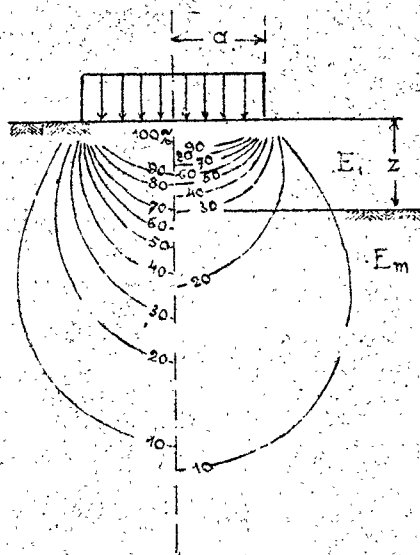
V primeri z Boussinesq-ovo teorijo o homogenem polprostoru pride torej do znatne redukcije napetosti v temeljnih tleh (risba 20 na str. 285), ki je tem večja, čim večji je modul elastičnosti nosilnega sloja od onega modula, ki ga imajo temeljna tla. Če torej prikažemo z izobarami, t.j. s krivuljami, ki imajo enake vertikalne napetosti, potek teh napetosti v zgornjem (nosilnem) in spodnjem ustroju, potem je ta koncentracija vertikalnih napetosti oziroma hitro zmanjšavanje njihove vrednosti zelo jasna (risba 24 na str. 285).



19



20



21

Pri tem pa je treba pripomniti, da se po navedeni teoriji pojavljajo že pri razmeroma velikih debelinah zgornjega ustroja radialne natezne napetosti. Torej je mogoče to teorijo uporabljati le pri sistemih, ki lahko prevzamejo upogibne in natezne napetosti. Taki sistemi so togi zgornji ustroji, t.j. betonska vozišča oz. betonske plošče, pri katerih ni kontinuirnega prenosa obtežbe in na mejnih površinah med ploščo in spodnjim ustrojem se pojavljajo samo normalne napetosti, ne pa tudi strižne.

Za vsa ostala gibka vozišča, katerih značilnost je ta, da praktično nimajo upogibnih in nateznih odpornosti in da se prometna obtežba prenaša na posameznih mejnih ploskvah s popolno kontinuirnostjo strižnih napetosti, pa teorija o dvoslojnem sistemu ni uporabljiva.

Ruckli je uporabil teorijo o dvoslojnem sistemu in sicer tako, da je izključil natezne trdnosti nosilnega sloja. Pri tem se je pokazalo, da se gibki nosilni sloj statično le malo razločuje od homogenega polprostora, da torej v praksi zadostuje, če pri gibkih voziščih računamo napetosti in deformacije po Boussinesq-u.

Plastični problemi

Če računamo stabilnost zgornjega in spodnjega ustroja pod učinkom kolesne obtežbe, potem je ta račun identičen z računom za stabilnost temeljnih tal, ki sloni na teoriji pasivnega zemljinskega pritiska in ki obravnava mejno ravnostno stanje zemljinskih teles. Ta problem je že za ravninsko stanje precej kompliciran. Od raznih aproksimativnih metod je ena najenostavnejših Terzaghi-jeva, ki določuje sile, potrebne za odzivanje tal pod fundamentom in ob njem. Pri pogrezanju kolesa mora biti strižni odpor na drsnih ploskvah premagan. Ta sila se sestoji iz teže izpodrinjene ze-

mljine, iz trenja in kohezije tal ter od stranske obtežbe tal (risba 22 na str. 291).

Odločujoči faktor za stabilnost zgornjega in spodnjega ustroja pod učinkom kolesa vozila je torej strižna trdnost zemljine, ki se sestoji iz notranjega trenja in iz kohezije. Jasno je, da strižna trdnost pri večini zemljine zavisi bistveno od njihove vlage. To je zlasti važno pri zmrzlin-
skih poškodbah, kakor bo to še pozneje razloženo.

I. Splošni problemi statičnega dimenzioniranja zgornjega ustroja

Način obtežbe.

V načelu imamo dvoje vrst obtežbe, in sicer statično in dinamično.

1. Statična obtežba

je dana s težo vozila. Ta teža je v vseh primerih znana in sicer je za javne ceste predpisana z ustreznimi zakonskimi določbami. Na gozdnih cestah je to težo tudi mogoče določiti, ker so znani tipi vozil, ki običajno obratujejo. Pri tem je seveda priporočljivo, da pri projektiranju novih cest perspektivno tudi računamo z eventualnimi večjimi obtežbami. Znano je namreč, da odnos med povečanjem teže vozil in med učinki zaradi teže povečanja ni linearen, Preiskave v ZDA so pokazale, da tako imenovani faktor ekvivalentne teže zelo hitro narašča. Če vzamemo za osnovo maksimalno kolesno obremenitev $P = 2000 \text{ do } 2500 \text{ kp}^x$, potem vidimo, da znaša koeficient ekvivalentne obtežbe:

^{x)} Pripomba: kp je angleška oznaka za pritisk 1 kg. Pomeni torej isto kot pritisk 1 kg.

- za $P = 2000$ do 2500 kp $k_e = 1$;
- za $P = 2500$ do 3000 " $k_e = 2$;
- za $P = 3000$ do 3500 " $k_e = 4$;
- za $P = 3500$ do 4000 " $k_e = 8$;
- za $P = 4000$ do 4500 " $k_e = 16$;
- za $P = 4500$ do več " $k_e = 32$;

To se pravi, da je n.pr. učinek y vozil s kolesno obremenitvijo $P = 2500 - 3000$ kp enak učinku $2 \times y$ vozil s kolesno obremenitvijo $P = 2000 - 2500$ kp. Učinek y vozil s kolesno obremenitvijo $P = 4000$ do 4500 kp je pa že enak učinku $16 \times y$ vozil s kolesno obremenitvijo $P = 2000 - 2500$ kp itd.

Oblika kontaktne (obtežilne) ploskve je pri kolesih na pnevmatike v načelu elipsa, vendar pa je za prakso popolnoma zadovoljivo, če računamo s krožno obtežilno ploskvijo, ki je dana z relacijo

$$P_{max} = a^2 \cdot \pi \cdot p_{max}, \text{ pri čemer pomenijo:}$$

a : polmer obtežilne ploskve,

p_{max} : maksimalni specifični pritisk na obtežilni ploskvi, ki je enak inflacijskemu pritisku v pnevmatiki, povečan za koeficient togosti pnevmatike, torej

$$p_{max} = p_i \cdot k_p$$

Koeficient k_p je odvisen od velikosti in obtežbe pnevmatike in znaša ca $1,1$ do $1,3$.

V praksi računamo za p_{max} z vrednostmi, ki so podane v tabeli I, v kateri so podani tudi ustrezni polmeri a .

P_{max} : maksimalna dopustna obtežba kolesa.

Tab. 1.

Nosilnost pnevmatike P_{\max}	Inflacijski pritisk p_i	Pritisk na kontaktni ploskvi p_{\max}	Polmeri obtežilne ploskve a
kp	kp/cm ²	kp/cm ²	cm
1050	5,00	6,50	7,25
1200	5,25	6,83	7,55
1300	5,50	7,15	7,70
1400	5,50	7,15	8,00
1500	5,75	7,48	8,10
2000	6,00	7,80	9,15
2300	6,00	7,80	9,80
2400	6,00	7,80	10,20
2500	5,25	8,83	10,70
2800	6,25	8,12	10,80
3450	6,50	8,45	11,50

Iz prej navedene enačbe dobimo polmer kontaktne ploskve:

$$a = \sqrt{\frac{P_{\max}}{p_{\max} \cdot 3,14}} ;$$

Za vrednosti, dane v tabeli I, lahko vzamemo polmere, ki so v isti tabeli podani v zadnji rubriki.

2. Dinamična obtežba

Dinamični učinki, ki so odvisni od kvalitete površine vozišča, od vzdrževanja, od inflacijskega pritiska v pnevmatikah in od hitrosti vozil, lahko dosežejo tudi do 200 % vrednosti statične obremenitve.

Vendar je trajanje učinkovanja udarcev zelo kratko (ulomki sekund), zato cestno telo deluje kot toga masa in zaradi svoje vztrajnosti ne more tako naglo reagirati. Zlasti še, ker je območje dinamičnega učinkovanja znatno manjše od območja statičnega vpliva (risba 23 na str. 291). Zato pri cestah upoštevamo te učinke le pri močno obremenjenih cestah, kjer je frekvenca vozil tako velika, da pride že do pojavov utrujenosti temeljnih tal zaradi hitro se ponavljajoče obtežbe. Pri gozdnih cestah je samo ob sebi razumljivo, da dinamično obtežbo ne bo treba upoštevati.

3. Vrste deformacij

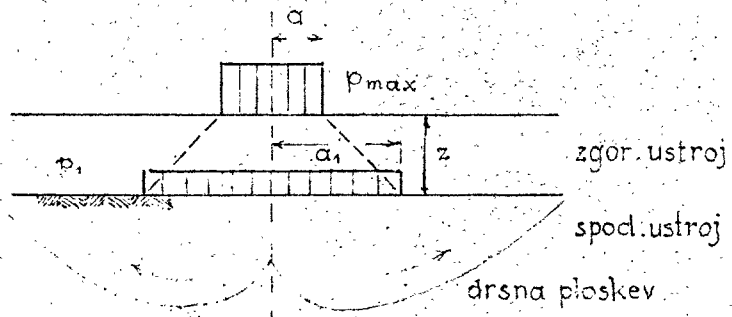
Razločujemo troje vrst deformacij in sicer: elastične, konsolidacijske in plastične.

Elastične deformacije se pojavijo zaradi kompresije votlih prostorov v zemljini. Ker so pa reverzibilne, niso pa za cestno telo pomembne.

Konsolidacijski usedki so posledica nezadostnega komprimiranja zemljine. Nastanejo pri sukcesivnem odtekanju porne vode. Ker so ireverzibilni, so nevarni za obstoj nosilnega sloja, če se pojavljajo neenakomerno.

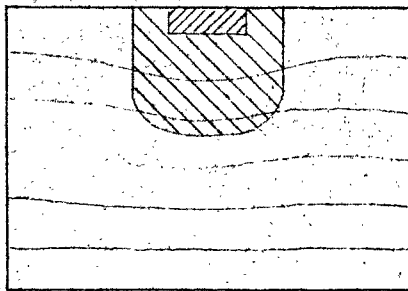
Plastične deformacije se pojavijo takrat, kadar je nosilnost tal, t.j. njihova strižna odpornost, prekoračena in kadar pride do porušitve temeljnih tal oziroma zgornjega ustroja. Tudi te deformacije so ireverzibilne. Te deformacije se seveda pod nobenim pogojem ne smejo pojaviti.

Ko govorimo o deformacijah oziroma o usedkih, je treba načeti tudi vprašanje o dopustnih usedkih na voziščih. Povsem odrejenih določil ni mogoče dati, ker zavisi ta dopustni usedek od kvalitete in vrste obrabnega sloja (utrditve), od polmera zakrivljenosti deformirane voziščne površine in od intenzivnosti prometnih obtežb.

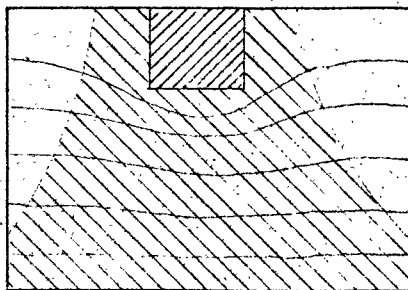


22

Območje dinam. obremenitve



23



Območje statične obremenitve

Običajno danes računamo za normalno prometno obtežbo tako, da dopuščamo 2,5 do 5 mm usedka. Kakor bomo videli kasneje, je pa pri tem vedno treba preiskati, ali niso eventualno pri tem dopustnem usedku že presežene strižne odpornosti temeljnih tal, t.j. ali sta notranje trenje in kohezija dovolj velika za dani dopustni usedek.

II. Metode dimenzioniranja zgornjega ustroja

1. Statično dimenzioniranje

Ker pri gozdarskih cestah toga betonska vozišča običajno ne morejo priti v poštev, se bomo v naslednjem omejili le na fleksibilna, t.j. na gibka vozišča.

Če pogledamo na vse številne metode, ki so se do danes pojavile v strokovni literaturi, potem lahko ugotovimo, da zaenkrat še ne more biti govora o enotnem načinu dimenzioniranja zgornjega ustroja. To je pač razumljivo, saj je nešteto faktorjev, ki bistveno vplivajo na dimenzioniranje in ki jih je pač težko zajeti v enostavno obliko. Ta problem je torej še danes vkljub znatnemu razvoju mehanike tal še vedno v prvi vrsti statistični problem, t.j. predvsem izkušnje so tiste, ki v zvezi z drugimi preiskovalnimi metodami lahko dajejo ekonomsko opravičljive smernice.

V splošnem poznamo danes empirične metode, metode klasifikacije tal, preiskusne metode, kombinirane metode in čisto teoretične metode.

V naslednjem ne bomo navajali vseh teh metod. Najizrazitejše so navedene v publikacijah: Ing.R.Jenko, Statično dimenzioniranje zgornjega ustroja sodobnih cest (Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij LRS, Ljubljana, 1954) in ing.R.Jenko, O zmrzlinah na cestah (Uprava za ceste LRS, 1957).

Podane bodo samo karakteristike onih metod, ki prihajajo za gozdarske ceste v poštev in ki so se pri nas že bolj ali manj udomačile.

Empirične metode, ki so po svojem bistvu povsem šablonske in ne upoštevajo niti strukture prometa, niti svojstev temeljnih tal, moramo - če naj gradimo ekonomsko - odkloniti. Prišle bi v poštev le takrat, če so dosedanje izkušnje pravilno in vestno registrirane, t.j. da vsebuje taka evidenca res vse one podatke, ki so za dimenzioniranje potrebni.

Metode klasifikacije tal se prav tako ne morejo praktično zadovoljivo uporabljati, ker imajo na sebi tudi nekaj shematskega. Meje med posameznimi kategorijami tal so nejasne, dimenzije za debelino zgornjega ustroja variirajo v preširokih mejah (glej: Klasifikacija Public Roads Administration).

Klasifikaciji "Civil Aeronautics Administration" in "Air Transport Association of America" upoštevata sicer mnogo več vplivnih faktorjev, vendar sta sestavljeni predvsem za potrebe letališč in manj za potrebe cest, zato praktično ne bo priporočljivo, da bi jih uporabljali za gozdne ceste.

Od številnih tako imenovanih preizkusnih metod (test metode) je ena najbolj znana

metoda CBR (California bearing ratio).

Ta metoda določuje najprej vrednost CBR (izraženo v procentih) temeljnih tal in sicer na naslednji način:

Cilindrični bat s ploščino prereza 20 cm^2 se vtisne v temeljna tla s hitrostjo $1,25 \text{ mm/minuto}$ do globine $2,5 \text{ mm}$. Specifični pritisk p , ki je bil za to delo potreben, se deli z onim specifičnim pritiskom p_s , ki je potreben, da se enako vtiskanje bata izvrši v standardnem materialu (komprimiran gramoz). Ta pritisk je normiran z vrednostjo $p_s = 70 \text{ kp/cm}^2$. Torej ima vrednost CBR matematično obliko:

$$\text{CBR} = \frac{P}{P_s} \cdot 100 \text{ (v \%)} \text{ oziroma:}$$

$$\text{CBR} = \frac{p}{70} \cdot 100 \text{ (\%)} \text{ oziroma:}$$

Kvaliteta oziroma nosilnost tal je kategorizirana tako:

CBR	> 15	zelo dobra nosilnost
CBR	15 - 10	dobra nosilnost
CBR	4 - 5	slaba nosilnost
CBR	< 4	zelo slaba nosilnost

Po dobljeni vrednosti določimo potrebno debelino zgornjega ustroja s pomočjo enačbe:

$$d = \frac{100 + 150 \sqrt{P}}{(\text{CBR}) + 5} \quad \text{V tej enačbi pomenijo:}$$

d : potrebna debelina zgornjega ustroja (v cm)

P : maksim. obtežba kolesa (v tonah)

(CBR): dobljena vrednost CBR (v %)

Za običajne kolesne obremenitve od 2,5 do 7,0 ton so sestavljeni diagrami, iz katerih neposredno odčitamo potrebno debelino d (glej prej navedeni publikaciji).

Prvotno so vrednost CBR določevali laboratorijsko in je preiskus trajal mnogo časa. Danes se ta preiskava izvršuje neposredno na terenu. Tudi naši laboratoriji razpolagajo že s takimi aparaturami in sicer po švicarskih normah SNV 40.315. Preiskus traja le nekaj minut in se danes zato pogosto uporablja. Ker je ta metoda hitra in razmeroma tudi cenena, je vsekar uporabljiva tudi za gozdne ceste, čeprav ima seveda tudi svoje hibe, kakor vse ostale druge metode.

Naslednja metoda, ki je pri nas tudi uporabljiva, je tako imenovana

metoda grupnega indeksa.

Grupni indeks je zemljinska karakteristika, ki jo dobimo s pomočjo presevka zemljine skozi sito \varnothing 0,074 mm, zgornje meje plastičnosti in indeksa plastičnosti. To so vse vrednosti, ki jih danes podajajo geotehnični laboratoriji skoro pri vseh svojih preiskavah. Prednost te metode je ta, da upošteva tudi zmrzilske učinke, čeprav le indirektno.

Nosilnost tal se z grupnim indeksom izrazi naslednje:

G_i	= 0	odlična nosilnost
G_i	= 0 - 1	dobra "
G_i	= 2 - 4	zadostna "
G_i	= 5 - 9	slaba "
G_i	= 10 - 20	zelo slaba "

Če nam je grupni indeks G_i poznan, določimo dimenzijo zgornjega ustroja po posebni tabeli (glej navedeno publikacijo "O zmrzlinah na cestah"), kjer so dane dimenzije za zgornji in spodnji nosilni sloj posebej. Parameter je pa prometni volumen, in sicer je tabela sestavljena za 3 kategorije prometne obremenitve: lahek, srednji in težki promet.

Grupni indeks uporablja tudi

Metoda "Colorado",

ki določuje dimenzije zgornjega ustroja na podlagi globine in intenzivnosti zamrznjenja tal, hidroloških razmer in prometne obremenitve.

Ta metoda se lahko uporablja tudi takrat, če poznamo vrednost CBR. Na diagramu za dimenzioniranje namreč so podane grupni indeksi in vrednosti CBR.

Teoretične metode.

Če upoštevamo Rucklijevo ugotovitev, da se pri gibkih voziščih statične razmere le malo razločujejo od onih v elastičnem, homogenem polprostoru, lahko določimo napetosti, njihovo porazdelitev in usedke po diagramih, ki so za prakso že sestavljeni (glej prej imenovano publikacijo o statičnem dimenzioniranju zgor.ustroja cest).

Pri tem pa je treba posebej poudariti naslednje:

Če po navedenih diagramih računamo z dopustnim usedkom ter na podlagi tega določimo potrebno debelino zgornjega ustroja, je vselej potrebno tudi to, da preiščemo, ali pri dopustnem usedku niso prekoračene strižne odpornosti tal, ker so uprav te odpornosti odločilne za stabilnost temeljnih tal, kakor smo to že omenili.

Teoretično preračunavanje zahteva torej določitev modula elastičnosti E_m , kota notranjega trenja in kohezije temeljnih tal.

Tudi te zemljinske karakteristike so danes na splošno podane v vseh geotehničnih ekspertizah.

To bi bile torej metode, ki praktično lahko pridejo v poštev.

Pri tem se pa pojavi vprašanje, kakšne rezultate po teh metodah dobimo, kakšen je odnos med njimi in kakšna je njihova praktična vrednost.

Najbolj bo to razvidno, če to prikažemo na praktičnem primeru.

Vzemimo, da je treba določiti potrebno debelino zgornjega ustroja za maksimalno kolesno obremenitev $P_{max} = 3.000$ kp. Inflacijski pritisk naj znaša 6,5 atm, oziroma maksimalna specifična napetost na kontaktni površini $p_{max} = 8,00$ kp/cm². Polmer obtežilne ploskve $a = 11$ cm.

Ostali podatki so naslednji:

Modul elastičnosti tem.tal	$E = 80$ kp/cm ² ;
Kot notranjega trenja tal	$\varphi = 30^\circ$ (tg $\varphi = 0,6$);
Kohezija tal	$c = 0,20$ kp/cm ²
Grupni indeks tal	$G_i = 9$;
CBR	CBR = 6 % ;
Globina zamrznjenja	$g = 80$ cm ;
Intenzivnost zmrzlinjskih period	močna
Hidrološke razmere	ozemlje,periodično (med nalivi) poplavljeno
Promet	srednji,do 100 vozil na dan

Potrebna debelina zgornjega ustroja znaša:

a) Po metodi CBR :

Iz diagrama odčitamo za $P = 3000$ kp in za CBR = 6 %

$$d = \text{ca } 28 \text{ cm ;}$$

b) Po metodi grupnega indeksa:

Za grupni indeks $G_i = 9$ in za srednji promet odčitamo na tabeli:

$$d = 15 + 20 = \underline{35 \text{ cm}}$$

c) Po metodi "Colorado"

zmrzlinjski koeficient 7 ;
hidrološki	" 4 ;
prometni	" 1 ;
	Skupno 12 ;

=====

Za vsoto koeficientov 12 in za $G_1 = 9$ dobimo po krivulji B na diagramu:

$$d = 12 \times 2,54 = \underline{\text{ca } 30 \text{ cm}};$$

a) Po teoretični metodi:

Za dopustni usedek $\sum_{\text{dop}} = 0,5$ cm dobimo :

$$\text{faktor usedka } F = \frac{\sum_{\text{dop}} \cdot \frac{P}{H}}{P_{\text{max}} \cdot a} = \frac{0,5 \times 80,0}{8 \times 11} = 0,46 ;$$

$$\text{relativna globina } \frac{z}{a} = 3,0 ;$$

Op.: Stisljivost zgornjega ustroja ni upoštevana, ker praktično ne prihaja v poštev.

$$z = d = 11,0 \times 3,0 = \underline{\text{ca } 33 \text{ cm}} ;$$

Preiskava stabilnosti:

za $f = 0,6$ in za $\frac{z}{a} = 3$, znaša potrebna kohezija :

$$\frac{c}{P_{\text{max}}} = 0,035 ; \quad c_{\text{potr}} = 8,0 \times 0,035 = 0,27 \text{ kp/cm}^2$$

Ker je stvarne kohezija manjša od potrebne, je treba povečati debelino d in sicer :

$$\frac{0,20}{8,0} = 0,025 ; \quad \text{za } \frac{c}{P} = 0,025 \text{ in } f = 0,6 \text{ dobimo :}$$

$$\frac{z}{a} = 3,6 ; \quad \text{za } d = 3,6 \times 11 = \underline{\text{ca } 39 \text{ cm}} ;$$

Vidimo torej, da dobimo najmanjšo dimenzijo po metodi OBR (ki ne upošteva zamrzilastkih učinkov!), največje pa po teoretični metodi in to na račun stabilnosti tež pri dani prometni obtežbi.

Če pomislimo, da pomenijo laboratorijsko dobljene vrednosti za c, E in ϱ le neko precejšnjo sigurnost z ozirom na razmere na terenu, ne bomo mnogo grešili, če vzamemo srednjo vrednost, torej:

$$d = \frac{28 + 35 + 30 + 39}{4} = 33 = \underline{\text{ca } 35 \text{ cm}}$$

Razlike v rezultatih niso bistvene in jasno je, da bodo po teh metodah dobljene debeline zgornjega ustroja na splošno zadovoljivo ustrezale tehnično kakor tudi ekonomsko. Seveda s predpostavko, da so vrednosti v teh kalkulacijah določene preudarno in ne šablonsko.

2. Dimenzioniranje z ozirom na zmrzilske učinke

Pri statičnem dimenzioniranju je bilo predpostavljeno, da imajo temeljna tla neko določeno nosilnost, ki se v splošnem ne spremeni. Zmrzilski učinki pa v večji ali manjši meri spreminjajo nosilnost tal v določenih letnih časih in zato je nujno, da pri dimenzioniranju te spremembe tudi upoštevamo.

Če govorimo o zmrzilskih učinkih oziroma poškodbah si moramo biti predvsem na jasnem, da imamo dvoje vrst teh poškodb, ki se med seboj bistveno razlikujejo, in sicer:

zmrzilska poškodba za časa zmrznenja, in
zmrzilske poškodbe za časa odjuge.

Zmrzilske poškodbe za časa zamrznjenja

Zamrznjenje tal se lahko pojavlja v dveh oblikah, in sicer kot

homogeno ali kot
heterogeno zamrznjenje.

O homogenem zamrznjenju tal govorimo takrat, kadar voda v njih zamrzne (pri ca 0°C) in s tem bolj ali manj zlepi posamezna zrnca. Pri tem se pa vkljub ca 9 % povečanju prostornine vode zaradi spremembe v led ne dogaja, da bi ledeni kristali povzročili povečanja prostornine tal, oziroma dviganja površine. Da, tudi če je tak material pred zamrznjenjem zasičen z vodo in je ta voda prosto vezana z nižjimi sloji, oziroma s podtalno vodo, ne pride do nikakih prostorninskih sprememb in vodna količina je po zamrznjenju tal celo manjša, kot pred zamrznjenjem. To se dogaja v nekoherentnih, peščno gramoznih materialih, katerih zrnatost je v splošnem večja od \varnothing 0,05 do \varnothing 0,02 mm. Homogeno zamrznjenje tal torej praktično nima nikakega škodljivega učinka.

Heterogeno zamrznjenje se pojavlja pri koherentnih fino zrnatih zemljinah, katerih granulacija je manjša od kritične, t.j. manjša od \varnothing 0,05 do 0,02 mm. To zamrznjenje poteka povsem drugače kakor homogeno zamrznjenje. Voda, ki je zaradi granulacije zemljine adhezijsko vezana na posamezne delce tal, ima nižje zmrzišče od 0°C . Ko je to doseženo, potem ta voda zmrzuje, pri tem pa nastali ledeni kristali vsrkavajo vodo po kapilarah iz svoje sosesčine tako, da se vodna množina močno poveča, kar ima za posledico rast ledenih leč. Ta dodatno črpana voda lahko dosega več 100 % od prvotne količine pred zamrznjenjem. Tako nastale leče izvajajo močan kristalizacijski pritisk, ki povzroči povečanja prostornine, oziroma dviganje površine tal. Pri tem dviganju je seveda cestna površina bolj ali manj prizadeta. Enakomerni zmrzliniski dvigi večjih površin sicer niso nevarni, pač pa neenakomerni dvigi, ki se kažejo v obliki lokalnih nabreklin, grebenov itd.

V splošnem pa lahko rečemo, da taki zmrzlin-ski dvigi, če ne dosegajo več desetih centimetrov, niso ne-varni za promet, zlasti ne, če gre za manjše število vozil in za razmeroma majhne vozne hitrosti, kot je to primer na gozdnih cestah.

Nevarne pa so te zmrzline za samo površino ce-ste, ki razpoka bolj ali manj in ima kasneje voda mnogo možnosti, da skozi njih pronica v notranjost zgornjega ustro-ja.

Glavna nevarnost pa se pojavlja pri

odjugi.

Zaradi naraščanja toplote se začenjajo ledeni kristali taliti. Ker imamo zaradi dodatnega črpanja vode za časa zmrzovanja v coni zamrznjenja zdaj veliko večje ko-ličine vode od one pred zamrznenjem in ker ta voda nima mo-žnosti hitrega odtekanja, je zemljina izgubila v večji ali manjši meri svojo strižno trdnost oziroma svojo nosilnost, ker ta bistveno zavisi od vlage materiala. Ta faza je torej najbolj kritična za obstoj ceste. Zgornji ustroj pri tem namreč leži na zelo slabo nosilnih tleh in če se pojavijo vo-zila s tako težo, ki presega nosilnost tal, se zgornji ustroj poruši in cesta se uniči.

Da zaščitimo cesto pred takim uničenjem, si poma-gamo lahko na dva načina, in sicer s provizoričnimi ukrepi ali s stalno zaščito zgornjega ustroja pred zmrzlin-skimi u-činki.

Provizorični ukrepi obstojijo v tem, da za časa odjuge ali promet popolnoma zapremo za vsa vozila, ali pa da dopuščamo samo omejeno težo vozil. Katerega od teh ukrepov bomo izbrali, bo odvisno od tega, kako močne so bile zmrzline

in do katere meje pade nosilnost tal zaradi povečanja količine vlage v njih.

Stalna zaščita cest proti zmrzliniskim učinkom obstoji v tem, debelino zgornjega ustroja dimenzionirati tako, da napetosti zaradi prometne obremenitve ne presegajo zmanjšane nosilnosti tal pri odjugi. Ta dodatni sloj, ki ga v ta namen zgradimo, imenujemo zaščitni ali tamponski sloj.

Ker gre tukaj za povečanje debeline zgornjega ustroja, kar je večinoma zvezano z velikimi stroški, je prav gotovo za prakso zelo važno vprašanje, kdaj take zaščite predvidimo, kje in kako.

Če poznamo homogeno in heterogeno zamrznenje tal, poznamo seveda tudi kriterije, ki nam opredelijo tla v dve kategoriji, torej v tla, ki zmrzujejo homogeno in v katerih se zmrzliniske poškodbe ne pojavljajo niti pri zamrznjenju, niti pri odjugi, in v tla, kjer moramo pričakovati, da bo do teh poškodb prišlo.

Danes uporabljamo predvsem 2 kriterija, in to sta znani Casagrandejev kriterij in kriterij po švicarskih normah SNV 40. 375 (Glej : R. Jenko, O zmrzlinah na cestah).

Pri tem pa si moramo biti na jasnem o naslednjem:

S pomočjo navedenih kriterijev sicer res opredelimo tla v na mrazu nevarna ali varna tla, vendar je s tem šele povedano, da postoji ali ne postoji možnost zmrzliniskih poškodb. Da se bodo te poškodbe res pojavile, pa morajo biti izpolnjeni predvsem trije pogoji in sicer:

- a) da so tla po kriterijih nevarna pri zmrzovanju,
- b) da se nahaja dovolj vode v coni zmrzovanja in v njeni bližini in
- c) da so zmrzljinske periode dovolj dolge oziroma, da je njihova intenzivnost dovolj velika.

Metode dimenzioniranja glede na zmrzljinske poškodbe morajo torej te pogoje vključiti, sicer v nobenem primeru ne morejo biti ekonomične.

Pa še en faktor je, ki je pri tem dimenzioniranju izredno važen, in to je prometna struktura (število vozil, njih vrsta in obtežba).

Metode dimenzioniranja z upoštevanjem zmrzljinskih učinkov so podane v publikaciji: R. Jenko, "O zmrzlinah na cestah", zato jih tukaj ne bomo navajali.

Pripomnili bi samo to, da so med različnimi metodami za naše razmere morda najenostavnejše in najpriporočljivejše že omenjeni metodi grupnega indeksa in "Colorado", ter seveda še metoda Inštituta za asfalt (USA).

Tudi za dimenzioniranje z oziroma na zmrzljinske učinke velja načelo, da je treba tako metodo kakor tudi posamezne podatke pri preračunu izbirati preudarno, ker zmrzljinski pojavi so še bolj zamotani od statičnih in zavisijo od še večjega števila faktorjev. Pri gramoznih cestah zato ne bo potrebno, da z debelino zaščitnega sloja pretiravamo, Zlasti ne tam, kjer je težko vnaprej točneje preceniti pričakovane poškodbe.

V takih primerih bo bolj ekonomično, omejiti se z zmrzljinsko zaščito na dovoljen minimum (kar bo narekovala intenzivnost prometa), ostale zaščite pa izvedemo pozneje, ko se poškodbe

pokažejo. Sanacija gramoznih vozišč je namreč dosti enostavna in cenena. Pri sodobnih utrditvah vozišč pa bo seveda potrebna večja previdnost.

B. Praktični konstruktivni problemi dimenzioniranja zgornjega ustroja

Kakor smo že omenili, imamo pri dimenzioniranju zgornjega ustroja opraviti predvsem s tremi faktorji, in to so: prometna obtežba, nosilnost temeljnih tal (spodnjega ustroja) in kvaliteta zgornjega ustroja, t.j. obrabnega in nosilnega sloja.

Prometna obtežba

S praktične strani ne more biti posebnih težav pri vprašanju prometne obtežbe. Kakor je že navedeno, je to predvideno v ustreznih uredbah in to predvsem kar se tiče maksimalno dopustne osne obtežbe vozil. Struktura prometa je pa dana ali s prometnim štetjem na že obstoječih cestah, ali pa je določena perspektivno na osnovi količin lesa, ki se bo po planu na posameznih komunikacijah transportiral.

Nosilnost tal

Bolj komplicirano je vprašanje nosilnosti tal. V tem pogledu je treba razločevati dvoje, in sicer nosilnost raščenih tal in nosilnost nasipov.

Določevanje nosilnosti razšččenih tal ne nudi posebnih težav. Pri tem pa je zopet treba pomisliti na to, ali imamo opraviti z neko konstantno nosilnostjo, ali pa z nosilnostjo, ki se menja zaradi učinkovanja vode v kakršnikoli obliki.

S stalno nosilnostjo lahko računamo pri vseh obstojnih kamnitih in gramoznih materialih. Ne glede na vlago in ne glede na zmrzovanje take zemljine ne utrpe prostorninskih sprememb, in s tem se tudi njihova nosilnost ne spremeni. Taki materiali

imajo visoke vrednosti za module elastičnosti ($E = 800 \text{ kp/cm}^2$) in če pogledamo na diagrame na sl. 24, kjer so prikazane teoretično izračunane debeline zgornjega ustroja za module elastičnosti $E = 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400$ in 450 kp/cm^2 , potem vidimo, da je tudi za 8 tonsko oeno obremenitev ($P_{\text{max}} = 4000 \text{ kp}$), ki je po naših uredbah predvidena kot maksimalno dopustna, zgornji ustroj glede na statično obtežbo praktično nepotreben že pri modulih od $E = 200 \text{ kp/cm}^2$ in navzgor, t.j. sama tla morejo še prevzeti vso statično prometno obtežbo.

Potreben bo seveda nek izravnalni površinski sloj v debelini morda $10 - 15 \text{ cm}$, ki pa ima zgolj to funkcijo, da prevzame obrabo vozišča, t.j. učinkovanje udarcev, sesalnih učinkov pnevmatik, drsanje koles, učinek erozijskih sil površinske vode itd.). Debelina tega zgolj obrabnega sloja se mora seveda določiti skladno z intenzivnostjo prometa in vrsto vozil.

V takih primerih bi bilo torej res nesmiselno, če bi hoteli samo zaradi tradicije izvršiti nek debelejši zgornji ustroj. Najmanj upravičljivo bi bilo seveda to, da bi celo izkopal v takih tleh prej običajno "posteljico", t.j. da bi odstranili zdrav, kompakten in konsolidiran material ter ga nadomestili z drugim, morda celo manj vrednim. Ta namreč v vseh primerih gotovo ne bo mogel biti komprimiran tako kot raščeni materiali, ki je pridobil svojo kompaktnost v dolgem geološkem procesu. Taki primeri se danes žal še vedno dogajajo.

Pri neobstojejih, manj nosilnih tleh je seveda potrebno, da uporabljamo tudi nosilni sloj, pri čemer pa zopet upoštevamo načelo, naj bo debelina tega nosilnega sloja strogo odvisna od dejanske nosilnosti tal. Z drugimi besedami:

tudi pri manj nosilnih tleh moramo to nosilnost izrabiti do skrajne dopustne meje.

Če zopet pogledamo diagram na sliki 24, vidimo, da potrebne debeline zgornjega ustroja, ki so pri slabo nosilnih zemljinah razmeroma velike, naglo padajo z rastočo vrednostjo elastičnega modula temeljnih tal E_m . Tako vidimo n.pr. da debelina običajnega izravnalnega sloja 10 cm istočasno tudi že zadostuje kot nosilni sloj za obtežbo

$P_{max} = 4.000 \text{ kp}$ pri modulu $E_m = \text{ca } 230 \text{ kp/cm}^2$, torej pri modulu, ki ga imajo v splošnem peski in poltrdne gline ali poltrdne ilovice. Izravnalni sloj 15 cm pa celo zadostuje (pri isti obtežbi 1) za zemljine z $E_m = \text{ca } 180 \text{ kp/cm}^2$, t.j. za težko gnetne gline oz. ilovice.

Večje dimenzije so torej potrebne le pri slabo nosilnih tleh, ki imajo manjše module elastičnosti.

Pri tem pa seveda ne smemo pozabiti na naslednja dejstva

Modul elastičnosti se pri koherentnih zemljinah menja, ker je, kakor znano, funkcija vlage materiala. Če je ta modul določen za naravno vlažen material, in če se vlaga poveča, potem seveda hitro pade tudi nosilnost tal. Zato mora biti vsekakor poskrbljeno za to, da se naravna vlaga ne more v večjem obsegu spreminjati in da tla obdržijo tisto svojo nosilnost, ki jo imajo v naravno vlažnem stanju. To dosežemo pa le s tem, da v projektu predvidimo vse potrebne ukrepe za kar najbolj učinkovito odvodnjavanje površinske in podtalne vode tako, da tudi pri deževnih periodah voda nikjer ne zastaja in kakorkoli namaka cestno telo. Ti ukrepi so predvsem pravilno izpeljani s sistemi koritnic, jarkov in propustov ter eventualno potrebno dreniranje. Jasno je, da bo vzdrževanje teh objektov mnogo pripomoglo k učinkovitosti predvidenega odvodnjavanja.

Pri proučevanju nosilnosti tal pa je nujno potrebno, da obravnavamo nasipe posebej.

Če bi pri določevanju debeline zgornjega ustroja vzeli v račun enako vrednost elastičnega modula, kakor v ukopu (torej za raščeni material), bi bilo to pravilno, le v tem primeru, če bi imel nasip isto gostoto kot temeljna tla v ukopu. Vprašanje pa je, ali je ta pogoj pri gozdnih cestah res izpolnjen, ali ne.

Če je nasip samo nasut in ni komprimiran, potem je samo po sebi razumljivo, da ne more imeti enake nosilnosti kakor raščena tla v ukopu. Razen tega moramo še - kot je že prej omenjeno - računati na konsolidacijske usedke nasipa, ki so lahko za njegovo stabilnost nevarni.

Stojimo torej pred tem vprašanjem: ali povečamo debelino zgornjega ustroja v razmerju z manjšo nosilnostjo nasipa, ali pa nasipe komprimiramo tako, da njihova gostota dosega gostoto ali raščeni tal ali vsaj tako mero, ki jo običajno predpišemo, ker pač ni niti tehnično, niti ekonomsko pravilno, dopuščati večja ali manjša usedanja nasipov, zlasti ne, če naj bodo takoj izročeni eksploataciji.

Za mestne in podeželske ceste predpisujejo švicarske norme SNV 40.317, da mora spodnji ustroj (nosilna tla) doseči modul podajnosti M_E vsaj 150 kp/cm². (Vrednost M_E določujemo na terenu s pomočjo krožne jeklene plošče $F = 200 \text{ cm}^2$, ki jo postopno obtežujemo od 0,5 do 2,5 kp/cm². M_E je dan z označbo: $M_E = \frac{\Delta P}{\Delta s}$, kjer pomenijo $\Delta P = 1 \text{ kp/cm}^2$ in Δs ustrezní usedek v cm). Razmerje med modulom elastičnosti E in modulom podajnosti M_E je približno enak $E = \frac{2}{3} M_E$. Pri nas običajno računamo z $E = M_E$.

*) Opomba: Po novejših nemških predpisih se modul podajnosti spodnjega ustroja ozir. temeljnih tal predpisuje odvisno od lege posameznih slojev in od potrebne Proctorjeve vlage.

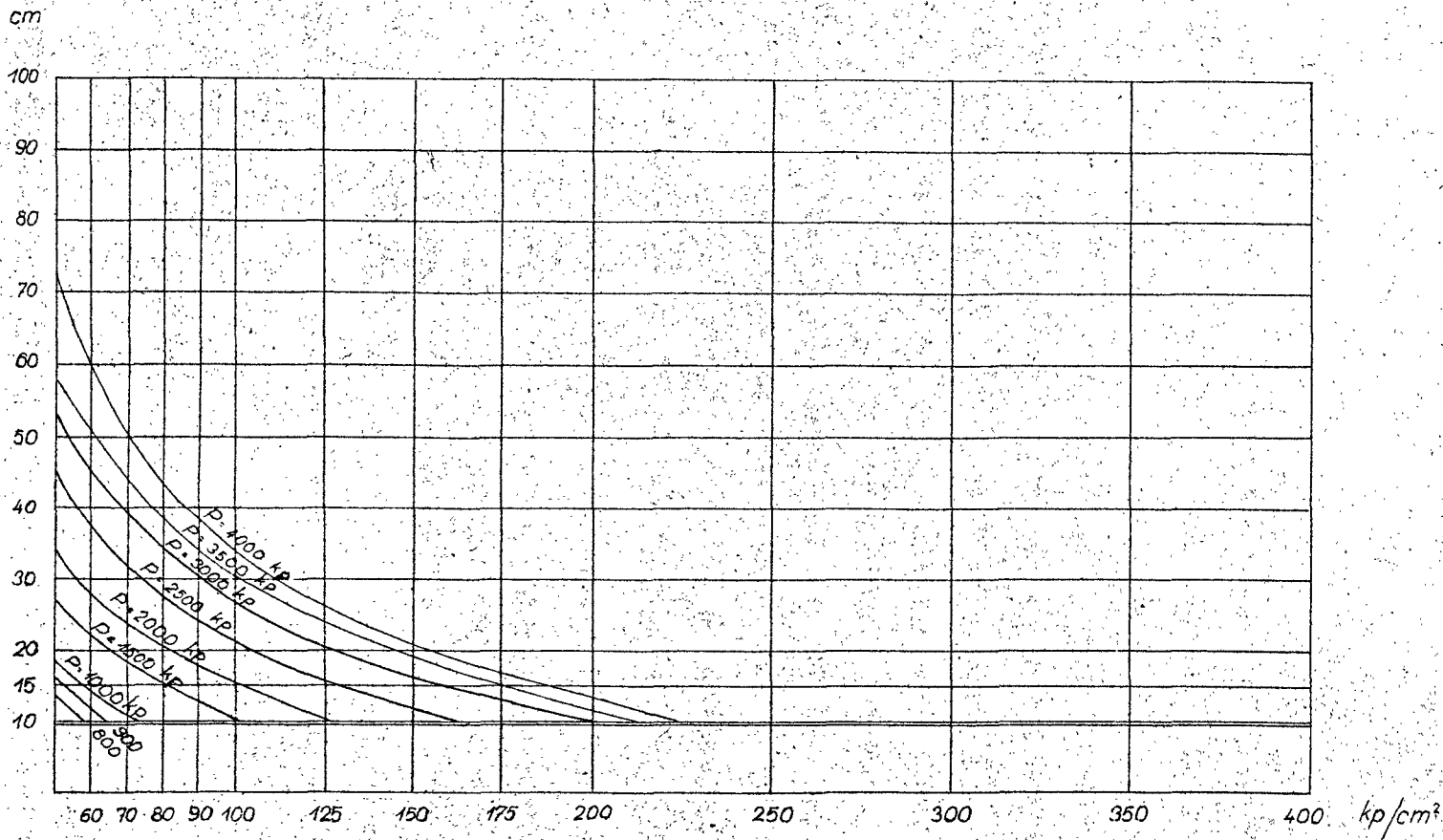
Če n.pr. zahtevamo, da mora komprimirani nasip doseči vrednost $M_E = E = 150 \text{ kp/cm}^2$, potem vidimo, da je pri tem pogoju tudi za obtežbo $P_{\max} = 4.000 \text{ kg}$ dovolj, če izvršimo zgornji ustroj v debelini ca 20 - 22 cm (glej diagram 24 na str. 309). Vidimo torej, kako evidentna je važnost komprimiranja in kako na račun pravilne komprimacije lahko zmanjšamo debelino zgornjega ustroja, pri čemer so še istočasno eliminirane tudi vsi dodatni škodljivi konsolidacijski usedki. Jasno je, da bo komprimiranje nasipov, vkljub za to potrebnim stroškom še vedno bolj ekonomično, kakor pa polagati močnejše debeline zgornjega ustroja ter pri tem imeti popolno neizvestnost glede kasnejšega usedanja nasipov in s tem v zvezi nastalih poškodb na vozišču.

Če govorimo o nosilnosti tal oziroma o spremembi nosilnosti, moramo, kot je že omenjeno, nujno upoštevati tudi zmrzilske poškodbe, prvenstveno seveda poškodbe pri odjugi.

Navedli smo, da se pri zemljinah, ki zmrzujejo heterogeno, koncentrirajo v območju zmrzovanja relativno velike vodne količine, ki pri odjugi prepojijo zemljino in ji bistveno zmanjšajo nosilnost.

Navedli smo tudi, da zaščitimo cesto pred učinki odjuge na dva načina in sicer ali z delno oziroma totalno zaporo prometa, ali pa tako, da zgornji ustroj zavarujemo s tamponskim slojem.

Če imamo možnost, da cesto za promet zapremo ali pa da dopuščamo le promet z lahkiimi vozili, potem je pravzaprav cesta dovolj zaščitena. Ko se namreč odjuga konča in ko se temeljna tla osušijo tako, da imajo zopet svojo normalno naravno vlago, t.j. svojo normalno posilnost, potem lahko zopet cesto odpremo.



24

Pri stalni zaščiti vozišča pa smo pač prisiljeni, da izvršimo zaščitni sloj do potrebne globine in sicer po prej navedenih metodah.

Pri tem pa naj pripomnimo še naslednje:

Poškodbe heterogenega zamrznjenja tal so vedno nujna posledica večje ali manjše količine vode, ne glede na to, ali je ta voda površinska, ali pa črpana kapilarno iz nižjih slojev. Jasno pa je, da ima površinska voda pri tem nedvomno svoj velik delež. Schaible, ki je na številnih primerih preiskoval vzroke zmrzlinških poškodb, trdi, da je bilo 35 % od vseh preiskanih poškodb povzročenih od površinske vode, 45% pa od pobočne vode. Ker pa je bila ta pobočna voda v načelu le površinska voda, ki je učinkovala le z malo zamudo, je treba po njegovem mnenju prišteti ta odstotek le površinski vodi tako, da ji smemo torej pripisati ca 80 % vseh nastalih poškodb. 15 % poškodb pa je povzročila podtalna, 5 % pa odprta voda.

Čeprav seveda ni mogoče teh podatkov posplošiti, je vendar jasno, da je površinska voda zelo vplivna. Če torej poskrbimo za temeljito odvodnjavanje, potem nismo dosegli le tega, da temeljna tla obdržijo svojo normalno nosilnost, ampak tudi to, da smo tudi omejili v precejšnji meri zmrzlinške poškodbe. To je predvsem važno za gramozna vozišča, ki že po svoji konstrukciji dopuščajo infiltriranje večjih vodnih količin v notranjost cestnega telesa.

Povdariti pa je treba še nekaj: učinek zamrznjenja se more le izjemoma preprečiti z drenažami. Zmrzlinški učinki se namreč pojavljajo le pri koherentnih fino-zrnatih zemljinah, torej onih, ki imajo sklenjene kapilarne sisteme. Če bi hoteli torej z drenažo preprečiti kapilarno potovanje vode v zmrzovalno območje, bi bilo treba znižati rezervoar vode, t.j. gladino podtalne

vođe tako globoko, da višina kapilarnega dviga v zemljini ne sega v zmrzovalno območje. Ker pa znašajo kapilarni dvigi takih koherentnih zemljin (z granulacijo $\phi < 0,02$ mm) od 3-10 m in tudi več, je jasno, da bi mogle biti učinkovite samo globinske drenaše do navedenih globin, kar pa a priori ne more priti pri cestah v poštev.

Drenaža je lahko učinkovita - in to v precejšnji meri - le tedaj, če prestreže totalno pobočno vođo.

Kar se tiče kakovosti in zrnatosti materiala za tamponski sloj, se sklicujemo na prej navedeno publikacijo "Ozmrzlinah na cestah".

Kvaliteta zgornjega ustroja

Pri teoretičnem obravnavanju debeline zgornjega ustroja oziroma obrabnega in nosilnega sloja je bilo samo govora o debelini, ne pa tudi o njegovi konstrukciji in kvaliteti.

Samo ob sebi je razumljivo, da mora biti zgornji ustroj zgrajen na tak način in iz takega materiala, da so statične razmere vsaj v glavnem podobne onim, ki smo jih predpostavili v teoretičnem računu. Zato mora biti tudi jasno, da je praktična izvedba zgornjega ustroja prav tako važna, kakor samo dimenzioniranje, t.j. da postanejo vse metode dimenzioniranja nesmiselne in odveč, če konstrukcija zgornjega ustroja ne ustreza določenim pogojem.

Fleksibilni nosilni sloji se danes izvajajo po dveh konstrukcijskih principih, t.j. kot telford (kamnita podlaga) ali kot makadam.

Če navedeno analiziramo telfordski sistem, t.j. kamnit, zaklinjen tlak, ki je posut z drobljencem, lahko na prvi pogled ugotovimo tele evidentne pomanjkljivosti:

- a) Statične razmere v kamniti podlagi so zaradi pomanjkanja vsake kontinuitete v njej popolnoma nejasne. Zaradi majhnega trenja med posameznimi kamni učinkujejo ti kot stebri in prenašajo obtežbo točkasto navzdol, pri čemer torej ne moremo govoriti o neki porazdelitvi pritiskov in zgornji ustroj s tem izgubi svoj smisel, ker ne deluje kot kompaktno, bolj ali manj homogeno telo.
- b) Zaradi neenakomernih ležajnih površin se pojavljajo že pri prvem valjanju neenakomerni usedki na planumu spodnjega ustroja, kar ima za posledico, da se v posameznih kotanjah lahko nabira voda, ki nima odtoka in mehča temeljna tla.
- c) Zaradi neenakomernih pogrezanj posameznih kamnov in zaradi znane velike votlavosti kamnite podlage (25 - 40 %) ima zemljina spodnjega ustroja možnost, da infiltrira v zgornji ustroj, s tem bistveno zmanjša njegovo nosilnost in povzroči, da se zmrzlinke poškodbe pojavljajo že v samem nosilnem sloju. Razen tega povzročata to neenakomerno pogrezanje posameznih kamnov valovitost površine vozišča.
- d) Kamnita podlaga zahteva ročno delo. Komprimiranje ni mogoče, prav tako tudi ni mogoče kontrola dosežene komprimacije.
- e) Mraz prodira pri telfordu globlje in hitreje kakor pri makadamu.

Vidimo torej, da telford prav v ničemer ne izpolnjuje tistih pogojev, ki smo jih pri statičnem dimenzioniranju upoštevali.

Navedene pomanjkljivosti so tudi vzrok, da se danes označuje telford kot neprimeren in zastarel način konstrukcije zgornjega ustroja.

Primeren in ustrezen bi bil tak način le, če polagamo posamezne piramidaste kamne, odmaknjene med seboj in nezaklinjene, ter jih pokrijemo (najmanj 5 cm nad najvišjo konico!) z okroglozrnatim prodcem granulacije ϕ 0 - 30 mm (graduirano približno kakor gramoz za beton), ki ga dobro uvibriramo.

Makadamski sistem, t.j. sloj enakomernega drobljenca ustreza neprimerno bolj tem pogojem, ki jih stavljamo na zgornji ustroj in sicer iz naslednjih razlogov:

a) Posamezne votline makadamskega komprimiranega sloja so dosti manjše in enakomernije razdeljene po vsem sloju. Infiltracija plastičnega in koherentnega materiala je zato znatno manjša, zlasti če v spodnjem sloju predvidimo čistilni peščeni filter. Z manjšo infiltracijo je tudi valovitost vozišča manjša.

b) Razdelitev pritiskov se veliko bolj približuje suponorani porazdelitvi in to tem bolj, čim bolj kompakten je makadam in čim večji je njegov elastični modul. Možna je tudi zanesljiva kontrola dosežene komprimacije.

c) Glede vpliva zamrznjenja tal je mogoče ugotoviti, da je makadam sam po sebi že delna zaščita proti zmrzliniskim učinkom in to tem bolj, čim manjša je njegova zrnatost. Globina in hitrost prodiranja mraza sta manjši kot pri telfordu.

d) Zaradi večjega odstotka dotikalnih ploskev je makadam mnogo odpornejši proti statičnim, dinamičnim in kinetičnim učinkom prometa in ima zato stabilnejšo strukturo.

e) Produkcija, transport, razgrinjanje in valjanje se lahko mehanizirajo in s tem zmanjšajo stroški. Ročno delo odpade.

Zaradi teh navedenih prednosti se danes ta sistem uporablja kot standardni način konstrukcije nosilnega sloja.

Končno moramo pri vprašanju kvalitete kamnitega materiala za makadam nujno še načeti zelo važno vprašanje, kakšna trdnostna svojstva zahtevamo od kamna, ki ga uporabljamo za drobljenec.

V splošnem se pri gradnjah pojavlja zelo razumljiva težnja, da se uporablja pač tisti material, ki je na mestu, tudi če je slabše kvalitete. Projektanti in izvajalci se izogibajo dolгим transportom gramoznega materiala. Gledano s stališča ekonomije, je taka težnja nedvomno pravilna. Gledano s čisto tehnične strani, je pa le vprašanje, ali je taka izraba lokalnih kamnitih materialov vedno upravičena in če to le ni morda štednja na nepravem mestu.

Taki pomisleki se nam morajo pojaviti, če nadorbneje analiziramo, kaj se dogaja z drobljencem od začetka vgraditve pa vnaprej.

Jasno je, da pride že pri samem valjanju (in to je najobičajnejša oblika komprimacije) do delnega drobljenja posameznih kamnov, saj so ti pri tem procesu izpostavljeni pritiskom, upogibnim in strižnim silam. Po uvaljanju pa začenjajo delovati promet s svojimi pritiski, sunki in vibracijami ter preperevanje zaradi učinkovanja vode in mraza. Na podlagi številnih preiskav je Schaible dognal, da se proces drobitve makadamskega materiala vrši približno na način, ki je pokazan v naslednji tabeli:

Postopno drobljenje makadamskega nosilnega sloja pri valjanju in v toku prometa.

Granulacija:	Gramoz 30/65 mm	Drobir 2/30 mm	Grobi pesek 0,1 - 2 mm	Fini pesek pod 0,1 mm	Skupno
a) Pri vgraditvi	80 %	10 %	7 %	3 %	100 %
b) Po valjanju	50 %	30 %	15 %	5 %	100 %
c) Po 10-15 let pod prometom	15-30%	40-50%	15-25%	10-20%	100 %

Iz tabele je zelo jasno razvidno, kako močni so vplivi valjanja prometa in preperevanja in kako hitro narašča odstotek nevarnih drobnih frakcij. S tem pa se ne manjša samo nosilnost makadamskega zgornjega ustroja oziroma njegova sposobnost, da koncentrira v sebi pritiske in jih kar najbolj zreducirane porazdeli na čim širšo ploskev, ampak se tudi manjša njegova odpornost proti zmrzlinским učinkom. Da, pri zadostnem odstotku (ca 3-5 %) kritične frakcije @ 0,02 mm, se lahko zgodi in se tudi dogaja, da se pojavlja heterogeno zamrznjenje v samem zgornjem ustroju in to tudi tam, kjer temeljna tla sploh ali pa le malo zmrzujejo heterogeno. To seveda mora imeti za posledico hude zmrzlinške poškodbe. Kako močen je proces drobljenja in preperevanja v makadamih, so pokazale tudi zmrzline na cestnem omrežju Slovenije v zimi 1956 - 1957. Na mestih, poškodovanih od zmrzlin, je bilo izvršenih 79 preiskav obstoječih makadamov in ugotovili so, da se je v 93 % od teh primerov granulacijska krivulja bistveno spremenila tako, da je odstotek kritične frakcije znatno presegal dopustno mejo (nad 10 do 20 %).

Spričo navedenih ugotovitev je razumljivo, da je treba vprašanju kvalitete materiala za zgornji ustroj posvečati posebno pažnjo. Zlasti važno je to vprašanje na cestah v gozdnatih višinskih krajih, ker je ugotovljeno, da imamo v takih območjih

več padavin in da zmrzlinke periode trajajo dalj časa. Razen tega nikakor ne smemo pozabiti tudi na to dejstvo, da kislina gozdna tla proces preperevanja bistveno pospešijo.

Da je proces preperevanja najmočnejši pri gramoznih cestah, je samo ob sebi razumljivo, saj morejo že običajne padavine stalno pronicati skozi razpoke, iz katerih pnevmatike motornih vozil izsesajo drobne prašnate delce, kar se dogaja predvsem po zmrzlinških dvigih.

S tem bi bili na kratko podani glavni faktorji, ki jih je treba upoštevati pri dimezioniranju zgornjega ustroja gozdnih cest. Na podlagi prej navedenega torej lahko pridemo do naslednjih

z a k l j u č k o v :

1) Debelina in konstrukcija zgornjega ustroja gozdne ceste morata biti izvršeni tako, da preneseta celotno statično in dinamično prometno obtežbo, ne da bi se pri tem pojavile nedopustne deformacije ali prenapetosti v materialu zgornjega ustroja oziroma v temeljnih tleh.

Ne glede na metodo dimezioniranja mora veljati načelo, da je treba nosilnost tal izkoristiti v polni meri, t.j. da zgornji ustroj ne sme biti niti poddimezioniran, niti predimezioniran.

2) Da se lahko nosilnost tal izkoristi do dopustne skrajne mere, je potrebno izvršiti predhodne preiskave tal. Stroški za te preiskave so v vseh primerih ekonomske upravičeni, saj se s tem izognemo po eni strani riziku, po drugi strani pa neekonomskemu predimezioniranju zgornjega ustroja.

3) Metode dimezioniranja morajo biti izbrane tako, da v kar naj-

večji meri upoštevajo prometno obtežbo, klimatske razmere in nosilnost tal.

V krajih, kjer moramo z ozirom na podnebje, na svojstva tal in na hidrološke razmere računati tudi z zmrzlinjskimi poškodbami, je potrebno, da se razen statičnega dimenzioniranja upoštevajo tudi zmrzlinjski učinki in da se ceste pred temi poškodbami zaščitijo bodisi začasno, bodisi trajno.

- 4) Razen teoretičnega dimenzioniranja je nujno potrebno, da se upoštevajo tudi oni sekundarni vplivi, od katerih zavisi, ali obdržijo materiali zgornjega ustroja in temeljna tla tisto nosilnost, s katero je bilo pri dimenzioniranju računano. Konstrukcija zgornjega ustroja naj bo načelno makadamska, ker v največji meri izpolnjuje statične pogoje. Kvaliteta kamnitega materiala (pesek, prodec, drobljenec) mora biti taka, da je zadostno odporna proti preperovanju ter statičnim in dinamičnim učinkom prometa. Pri uporabi slabšega materiala je treba ekonomsko pokazati, ali je taka uporaba upravičena z ozirom na strukturo prometa in z ozirom na gradbene, prometne in vzdrževalne stroške.
- 5) Ker je voda v kakršni koli obliki, predvsem pa površinska, eden najbolj učinkovitih in nevarnih faktorjev in to ne samo zaradi erozije, ampak predvsem zaradi vpliva na nosilnost oziroma na stabilnost tal in cestnega telesa, je nujno, da je odvodnjavanje rešeno temeljito in vsestransko.
- 6) Važen faktor je končno tudi vzdrževanje ceste, ki mora v prvi vrsti poskrbeti za brezhibno funkcioniranje odvodnjavanja in za dobro stanje cestne površine, t.j. vozišča. Zlasti je važno, da se nemudoma odstranijo vse okvare, ki so posledica hudih nalivov ali hitrega tajanja snega in ledu.

Račun debelin zgornjega ustroja in maksimalnih
napetosti

(Glej diagram 24. na str. 309)

Debeline zgornjega ustroja

izračunane po teoretični metodi (glej str. 248 teksta oziroma str. 16 "Statičnega dimenzioniranja zgornjega ustroja sodobnih cest" od prof. R. Jenka).

V naslednjih primerih so izračunane debeline zgornjega ustroja z za razne kolesne pritiske (P_{max}), maksimalne specifične pritiske na obtežilni ploskvi $p_{max} = p_i \cdot k$, pri čem je p_i inflacijski pritisk v pnevmatiki, a k koeficient togosti pnevmatike ter razne module elastičnosti materiala.

$$\text{Polmer obtežilne ploskve } a = \frac{P_{max}}{p_i \cdot k \cdot 3,14}$$

Za primer, da je maksimalni dopustni kolesni pritisk $P_{max} = 5000$ kg, modul elastičnosti $E = 80$ kp/cm², $p_i = 5$ atm, koeficient togosti pnevmatike $k = 1,2$, dobimo $a = \frac{5000}{5 \times 1,2 \times 3,14} =$
 $=$ ca 16 cm.

Za maksimalen dopusten usedek vozišča $\xi \text{ dop} = 0,5$ cm in za elast.modul $E = 80$ kp/cm², znaša

$$\text{koeficient usedka } F_{80} = \frac{\xi \text{ dop.}}{p_{max} \cdot a} = \frac{0,5 \times 80}{5,0 \times 1,2 \times 16} = \frac{40}{96} = 0,42$$

Za $F = 0,42$ znaša po diagramu 252q na str. 326 relativna globina

$$\frac{z}{a} = 3,3.$$

Debelina zgornjega ustroja $z = 3,3 \times 16 = 53$ cm = ca 50 cm

Na ta način so izračunane v naslednjih primerih debeline zgornjega ustroja za kolesne pritiske P od 500 do 4000 kg in module elastičnosti od 60 do 350 kp/cm² debeline zgornjega ustroja z.

$$P = 500 \text{ kp} ; a = \sqrt{\frac{500}{5 \cdot 3,14}} = 5,5 \text{ cm}$$

$$p_{\max} = 5 \text{ kp/cm}^2$$

$$K = \frac{0,5}{5 \cdot 5,5} = 0,018$$

$$F_{60} = 0,018 \cdot 60 = 1,080 ; \frac{z}{a} = 0,95 \quad z = 5,2$$

$$P = 600 \text{ kp} ; p_{\max} = 5 \text{ kp/cm}^2 ; a = \sqrt{\frac{600}{5 \cdot 3,14}} = 6 \text{ cm}$$

$$K = \frac{0,5}{5 \cdot 6} = 0,017$$

$$F_{60} = 0,017 \cdot 60 = 1,020 ; \frac{z}{a} = 1,1 \quad z = 6,0 \text{ cm}$$

$$P = 700 \text{ kp} ; p_{\max} = 5 \text{ kp/cm}^2 ; a = \sqrt{\frac{700}{5 \cdot 3,14}} = 6,5 \text{ cm}$$

$$K = \frac{0,5}{5 \cdot 6,5} = 0,015$$

$$F_{60} = 0,015 \cdot 60 = 0,900 ; \frac{z}{a} = 1,3 \quad z = 8,5 \text{ cm}$$

$$P = 800 \text{ kp} ; p_{\max} = 6 \text{ kp/cm}^2 ; a = \sqrt{\frac{800}{3,14 \cdot 6}} = 6,5 \text{ cm}$$

$$K = \frac{0,5}{6 \cdot 6,5} = 0,013$$

$$F_{60} = 0,013 \cdot 60 = 0,780 ; \frac{z}{a} = 1,6 \quad z = 10,4 \text{ cm}$$

$$P = 900 \text{ kp/cm}^2 ; p_{\max} = 6 \text{ kp/cm}^2 ; a = \sqrt{\frac{900}{6 \cdot 3,14}} = 7 \text{ cm}$$

$$K = \frac{0,5}{6 \cdot 7} = 0,012$$

$$F_{60} = 0,012 \cdot 60 = 0,720 ; \frac{z}{a} = 1,8 ; z = 12,6 \text{ cm}$$

$$P = 1000 \text{ kp/cm}^2 ; p_{\max} = 6,5 \text{ kp/cm}^2 ; a = \sqrt{\frac{1000}{6,5 \cdot 3,14}} = 7 \text{ cm}$$

$$\xi \text{ dop} = 0,5 \text{ cm}$$

$$F = \frac{0,5 \cdot 60}{6,5 \cdot 7} = \frac{30}{45,5} = 0,66 ; \frac{z}{a} = 2 ; z = 2 \times 7 = 14 = 14 \text{ cm}$$

$$K = \frac{0,5}{p \cdot a} = \frac{0,5}{6,5 \cdot 7} = 0,011 ; F = 0,011 \cdot 70 = 0,77 ;$$

$$\frac{z}{a} = 1,65 ; z = 1,65 \cdot 7 = 11,6 \text{ cm}$$

$$F_{80} = 0,011 \cdot 80 = 0,88 ; \frac{z}{a} = 1,35 ; z = 1,35 \cdot 7 = 9,45 \text{ cm}$$

$$P = 1500 \text{ kp}$$

$$p_{\max} = 7,5 \text{ kp/cm}^2$$

$$a = \sqrt{\frac{1500}{7,5 \cdot 3,14}} = 8 \text{ cm}$$

$$\xi \text{ dop} = 0,5 \text{ cm}$$

$$K = \frac{0,5}{7,5 \cdot 8} = 0,0084 ; F_{60} = 0,0084 \cdot 60 = 0,504 ;$$

$$\frac{z}{a} = 2,75 \quad z = 2,75 \cdot 8 = 22 \text{ cm}$$

$$F_{70} = 0,0084 \cdot 70 = 0,59$$

$$\frac{z}{a} = 2,3 \quad z = 2,3 \cdot 8 = 18,4 \text{ cm}$$

$$F_{80} = 0,0084 \cdot 80 = 0,67$$

$$\frac{z}{a} = 2,0 \quad z = 2 \cdot 8 = 16,0 \text{ cm}$$

$$F_{90} = 0,0084 \cdot 90 = 0,76$$

$$\frac{z}{a} = 1,7 \quad z = 1,7 \cdot 8 = 13,6 \text{ cm}$$

$$P = 2000 \text{ kp}$$

$$P_{\max} = 7,5 \text{ kp/cm}^2$$

$$K = \frac{0,5}{7,5 \cdot 9} = 0,0074 ;$$

$$a = \sqrt{\frac{2000}{7,5 \cdot 3,14}} = 9 \text{ cm}$$

$$F_{60} = 0,0074 \cdot 60 = 0,444 ;$$

$$\frac{z}{a} = 3,15 \quad z = 28,4 \text{ cm}$$

$$F_{70} = 0,0074 \cdot 70 = 0,518 ;$$

$$\frac{z}{a} = 2,65 \quad z = 23,8 \text{ cm}$$

$$F_{80} = 0,0074 \cdot 80 = 0,592 ;$$

$$\frac{z}{a} = 2,30 \quad z = 20,7 \text{ cm}$$

$$F_{90} = 0,0074 \cdot 90 = 0,666 ;$$

$$\frac{z}{a} = 2,00 \quad z = 18,0 \text{ cm}$$

$$F_{100} = 0,0074 \cdot 100 = 0,74 ;$$

$$\frac{z}{a} = 1,75 \quad z = 15,8 \text{ cm}$$

$$F_{125} = 0,0074 \cdot 125 = 0,925 ;$$

$$\frac{z}{a} = 1,25 \quad z = 11,3 \text{ cm}$$

$$P = 2500 \text{ kg} \quad K = \frac{0,5}{7,8 \cdot 10} = 0,0064$$

$$P_{\max} = 7,8 \text{ kp/cm}^2$$

$$a = \sqrt{\frac{2500}{7,8 \cdot 3,14}} = 10 \text{ cm}$$

$$K_{60} = 0,0064 \cdot 60 = 0,3840 ;$$

$$\frac{z}{a} = 3,7 \quad z = 37,0 \text{ cm}$$

$$F_{70} = 0,0064 \cdot 70 = 0,4480 ;$$

$$\frac{z}{a} = 3,1 \quad z = 31,0 \text{ cm}$$

$$F_{80} = 0,0064 \cdot 80 = 0,5120 ;$$

$$\frac{z}{a} = 2,7 \quad z = 27,0 \text{ cm}$$

$$F_{90} = 0,0064 \cdot 90 = 0,5760 ;$$

$$\frac{z}{a} = 2,35 \quad z = 23,5 \text{ cm}$$

$$F_{100} = 0,0064 \cdot 100 = 0,6400 ;$$

$$\frac{z}{a} = 2,1 \quad z = 21,0 \text{ cm}$$

$$F_{125} = 0,0064 \cdot 125 = 0,800 ;$$

$$\frac{z}{a} = 1,6 \quad z = 16,0 \text{ cm}$$

$$F_{150} = 0,0064 \cdot 150 = 0,96 ;$$

$$\frac{z}{a} = 1,2 \quad z = 12,0 \text{ cm}$$

P = 3000 kp

p_{max} = 8 kp/cm²

a = √(3000 / (8,0 * 3,14)) = 11 cm

K = 0,5 / (8 * 11) = 0,0057

F₆₀ = 0,00567 * 60 = 0,34 ;

z/a = 4,1 z = 45,0 cm

F₇₀ = 0,00567 * 70 = 0,397 ;

z/a = 3,5 z = 38,5 cm

F₈₀ = 0,00567 * 80 = 0,453 ;

z/a = 3,1 z = 34,2 cm

F₉₀ = 0,00567 * 90 = 0,510 ;

z/a = 2,7 z = 29,9 cm

F₁₀₀ = 0,00567 * 100 = 0,567 ;

z/a = 2,4 z = 26,4 cm

F₁₂₅ = 0,00567 * 125 = 0,708 ;

z/a = 1,85 z = 20,4 cm

F₁₅₀ = 0,00567 * 150 = 0,850 ;

z/a = 1,45 z = 16,0 cm

F₁₇₅ = 0,00567 * 175 = 0,990 ;

z/a = 1,15 z = 12,7 cm

F₂₀₀ = 0,00567 * 200 = 1,135 ;

z/a = 0,90 z = 9,9 cm

P = 3500 kp

p_{max} = 8,5 kp/cm²

a = √(3500 / (8,5 * 3,14)) = 11,5 cm

K = 0,5 / (8,5 * 11,5) = 0,0051

F₆₀ = 0,0051 * 60 = 0,3060 ;

z/a = 4,5 z = 51,6 cm

F₇₀ = 0,0051 * 70 = 0,3570 ;

z/a = 4,0 z = 46,0 cm

F₈₀ = 0,0051 * 80 = 0,4080 ;

z/a = 3,4 z = 39,2 dm

F₉₀ = 0,0051 * 90 = 0,4590 ;

z/a = 3,0 z = 34,6 cm

F₁₀₀ = 0,0051 * 100 = 0,5100 ;

z/a = 2,7 z = 31,0 cm

$$F_{125} = 0,0051 \cdot 125 = 0,640 ; \quad \frac{z}{a} = 2,1 \quad z = 24,2 \text{ cm}$$

$$F_{175} = 0,0051 \cdot 175 = 0,892 ; \quad \frac{z}{a} = 1,35 \quad z = 15,5 \text{ cm}$$

$$F_{150} = 0,0051 \cdot 150 = 0,765 ; \quad \frac{z}{a} = 1,65 \quad z = 19,0 \text{ cm}$$

$$F_{200} = 0,0051 \cdot 200 = 1,0200 ; \quad \frac{z}{a} = 1,10 \quad z = 12,7 \text{ cm}$$

$$F_{250} = 0,0051 \cdot 250 = 1,275 ; \quad \frac{z}{a} = 0,60 \quad z = 5,1 \text{ cm}$$

$$F_{300} = 0,0051 \cdot 300 = 1,530 ; \quad \frac{z}{a} = 0 \quad z = 0$$

$$P = 4000 \text{ kg} ; P_{\max} = 8,5 \text{ kp/cm}^2 ; \quad a = \frac{4000}{8,5 \cdot 3,14} = 12 \text{ cm}$$

$$K = \frac{0,5}{8,5 \cdot 12} = 0,0049$$

$$F_{60} = 0,0049 \cdot 60 = 0,2940 ; \quad \frac{z}{a} = 5,0 \quad z = 60,0 \text{ cm}$$

$$F_{70} = 0,0049 \cdot 70 = 0,343 ; \quad \frac{z}{a} = 4,15 \quad z = 50,0 \text{ cm}$$

$$F_{80} = 0,0049 \cdot 80 = 0,392 ; \quad \frac{z}{a} = 3,6 \quad z = 43,2 \text{ cm}$$

$$F_{90} = 0,0049 \cdot 90 = 0,441 ; \quad \frac{z}{a} = 3,15 \quad z = 37,9 \text{ cm}$$

$$F_{100} = 0,0049 \cdot 100 = 0,490 ; \quad \frac{z}{a} = 2,8 \quad z = 33,6 \text{ cm}$$

$$F_{125} = 0,0049 \cdot 125 = 0,612 ; \quad \frac{z}{a} = 2,2 \quad z = 26,4 \text{ cm}$$

$$F_{150} = 0,0049 \cdot 150 = 0,735 ; \quad \frac{z}{a} = 21,6 \quad z = 21,6 \text{ cm}$$

$$F_{175} = 0,0049 \cdot 175 = 0,858 ; \quad \frac{z}{a} = 1,4 \quad z = 16,8 \text{ cm}$$

$$F_{200} = 0,0049 \cdot 200 = 0,980 ; \quad \frac{z}{a} = 1,15 \quad z = 13,8 \text{ cm}$$

$$F_{250} = 0,0049 \cdot 250 = 1,225 ; \quad \frac{z}{a} = 0,7 \quad z = 5,94 \text{ cm}$$

$$F_{300} = 0,0049 \cdot 300 = 1,470 ; \quad \frac{z}{a} = 0,2 \quad z = 0,24 \text{ cm}$$

$$F_{350} = 0,0049 \cdot 350 = 1,74 ; \quad \frac{z}{a} = 0 \quad z = 0$$

Maksimalne napetosti

V naslednjih primerih so izračunane maksimalne napetosti.

Za primer, ki je kot uvod naveden v primerih računanja debeline zgornjega ustroja, dobimo maksimalno napetost na sledeči način.

Relativna globina pri 53 cm znaša $\frac{z}{a} = \frac{53}{16} = 3,3$

Za to relativno globino $\frac{z}{a} = 3,3$, znaša po diagramu
25 sp. na str. 326 izraz $\frac{\sigma_z}{p_{max}} = 0,12$;

$\sigma_z = p_{max} \times 0,12 = 6 \times 0,12 = 0,72 \text{ kp/cm}^2$

Na ta način so v naslednjih primerih izračunane maksimalne napetosti za razne specifične pritiske in debeline zgornjega ustroja.

$p_{max} = 6,5 \text{ kp/cm}^2$; $a = 7 \text{ cm}$; $P = 1000 \text{ kp}$

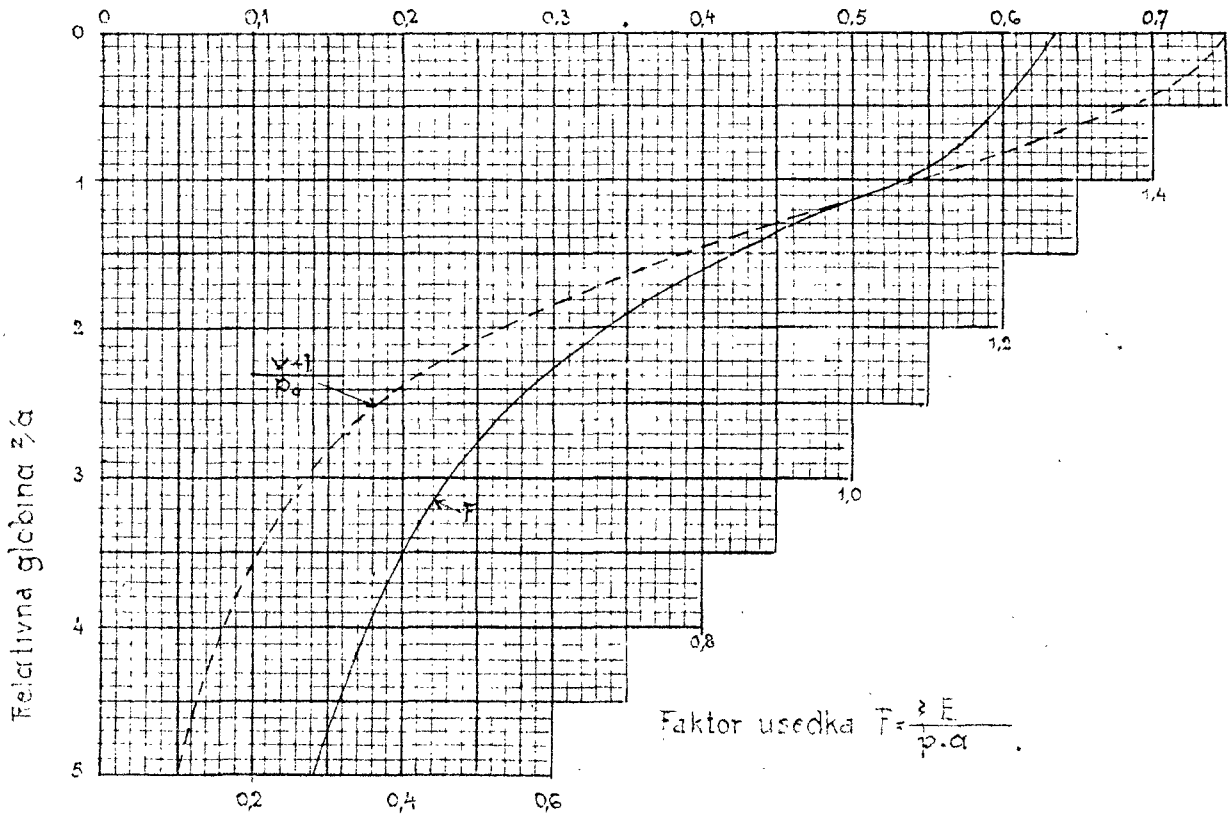
za globino :	$z = 14 \text{ cm}$;	$\frac{z}{p} = 0,28$;	$\sigma_z = 1,8 \text{ kp/cm}^2$
" "	: $z = 11,6 \text{ cm}$;	" = 0,36 ;	" = 2,3 "
" "	: $z = 9,45 \text{ cm}$;	" = 0,48 ;	" = 3,1 "

$p_{max} = 7,5 \text{ kp/cm}^2$; $a = 8 \text{ cm}$; $P = 1500 \text{ kp}$

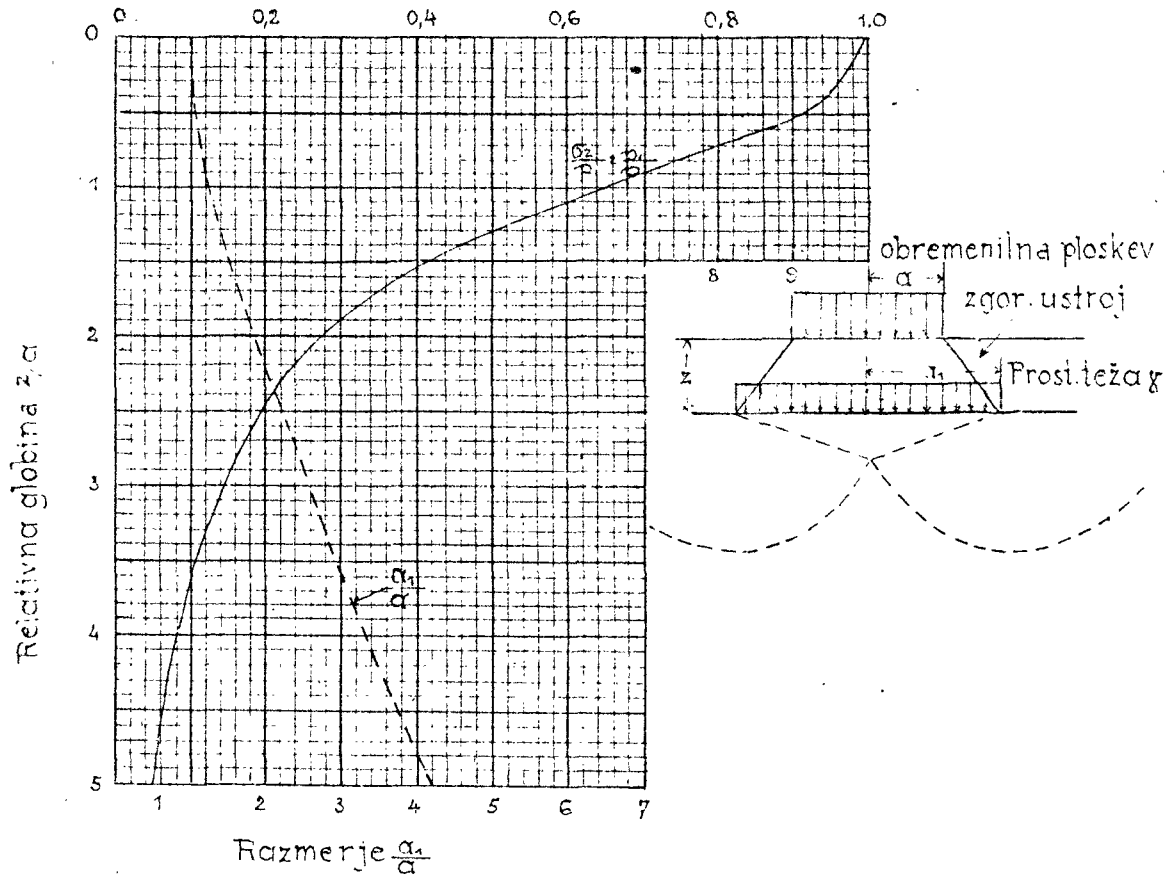
za globino :	$z = 22,0 \text{ cm}$;	$\frac{z}{p} = 0,16$;	$\sigma_z = 1,25 \text{ kp/cm}^2$
	$z = 18,4 \text{ "}$;	" = 0,22 ;	" = 1,7 "
	$z = 16,0 \text{ "}$;	" = 0,28 ;	" = 2,18 "
	$z = 13,6 \text{ "}$;	" = 0,35 ;	" = 2,7 "

Največja napetostna razlika $\frac{\sigma_z - \sigma_r}{p_0} = \frac{\sigma_z - \sigma_r}{p_0}$

25



Razmerje $\frac{\sigma_z}{p}$



$p_{max} = 7,5 \text{ kp/cm}^2$; $a = 9 \text{ cm}$; $P = 2000 \text{ kp}$

za globino:	$z = 28,4 \text{ cm}$;	$\frac{\sigma_z}{p} = 0,13$;	$\sigma_z = 0,97 \text{ kp/cm}^2$
	$z = 23,8 \text{ "}$;	$" = 0,17$;	$" = 1,27 \text{ "}$
	$z = 20,7 \text{ "}$;	$" = 0,22$;	$" = 1,65 \text{ "}$
	$z = 18,0 \text{ "}$;	$" = 0,28$;	$" = 2,10 \text{ "}$
	$z = 15,8 \text{ "}$;	$" = 0,34$;	$" = 2,55 \text{ "}$
	$z = 11,3 \text{ "}$;	$" = 0,52$;	$" = 3,90 \text{ "}$

$p_{max} = 7,8 \text{ kp/cm}^2$; $a = 10 \text{ cm}$; $P = 2500 \text{ kp}$

za globino:	$z = 37,0 \text{ cm}$;	$\frac{\sigma_z}{p} = 0,1$;	$\sigma_z = 0,78 \text{ kp/cm}^2$
	$z = 31,0 \text{ "}$;	$" = 0,13$;	$" = 1,02 \text{ "}$
	$z = 27,0 \text{ "}$;	$" = 0,17$;	$" = 1,33 \text{ "}$
	$z = 23,0 \text{ "}$;	$" = 0,21$;	$" = 1,64 \text{ "}$
	$z = 21,0 \text{ "}$;	$" = 0,26$;	$" = 2,03 \text{ "}$
	$z = 16,0 \text{ "}$;	$" = 0,38$;	$" = 2,96 \text{ "}$
	$z = 12,0 \text{ "}$;	$" = 0,75$;	$" = 5,85 \text{ "}$

$p_{max} = 8 \text{ kp/cm}^2$; $a = 11 \text{ cm}$; $P = 3000 \text{ kp}$

za globino:	$z = 45,0 \text{ cm}$;	$\frac{\sigma_z}{p} = 0,08$;	$\sigma_z = 0,64 \text{ kp/cm}^2$
	$z = 38,5 \text{ "}$;	$" = 0,11$;	$" = 0,88 \text{ "}$
	$z = 34,2 \text{ "}$;	$" = 0,13$;	$" = 1,04 \text{ "}$
	$z = 29,8 \text{ "}$;	$" = 0,17$;	$" = 1,36 \text{ "}$
	$z = 26,4 \text{ "}$;	$" = 0,21$;	$" = 1,68 \text{ "}$
	$z = 20,4 \text{ "}$;	$" = 0,31$;	$" = 2,48 \text{ "}$
	$z = 16,0 \text{ "}$;	$" = 0,44$;	$" = 3,52 \text{ "}$
	$z = 12,7 \text{ "}$;	$" = 0,58$;	$" = 4,64 \text{ "}$
	$z = 9,9 \text{ "}$;	$" = 0,70$;	$" = 5,60 \text{ "}$

$p = 8,5 \text{ kp/cm}^2$; $P = 3500 \text{ kp}$; $a = 11,5 \text{ cm}$

za globino:	$z = 51,6 \text{ cm}$;	$\frac{\sigma_z}{p} = 0,06$;	$\sigma_z = 0,51 \text{ kp/cm}^2$
	$z = 46,0 \text{ "}$;	" = 0,08 ;	" = 0,68 "
	$z = 39,2 \text{ "}$;	" = 0,11 ;	" = 0,93 "
	$z = 34,6 \text{ "}$;	" = 0,14 ;	" = 1,19 "
	$z = 31,0 \text{ "}$;	" = 0,17 ;	" = 1,44 "
	$z = 24,2 \text{ "}$;	" = 0,26 ;	" = 2,20 "
	$z = 19,0 \text{ "}$;	" = 0,36 ;	" = 3,06 "
	$z = 15,5 \text{ "}$;	" = 0,48 ;	" = 4,07 "
	$z = 12,7 \text{ "}$;	" = 0,6 ;	" = 5,10 "
	$z = 12,1 \text{ "}$;	" = 0,87 ;	" = 7,40 "

$p = 8,5 \text{ kp/cm}^2$; $P = 4000 \text{ kp}$; $a = 12 \text{ cm}$

za globino:	$z = 60,0 \text{ cm}$;	$\frac{\sigma_z}{p} = 0,05$;	$\sigma_z = 0,42 \text{ kp/cm}^2$
	$z = 50,0 \text{ "}$;	" = 0,07 ;	" = 0,59 "
	$z = 43,2 \text{ "}$;	" = 0,1 ;	" = 0,85 "
	$z = 37,9 \text{ "}$;	" = 0,13 ;	" = 1,1 "
	$z = 33,6 \text{ "}$;	" = 0,16 ;	" = 1,36 "
	$z = 26,4 \text{ "}$;	" = 0,24 ;	" = 2,04 "
	$z = 21,6 \text{ "}$;	" = 0,32 ;	" = 2,72 "
	$z = 16,8 \text{ "}$;	" = 0,45 ;	" = 3,82 "
	$z = 13,8 \text{ "}$;	" = 0,82 ;	" = 6,95 "
	$z = 5,9 \text{ "}$;	" = 0,98 ;	" = 8,30 "

$p = 5 \text{ kp/cm}^2$; $P = 500 \text{ kp}$; $a = 5,5 \text{ cm}$

za globine:	$z = 5,2 \text{ cm}$;	$\frac{\sigma_z}{p} = 0,68$;	$\sigma_z = 0,37 \text{ kp/cm}^2$
	$z = 3,5 \text{ "}$;	" = 0,84 ;	" = 0,42 "
	$z = 1,6 \text{ "}$;	" = 0,96 ;	" = 0,48 "

$$p = 5 \text{ kp/cm}^2 ; \quad P = 600 \text{ kp} ; \quad a = 6 \text{ cm}$$

$$\text{za globino : } z = 6,0 \text{ cm} ; \quad \sigma_{\frac{z}{p}} = 0,6 ; \quad \sigma_z = 0,30 \text{ kp/cm}^2$$

$$p = 5 \text{ kp/cm}^2 ; \quad P = 700 \text{ kp} ; \quad a = 6,5 \text{ cm}$$

$$\text{za globino : } z = 8,5 \text{ cm} ; \quad \sigma_{\frac{z}{p}} = 0,5 ; \quad \sigma_z = 0,25 \text{ kp/cm}^2$$

$$p = 6 \text{ kp/cm}^2 ; \quad P = 800 \text{ kp} ; \quad a = 6,5 \text{ cm}$$

$$\text{za globino : } z = 10,4 \text{ cm} \quad \sigma_{\frac{z}{p}} = 0,38 ; \quad \sigma_z = 2,28 \quad "$$

$$p = 6 \text{ kp/cm}^2 ; \quad P = 900 \text{ kp} ; \quad a = 7 \text{ cm}$$

$$\text{za globino : } z = 12,6 \text{ cm} \quad \sigma_{\frac{z}{p}} = 0,32 ; \quad \sigma_z = 1,92 \text{ kp/cm}^2$$

V I R I

- 1 Dipl.Ing.Wolfgang Hackl: Stabilisierungsmethoden und Bau - Misch - verfahren im ländlichen Wegebau bei der niederösterreichischen Landes - Landwirtschaftskammer. - Allg.Fzschrift 16-1962.
- 2 W.Bauer: Stabilisierung im Waldstrassenbau. - Schw.Z.f. Fw. 2-1962.
- 3 W.B.: Zum Artikel "Stabilisierung im Waldstrassenbau" in Nr. 2/1962.- Schw. Z.f. Fw. 3/4-1962.
- 7 Dr.F.Schleicher: Taschenbuch für Bauingenieure, 1955, II. del.
- 8 Dr.F.Neumann: Der neuzeitliche Strassenbau, 1959.
- 9 Dr.Franz Hafner: Forstlicher Strassen- und Wegebau, 1956. (stabilizacija str. 308-314)
- 10 Forschungsarbeiten aus dem Strassenwesen, Neue Folge, Heft 3: Dr.Ing.H.Leussink und Dr.Ing. E.W. Goerner: Erdstrassenbau.
- 11 Ernst Gleichmann: Erfahrungsbericht über die Bodenstabilisierung beim Wegebau im Forstamt Heilsbronn. - Allg. Fzschrift 24-1959.
- 12 Dipl.Ing.A.Althammer: Die Bodenverfestigung mit Zement im Waldwegebau. - Allg.Fzschrift 24-1959.
- 13 v.Haaren: Zur Begriffsbildung im Forststrassenbau. - F.H.W. 13-1955.
- 14 Dr.A.Frhr.v.Haaren: Moderner Waldstrassenbau, 1956.
- 15 Dr.E.Volkert: Betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte bei der Gestaltung des Waldwegenetzes - Allg. F.u. J.Z. 4/5-1959.
- 16 Dr.E.Volkert: Die Bringungstechnik als gemeinsames Problem von Forst- und Holzwirtschaft, 1956.

- 17 Dr.E. Volkert: Extensivierung im Waldwegebau? - Ft.
Inf. 10-1961.
- 18 Arbeitsring "Waldwegebau": Technische Richtlinien für
den Betonwegebau im Walde, 1957.
- 19 Arbeitsring "Waldwegebau": Technische Richtlinien für
den Schwarzdeckenbau auf Waldstrassen, 1957.
- 20 Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen e.V.:
Anleitung für den Bau und die Unterhaltung me-
chanisch verfestigter Trag-und Verschleisschi-
chten, 1957.
- 21 Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen e.V.: Be-
festigung ländlicher Wege, Abschn. D, Bodenver-
festigung mit Zement, 1960.
- 22 Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen e.V.:
Refestigung ländlicher Wege, Abschn. E, Boden-
verfestigung mit bituminösen Bindemitteln, 1960.
- 23 Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen e.V.: Be-
festigung ländlicher Wege, Abschnitt C, Bodensta-
bilisierung mit Kalk, 1960.
- 24 Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen e.V.: Befesti-
gung ländlicher Wege, Teil 4, Merkblatt für Bau und
Unterhaltung sandgeschlämmter Schotterdecken im
ländlichen Wegebau, 1959.
- 25 Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen e.V.: Befesti-
gung ländlicher Wege, Teil 3, Merkblatt für rüttel-
verdichtete Schüttwege, 1959.
26. Dr. B. Žnideršić: Ceste, 1961
- 27 Dr. Lujo Šuklje: Mehanika tal.
- 28 DIN 1179: Körnungen für Sand, Kies und zerkleinerte Stoffe.
- 29 Prof.ing.R.Jenko: O zmrzlinah na cestah, 1957.
- 30 Prof.ing.R.Jenko: Statično dimenzioniranje zgornjega
ustroja sodobnih cest, 1954.

- 31 Ing.arh.Rado Kregar: Naravni in umetni kamen za tehniko in ukras, 1947.
- 32 Stroj za izradu podloge-stabilizaciju tla. - Ceste i mostovi 2-1957, str. 80.
- 33 Dr.Ing.Vasa Popović, Beograd: Stabilizacija tla emulzijon.- Ceste i mostovi 3-1958, str. 93.
- 34 Ing.Predrag Brannović, Novi Sad: Savremena postrojenja za kemijsku stabilizaciju tla. - Ceste i mostovi 2/3-1959, str. 51.
- 35 Ing.I.C., Zagreb: Stabilizacija tla. - Ceste i mostovi 3/4-1960, str. 47.
- 36 Ing.Predrag Braunović, Novi Sad: Najnovije koncepcije i iskustva u rešavanju problematike stabilizacije tla u SAD. - Ceste i mostovi 3/4 - 1960, str. 54.
- 37 Ing.Predrag Braunović, Novi Sad: Premena stabilizacije tla u izgradnji komunikacija na Novosadskom Sajmu. - Ceste i mostovi 5/6-1960, str. 103.
- 38 Ing.Predrag Brannović, Novi Sad: Specifičnost u rešavanju problematike građenja poljoprivrednih puteva u AP Vojvodini. - Ceste i mostovi 1/2-1961, str. 10.
- 39 Ing.Delimir Vuletić, Zagreb: Primjena gređera pri radu na stabilizaciji i izradi kolovoza. - Ceste i mostovi 4-1961, str. 85.
- 40 DIN 1060: Baukalk.
- 41 DIN 1167: Trasszement.
- 42 DIN 51043: Trass. Begriff, Eigenschaften.
- 43 DIN 1164: Portlandzement, Eisenportlandzement, Hochofenzement.