

Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo  
pri Biotehniški fakulteti

TEHNIKA DELA PRI  
GRADNJI GOZDNIH CEST V PLITKIH  
IZKOPIH IN TRDNI HRIBINI

Ljubljana 1974



Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo  
pri Biotehniški fakulteti

TEHNIKA DELA PRI GRADNJI GOZDNIH CEST V PLITKIH  
IZKOPIH IN TRDNI HRIBINI

Ljubljana, marec 1974

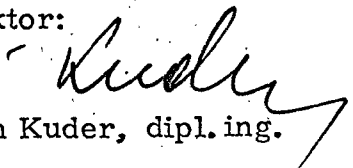
Sestavil:

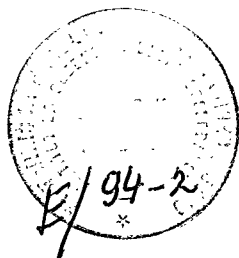
Mag. Andrej Dobre, dipl. ing.



Direktor:

Milan Kuder, dipl. ing.





# VSEBINA

	Stran
1. UVOD IN PROBLEM	1
2. ZNAČILNOSTI GOZDNE CESTE GLEDE NA DANAŠNJO TEHNIKO GRADNJE IN TEHNOLOGIJO GOZDNE PROIZVODNJE	4
2.1 Osnovne značilnosti	4
2.2 Oblika cestnega telesa	6
2.3 Naklon terena	8
2.4 Konstruktivni elementi gozdne ceste	13
2.41 Podolžni profil	13
2.42 Os trase	13
2.43 Značilnosti prečnega profila	17
2.431 Širina planuma v raščnem tlu	18
2.432 Naklon odkopne brežine	22
3. METODIKA PROUČEVANJA	25
3.1 Metodika proučevanja karakterističnega profila gozdne ceste	25
3.2 Metodika proučevanja drobljenja hribine	28
3.21 Potek snemanja pri vrtanju	28
3.22 Potek snemanj pri odstreljevanju	36
4. DROBLJENJE HRIBINE Z RAZSTRELIVOM	43
4.1 Postavljeni cilj pri drobljenju hribine	43
4.2 Značilnosti hribine	45
4.3 Vrtanje minskih vrtin	48
4.31 Struktura delovnega časa pri vrtanju	48
4.32 Parametri učinka vrtanja	53
4.321 Povprečni učinki vrtanja	59
4.33 Geometrija miniranja	60

4.4	Odstreljevanje	71
4.41	Normativ razstreliva in vžigal po tekočem metru trase in kubiku izkopa	71
4.42	Struktura delovnega časa minerja	71
4.5	Odvisnost stroškov drobljenja od naklona terena	77
5.	ODRIV RAZDROBLJENE HRIBINE	87
5.1	Analiza delovnega časa pri delu z buldožerjem	87
5.2	Učinek buldožerja	90
5.3	Odvisnost stroškov odnosa od naklona terena	95
6.	POVZETEK GLAVNIH UGOTOVITEV	100
7.	UPORABLJENI VIRI	103

## 1. UVOD IN PROBLEM

Uspešno je mogoče gospodariti z gozdovi šele tedaj, če so dostopni s sodobnimi in racionalnimi transportnimi sredstvi. Ta sredstva pa potrebujejo svojo prometnico in kot sodobno prometnico danes štejejo cesto, ki človeka povezuje z gozdom tako v gospodarskem kot v rekreacijskem pomenu. Odprtost gozdov v Sloveniji pa še ni na taki ravni, da bi bilo omogočeno povsod intenzivno gospodariti. Po podatkih ankete, obdelane pri Poslovnem združenju gozdnogospodarskih organizacij, je bila gostota cest v gospodarskih gozdovih konec leta 1970 le 9,3 m/ha. Kljub razmeroma visokim vlaganjem in obsežnim gradnjam se gostota le počasi dviguje. Po podatkih Zavoda SRS za planiranje je bila dinamika gradenj gozdnih cest v zadnjih štirih letih naslednja:

Dinamika gradenj gozdnih cest v Sloveniji

Tabela št. 1

Leto	1970	1971	1972	1973
Novogradnje	308 km	241 km	180 km	156 km
Rekonstrukcije	135 km	110 km	81 km	74 km
Skupaj	443 km	351 km	261 km	230 km

Podatki iz zgornje tabele nam zgovorno kažejo, da je obseg gradenj gozdnih cest v Sloveniji v zadnjih letih v močnem upadanju. Vzrok takemu neugodnemu stanju moramo iskati v porastu stroškov gradenj ob sočasnem zniževanju akumulacijske sposobnosti gozdnih gospodarstev, ki morajo iz svojih sredstev graditi in vzdrževati prometno omrežje v gozdovih. Tudi v bližnji prihodnosti ni mogoče pričakovati bistveno drugačnih razmer v gozdnem gradbeništvu. Če hočemo v bodoče obdržati vsaj sedanji obseg gradenj gozdnih cest, moramo iskati rešitev le v

zniževanju gradbenih stroškov. To pomeni, da moramo iskati takšno tehniko dela, ki bo v določenih terenskih razmerah najbolj ustrezna tako v tehničnem kot v ekonomskem pogledu. Zniževanje stroškov z bolj-šim načinom dela je potrebno izvajati v vseh fazah pri gradnji gozdnih prometnic, največji učinek pa bomo dosegli tam, kjer je obseg dela največji in kjer še ni uvedena prilagojena tehnika dela.

Gozdovi v Sloveniji pokrivajo predvsem gričevnate in gorate predele, kjer prometnice v veliki meri gradimo na trdni podlagi. Da bi ugotovili, kakšna je struktura gradbenih stroškov v takih terenskih razme-rah, smo analizirali 6 projektov, izbranih kot reprezentančni prime-ri na območju g. g. Kočevje.

Struktura stroškov gradnje gozdne ceste na trdni podlagi

Tabela št. 2

Oznaka trase/projekta/	1	2	3	4	5	6	Sred. vrednosti
Leto izdelave projekta	1965	1967	1969	1970	1971	1972	
Dolžina trase v km	1,92	4,59	4,60	5,93	3,32	3,38	
Vrsta gradbenih del	D e l e ž s t r o š k o v v %						
- pripravljalna dela	4,6	6,3	6,7	3,3	7,7	7,4	4,4
- spodnji ustroj	63,8	55,8	47,7	63,4	58,4	62,9	58,1
- zgornji ustroj	23,8	28,8	39,8	13,9	26,4	24,0	25,8
- odvodnjavanje	2,2	6,8	3,0	6,9	4,1	3,1	4,8
- zaključna dela	2,3	2,3	2,8	2,8	3,4	2,6	2,7
- objekti	3,3	-	-	9,7	-	-	2,7

Analiza zgornjih podatkov nam kaže, da v celokupnih stroških gradnje gozdne ceste na trdni podlagi odpade največji delež na spodnji ustroj in to kar 48% do 64% ali povprečno 58 %. Zato je povsem upravičeno,



da bomo v obravnavani nalogi proučevali tehniko dela pri spodnjem ustroju.

Proučevanje smo nadalje omejili na tisto območje, ki zajame v slovenskem merilu največ gozdnih cest na trdni podlagi, to je področje delotiziranega apnenca. V naši razpravi bomo to območje imenovali prehodno kraško območje, ker meji na eni strani na pravi kras, na drugi strani pa na hribine drugačnih geoloških formacij. Geografsko zajema obravnavano območje širši pas srednje in zahodne Slovenije in sega od Julijskih Alp do Roga in Snežnika.

V okviru obravnavane naloge bomo proučili naslednja vprašanja:

- katere so tiste specifičnosti gozdne ceste, ki zahtevajo prilagojeno tehniko dela in je ni mogoče enostavno prenesti iz gradbišč javnih prometnic;
- kako poteka celotni delovni proces pri gradnji spodnjega ustroja gozdne ceste na trdni podlagi;
- ugotoviti najustreznejšo tehniko dela pri današnji stopnji mehanizacije in možnosti racionalizacije predvsem pri drobljenju hribine;
- ugotoviti pomembnejše normative v odvisnosti od raznih parametrov, predvsem od naklona terena.

Pri obdelavi same naloge smo morali vzporedno reševati številna do sedaj premalo ali sploh ne proučena vprašanja današnje gradnje gozdnih cest pri nas, zato je obravnavana tematika nekoliko širše zajeta, kot je bilo prvotno predvideno.

## 2. ZNAČILNOSTI GOZDNE CESTE GLEDE NA DANAŠNJO TEHNIKO GRADNJE IN TEHNOLOGIJO GOZDNE PROIZVODNJE

### 2.1 OSNOVNE ZNAČILNOSTI

Vsaka prometnica je namenjena določeni vrsti prometa. Tako je n. pr. javna cesta prilagojena prevladujoči skupini motornih vozil in prometnemu režimu teh vozil. Osnova za projektiranje in gradnjo javne ceste bodo torej tehnične lastnosti vozil in računski hitrost. Povsem drugače zahteve se postavljajo pri gradnji gozdne ceste. Njeni konstruktivni elementi niso podrejeni v naprej določeni računski hitrosti, ampak omogočajo promet namenskim vozilom s prilagodljivo hitrostjo. Poleg te osnovne naloge pa mora gozdna cesta glede na današnjo tehnologijo gozdne proizvodnje prevzemati še dodatne naloge, ki bodo navedene kasneje.

Za razvoj prometnic v gozdu je bila odločilnega pomena vlečna sila, ki jo je človek koristil pri transportu lesa. Ko je bila na razpolago edino le animalna vlečna sila, tedaj so bila tej razmeroma šibki vlečni sili prilagojeni lažji tovari /lesni sortimenti/, vozila, tem pa prometnice. Velikost tovora je glede na terenske razmere postopoma naraščala od sečišča do potrošnika, postopoma se je spreminjala tudi kakovost prometnice od slabe, ozke poti do utrjene ceste. Pri takem načinu transporta lesa je predstavljalo posebno težko opravilo nakladanje lesa. To je bilo ročno, pomagali pa so si z nakladalnimi rampami različnih izvedb, kar je seveda zahtevalo zbiranje lesa ob teh rampah.

Uvajanje motorne vlečne sile, ki nadomesti animalno, privede v transportu lesa do korenitih sprememb. Sedaj vlečna sila ni več omejena na moč enega ali dveh konj, ampak se lahko poljubno poveča, seveda v racionalnih mejah. Velika vlečna sila omogoča transport večjih tovo-

rov, kar zahteva večja in težja vozila in odgovarjajoče širše in solidneje utrjene prometnice. Celotni transport lesa se začne ostreje deliti na dve zaključeni delovni fazi in sicer na spravilo in prevoz.

Uvedba motorne vlečne sile prinese še druge spremembe, ki so povezane s transportom lesa in imajo močan vpliv na oblikovanje gozdnih cest. Nova, močnejša pravilna sredstva omogočajo transport večjih tovorov /daljših sortimentov, celih debel ali celih dreves/, kar pomeni, da se izdelava lesnih sortimentov lahko prenese iz sečišča na prostor ob gozdni cesti ali na mehanizirano skladišče. Gozdna cesta oziroma razširjeni pas ob njem prevzema nalogo prostora za krojenje.

Močna vozila za prevoz lesa bistveno spremenijo tudi način nakladanja lesa. Namesto ročnega se uveljavi mehanizirano nakladanje, ki ne zahteva več zbiranje lesa ob nakladalnih rampah, temveč vozilo samo s pomočjo nakladalne naprave lahko naklada les vzdolž ceste. Tako je gozdna cesta dobila še drugo dodatno nalogo in sicer prostor vzdolž prometnega pasu prevzame funkcijo nakladališča.

Razširjeni pas ob vozišču gozdne ceste ima poleg omenjenih nalog še naslednji pomen;

- Omogoča namestitvev pravilnih naprav /raznih vitlov/ in daje prostor za odlaganje lesa.
- Povečuje odprtost gozda s tem, da skrajša dejansko pravilno razdaljo. Lesa ni potrebno spravljati do nakladalnih ramp, ampak le do roba ceste.
- Povečuje propustnost enotračne gozdne ceste, ker razširjeni pas lahko služi kot izogibališče osebnemu vozilu ali praznemu tovornemu vozilu pri srečanju z drugim vozilom. Promet lahkih vozil nenehno narašča.

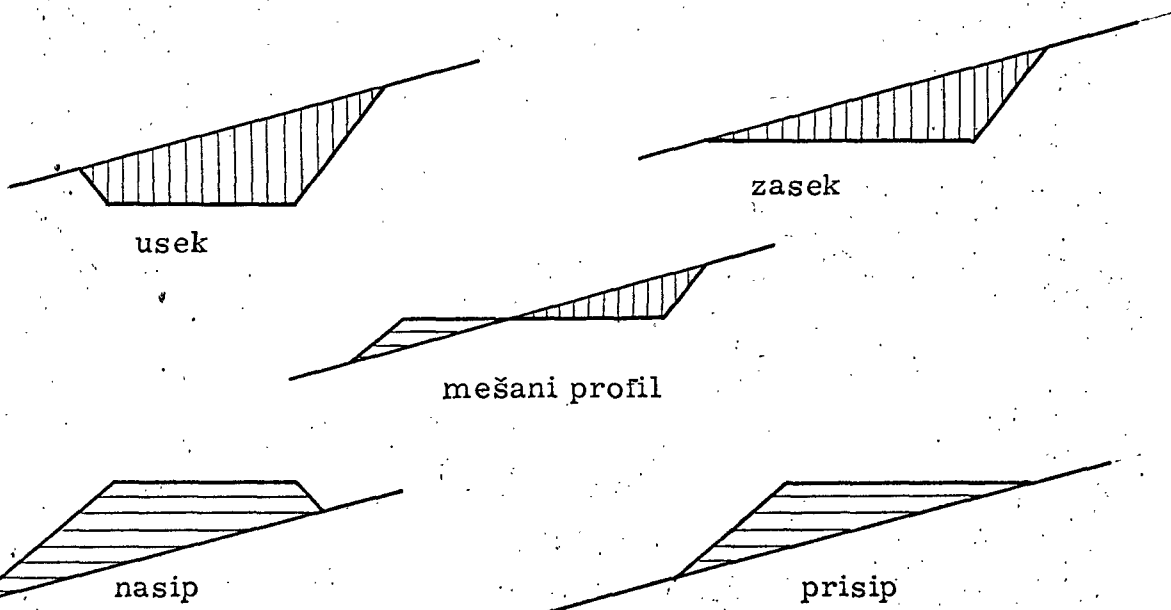
- Razširjeni pas lahko služi kot odstavní pas za lahka vozila /prevoz delavcev, strokovnega osebja, tople hrane itd./, s čimer se povečuje produktivna funkcija gozdne ceste, ki ne služi samo za transport lesa, ampak celotnemu gospodarjenju z gozdom.

Iz dosedaj obravnavanega sledi, da bo gozdna cesta zaradi dodatnih nalog, ki so specifične za gozdne prometnice, drugače oblikovana kot javna cesta in da nam ne sme biti žal za mestoma širši planum, kot ga zahteva samo vozilo, seveda pa morajo biti razširitve v mejah smotrnosti.

V nadaljnjem želimo obravnavati osnovne elemente, ki so značilni za gozdno cesto in imajo odločujoči vpliv na izkop in izvedbo spodnjega stroja, s tem pa na pravilno izbrano tehniko dela.

## 2.2 OBLIKA CESTNEGA TELESA

Na trasah gozdne ceste bomo našli naslednje značilne oblike cestnega telesa na prečnem prerezu:



Za naše nadaljne proučevanje nas je zanimalo, s kakšnim deležem posameznih oblik lahko računamo na trasi gozdne ceste v povprečnih terenskih razmerah. V ta namen smo analizirali 8 glavnih projektov /skupna dolžina tras 26,2 km/ in po metodiki, podani v poglavju 3, zbrali podatke o deležu posameznih oblik na proučevanih trasah, kar prikazuje tabela št. 3.

Analiza oblik cestnega telesa

Tabela št.3

Oznaka trase	Deleži posameznih oblik cest. telesa v %				
	Usek	Zasek	Mešan prof.	Prisip	Nasip
1	1,9	11,2	83,0	0,9	2,8
2	-	11,6	87,0	0,2	1,2
3	2,3	12,0	77,7	5,4	2,6
4	-	8,7	86,4	0,5	4,4
5	1,5	22,9	71,5	3,0	1,1
6	-	18,0	81,7	0,3	-
7	12,5	20,9	62,5	1,3	2,8
8	5,1	12,8	78,3	3,8	-
Srednje vrednosti	2,9	14,8	78,5	1,9	1,9

Iz zbranih podatkov je razvidno, da na vseh trasah največji delež zjema mešani profil /od 62 - 87% ali povprečno 78,5%/ . Če k deležu mešanega profila prištejemo še delež zaseka, ugotovimo, da je na povprečni trasi potrebno kar na 93% celotne dolžine /točneje na 93,3% vseh prečnih profilov/ izvesti izkop, ki ima značilno obliko poševnega trikotnika. Tako velik delež dolžine trase z izkopom izhaja iz položaja trase na nagnjenem terenu in iz današnje tehnike gradnje, ki se poslužuje pretežno prečnega transporta mas.

Zgornji podatki nam služijo za utemeljitev naše predpostavke, da sta mešani profil in zasek karakteristični obliki cestnega telesa in le te upoštevamo pri nadaljnjem obravnavanju izkopa.

## 2.3 NAKLON TERENA

Najmočnejši vpliv na obseg izkopa, njegovo obliko v prečnem prerezu ter sploh na oblikovanje cestnega telesa, ima naklon terena. Nadalje od naklona terena zavisi višina in naklon odkopne in nasipne brežine, delež planuma v raščenem tlu, širina cestnega telesa, ki obenem predstavlja tisto širino pasu, ki ga trajno izločimo iz gozdne površine, namenjene produkciji lesa. Prav zaradi tega, ker ima naklon terena odločujoč vpliv na izkop, smo ta element uporabili kot osnovni parameter za vsa proučevanja v okviru obravnavane naloge.

Z analizo naklonov terena smo želeli ugotoviti naslednje:

- a - srednji naklon terena za posamezne trase in srednji naklon za vse trase
- b - frekvenčno porazdelitev grupiranih naklonov
- c - nihanje naklonov vzdolž trase

Podatki so bili zbrani iz glavnih projektov po metodiki, ki je opisana v poglavju 3.1.

### a/ Srednji naklon terena

Srednji naklon terena daje le neko povprečno vrednost o nagnjenosti terena, ne more pa služiti za izračunavanje povprečnih vrednosti raznih elementov pri izkopu.

Oznaka trase	Sred. nakl. terena	Oznaka trase	Sred. nakl. terena
1	36,59 %	5	31,00 %
2	47,76 %	6	43,12 %
3	35,48 %	7	45,60 %
4	53,79 %	8	28,56 %
		9	32,56 %

Skoraj vse trase ležijo na terenu s srednjim naklonom od 30 - 45 %, močnejše izstopa le trasa 4 s srednjim naklonom 53,79 %. Za to traso je značilno, da pretežni del poteka po dolomitu, ki ustvarja strmejša pobočja. Izračunani srednji naklon za vse trase znaša 39,32 %. Za praktično rabo lahko rečemo, da gozdna cesta na prehodnem kraškem področju poteka na terenu s povprečnim naklonom 40 %.

#### b/ Frekvenčna porazdelitev grupiranih naklonov terena

Pri analizi naklonov terena so poleg srednje vrednosti zelo pomembni tudi deleži posameznih naklonov, ki so grupirani v stopnje. V našem primeru širina stopnje zajema vrednosti 10 % nagnjenosti terena. Delež posameznih naklonov na dolžini ene trase najlažje prikažemo s frekvenčno porazdelitvijo. V okviru naše naloge smo v ta namen proučili 7 tras. Za vsako traso smo izračunali frekvenčno porazdelitev in jo grafično prikazali na prilogi št. 1.

Osnovna ugotovitev bi bila naslednja:

- Krivulje frekvenčne porazdelitve kažejo pri vseh trasah precejšnjo podobnost z normalno porazdelitvijo, le da so bolj asimetrične in zaradi grupiranja v široke stop-

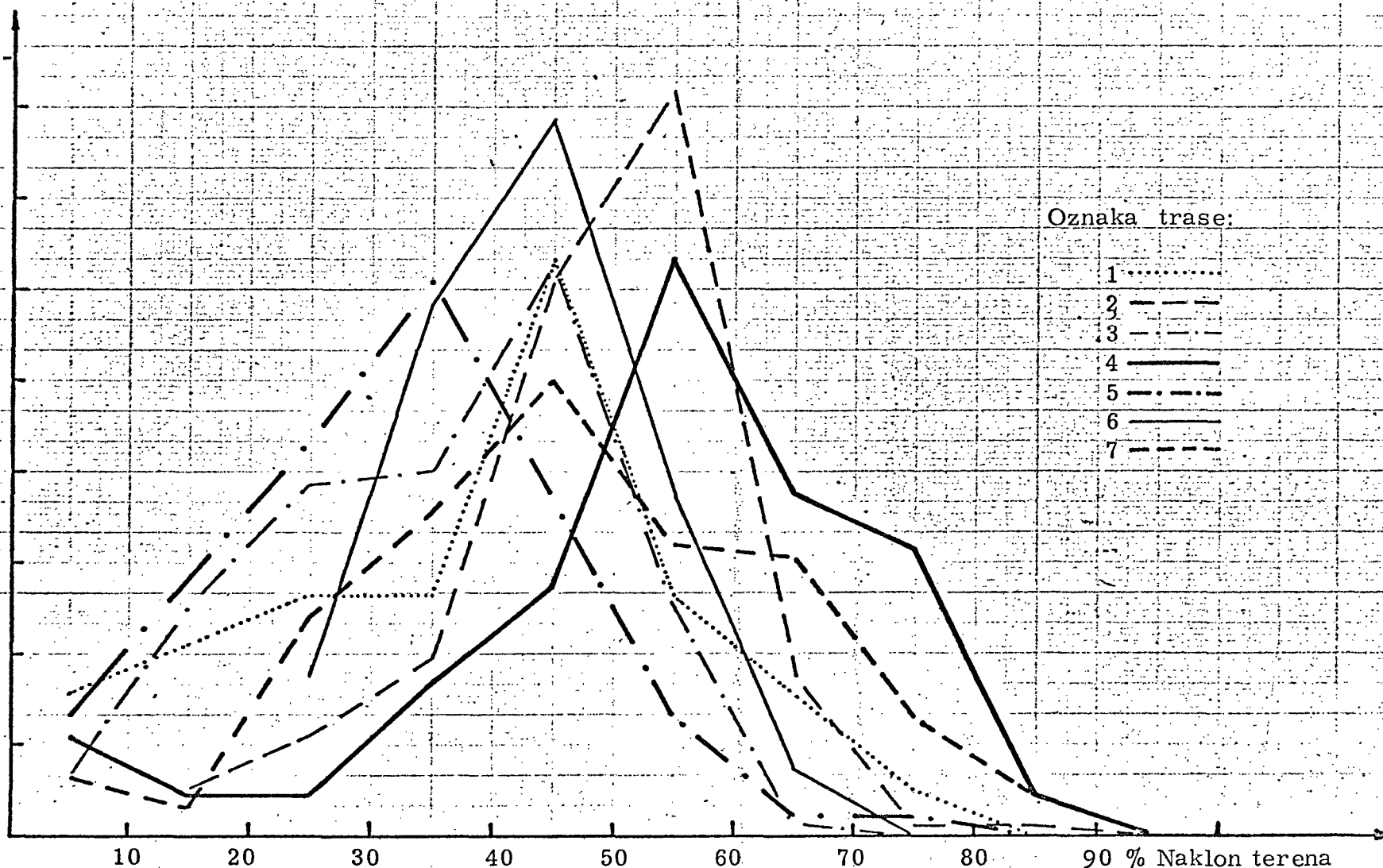
# FREKVENČNA PORAZDELITEV NAKLONOV TERENA NA POSAMEZNIH TRASAH

Delež profilov na določenem naklonu terena.

%

Oznaka trase:

- 1 ..... (dotted line)
- 2 - - - - (long dashed line)
- 3 - · - · - (dash-dot line)
- 4 ——— (solid line)
- 5 - · - · - (dash-dot line)
- 6 ——— (solid line)
- 7 - - - - (short dashed line)





nje močnejše lomljene.

- Krivulje posameznih tras so si tudi med seboj zelo podobne tako po poteku kot po legi v koordinatnem polju. Močnejše izstopa zopet trasa z oznako 4 /trasa na dolomitu/, ki je v celoti pomaknjena v desno, torej v strmejši teren.
- Srednji naklon terena pri posamezni trasi leži v stopnji z največjim deležem prečnih profilov določenega naklona.
- Stopnja z največjim deležem zajema kar 30-41% vseh prečnih profilov.
- Krivulja frekvenčne porazdelitve zajema področja najmanj 6 stopenj.

Iz frekvenčne porazdelitve lahko izračunamo tudi standardni odklon od srednje vrednosti za posamezno traso. Vrednost standardnega odklona pa je najbolj objektivno merilo (številčni pokazatelj) pri ugotavljanju razgibanosti terena, na katerem poteka neka trasa. Čim večja je vrednost standardnega odklona, tem bolj je teren razgiban in obratno.

#### c/ Nihanje naklonov terena vzdolž trase

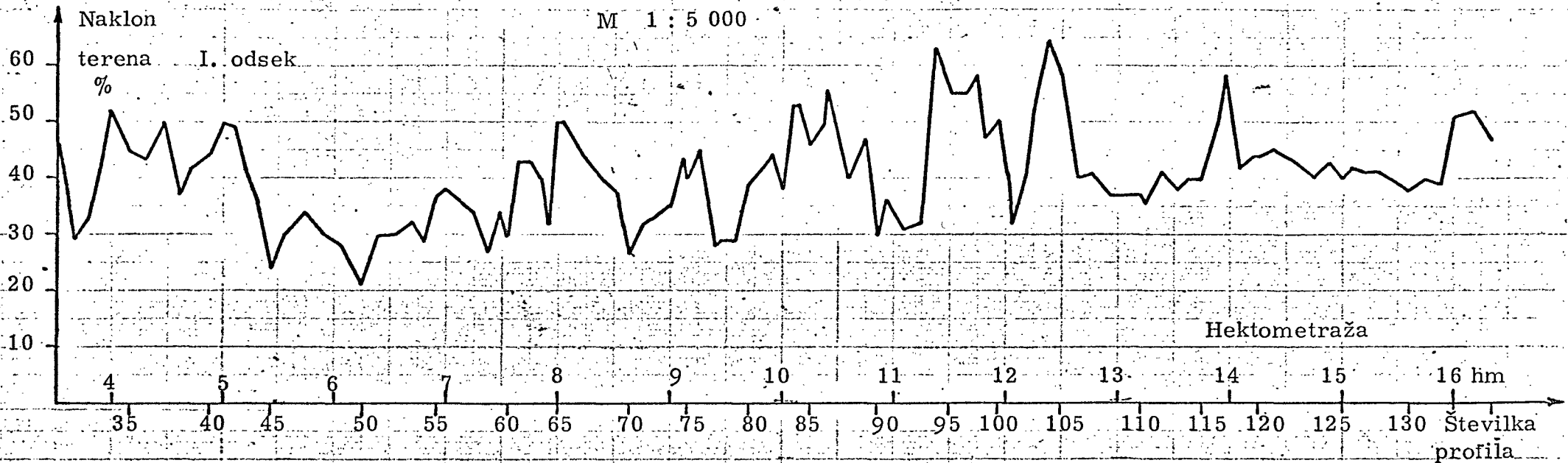
Nihanje nagnjenosti terena vzdolž trase se najmočnejše odraža pri izvedbi spodnjega ustroja, kadar buldožer odriva material iz izkopa v nasip v diagonalni smeri na os. Posledica naglega spreminjanja naklonov terena je neenakomerna oblika cestnega telesa, torej neenakomerno širok planum in nenehno spreminjanje ostalih elementov na prečnem profilu. Zaradi odpiranja materiala v diagonalni smeri bo oblika cestnega telesa na nekem profilu odvisna od količine izkopa na profilu, ki je od 10-15 m pred njim.

# NIHANJE NAKLONOV TERENA VZDOLŽ TRASE GOZDNE CESTE "Karloviča"

M 1 : 5 000

Naklon  
terena  
%

I. odsek

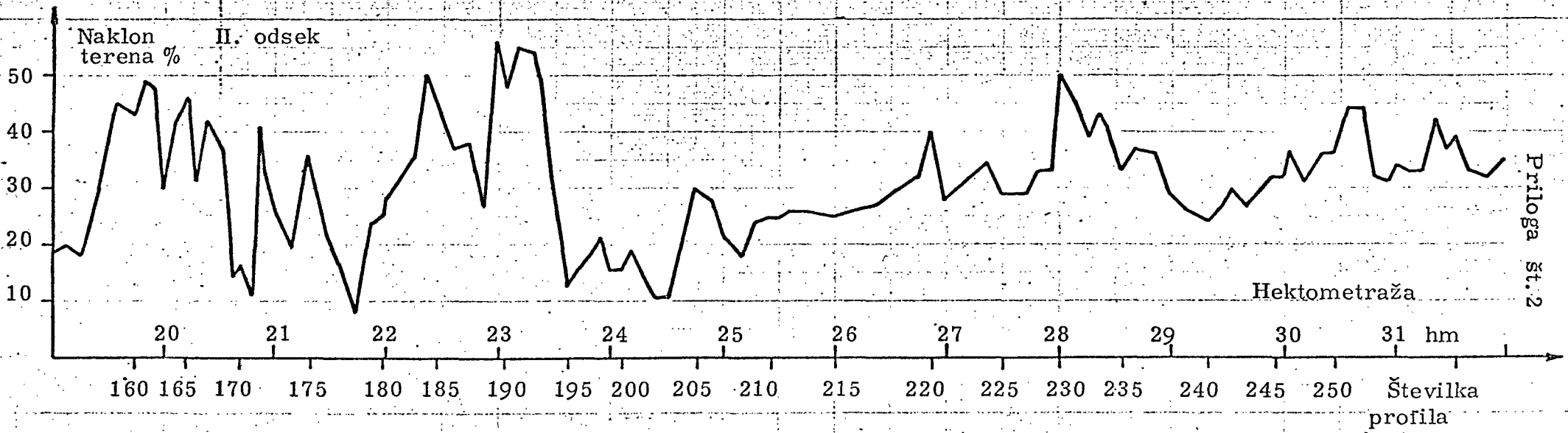


Hektometraža

Številka  
profila

Naklon  
terena  
%

II. odsek



Hektometraža

Številka  
profila

Priloga št. 2

V prilogi št. 2 podajamo grafični prikaz nihanja naklonov terena gozdne ceste na dolomitni podlagi.

## 2.4 KONSTRUKTIVNI ELEMENTI GOZDNE CESTE

### 2.4.1 Podolžni profil

Na tem mestu bomo podali le nekaj osnovnih podatkov o podolžnem profilu gozdne ceste na obravnavanem območju. Podolžni profil nas v tem primeru ne zanima iz vidika vožnje, ampak iz vidika gradnje spodnjega ustroja, kajti večji podolžni naklon trase močno vpliva na učinek buldožerja pri odzivu materiala, kar je navedeno v poglavju 5.2.

V tabeli št. 5 podajamo karakteristične elemente podolžnega profila za 6 tras, ki smo jih v ta namen proučili. Iz zbranih in izvrednotenih podatkov je razvidno, da znaša srednji podolžni naklon pri posameznih trasah od 2 - 6 % oziroma, da lahko računamo pri gozdni cesti na povprečnih terenskih razmerah z nagnjenostjo nivelete 4,5 %.

### 2.4.2 Os trase

Potek osi trase je odvisen od pomena ceste, predvsem pa od razgibanosti terena. Tudi v tem primeru nas ne zanima potek osi trase iz vidika vožnje, temveč želimo ugotoviti, kakšni so povprečni elementi osi trase na gozdni cesti in kako ti elementi vplivajo na izkop.

Zbirni podatki v tabeli št. 6 nam povedo, da je v povprečnih terenskih razmerah 43 % dolžine gozdne ceste v premi in kar 57% dolžine v krivinah. Povprečna prema je dolga 20,9 m, povprečna dolžina loka meri 25,4 m z radijem 138,5 m in s središčnim kotom  $29^{\circ}38'$ . Zgornji podatki nam dokazujejo, da so elementi osi trase gozdne ceste zelo kratki, kar vpliva na potek same gradnje in kasneje na hitrost vožnje.

KARAKTERISTIČNI ELEMENTI PODOLŽNEGA PROFILA TRASE

Tabela št. 5

Oznaka trase	Nakloni nivelete						Dolžine tras z enakomernim naklonom			
	Maksimalni		Minimalni		Srednji		Maksimalna		Minimalna	
	naklon	na dol.	naklon	na dol.	naklon	na dol.	dolžina	pri nakl.	dolžina	pri nakl.
	%	m	%	m	%	m	m	%	m	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	6,30	114,6	1,20	327,0	1,99	174,5	364,8	1,6	31,9	1,60
2	8,18	320,9	1,62	111,3	5,95	190,4	657,9	6,73	24,8	7,66
3	9,57	245,3	0,93	232,0	4,17	217,6	488,4	5,33	35,0	3,70
4	11,61	133,0	0,47	176,0	5,36	263,2	508,0	4,71	44,6	5,06
5	11,36	44,0	0,82	94,3	5,97	255,1	725,1	7,75	34,0	5,23
6	11,28	43,0	2,33	381,9	2,85	563,0	1121,3	2,47	43,0	11,28
Sred. vred.	11,61	133,0	0,47	176,0	4,47	273,8	1121,3	2,47	24,8	7,66

KARAKTERISTIČNI ELEMENTI OSI TRASE GOZDNE CESTE

Tabela št. 6

Ožnaka trase		1	2	3	4	5	6	Srednje vrednosti	
Prema:	Minimalna dolžina	meter	5,60	0,60	1,40	0,40	2,30	1,40	0,40
	Maksimalna dolžina	meter	45,20	56,50	105,20	54,50	132,70	64,70	150,20
	Srednja dolžina	meter	21,55	17,79	21,87	16,98	28,68	19,68	20,89
	Delež na trasi	%	36,20	41,50	44,70	42,20	51,40	42,40	43,38
Krivina:	Minimalna dolžina	meter	22,20	16,30	16,10	9,60	20,40	21,00	9,60
	Maksimalna dolžina	meter	48,20	46,60	44,40	31,20	34,50	44,20	48,20
	Srednja dolžina	meter	34,26	25,05	22,57	23,41	27,15	26,77	25,44
	Delež na trasi	%	63,80	58,50	55,30	57,80	48,60	57,60	56,62
Radij:	Minimalni	meter	25,00	10,00	18,00	10,00	10,00	15,00	10,00
	Maksimalni	meter	300,00	500,00	300,00	300,00	500,00	2000,00	2000,00
	Srednji	meter	132,50	124,38	107,93	83,34	91,40	348,20	138,85
Središčni kot	Minimalni	stopinja	6°20'	2°31'	4°25'	3°00'	3°08'	0°52'	0°52'
	Maksimalni	stopinja	88°55'	222°31'	105°56'	122°04'	69°28'	98°20'	69°28'
	Srednji	stopinja	42°23'	22°43'	27°8'	34°56'	29°14'	17°12'	29°38'
Dolžina trase		m	1.920	4.585	4.604	5.928	3.316	3.379	3.955

## ANALIZA RAZŠIRITEV V KRIVINAH

Tabela št. 7

Oznaka trase	Delež dolžin z razširitvami glede na dolž. trase	Srednja širina razširitve	Delež površine raz- širitve glede na površino 3 m širo- kega vozišča	Delež dolžin z raz- širitvami v izkopu glede na celotno dolžino razširitev	Delež površine raz- širitve v izkopu glede na celotno površino razširitev
	%	m	%	%	%
1	2	3	4	5	6
1	11,45	0,50	1,93	77,83	69,26
2	9,68	0,68	2,18	72,57	85,99
3	16,66	0,69	3,82	49,54	55,86
4	40,66	0,73	9,92	50,84	47,59
5	32,33	0,58	6,26	74,86	74,27
6	14,13	0,46	1,98	51,29	39,22
Sred. vred.	22,71	0,61	4,95	60,39	60,90

Pri proučevanju izkopa nas zanimajo predvsem tiste krivine, pri katerih mora biti vozišče zaradi premajhnega radija razširjeno. Vrednosti za razširitev glede na velikost radija smo vzeli iz Smernic za sestavo glavnih projektov (67), kjer so za razširitev upoštevane vse krivine z radijem manjšim od 50 m. Zaradi razširitev vozišča v teh krivinah je pri zemeljskih delih potrebno razširiti planum, kar zahteva v konveksnih krivinah več izkopa in v konkavnih več nasipa.

Želeli smo ugotoviti, koliko je na celotni trasi takih krivin z razširitvami in koliko je od teh takih, ki zahtevajo večji izkop. V tabeli št. 7 so podani rezultati analize krivin z razširitvami. Iz tabele je razvidno naslednje:

- na gozdni cesti v povprečnih terenskih razmerah je potrebno razširiti kar 22,7 % celotne dolžine trase in sicer v povprečju za 61 cm;
- zaradi razširitev se celotna širina 3 m širokega vozišča poveča za okoli 5 %;
- od skupne dolžine razširjenih krivin odpade 60,4% na konveksne krivine, ki zahtevajo razširitev planuma v raščeno tlo in s tem povečani izkop.

#### 2.4.3 Značilnosti prečnega profila

V poglavju 2.3 smo obravnavali obliko cestnega telesa in ugotovili, da najpogosteje nastopa mešani profil, pri katerem je del cestnega telesa v nasipu, del v izkopu. V nadaljnjem bomo obravnavali le tisti del cestnega telesa, ki leži v raščnem tlu in je pri zemeljskih delih potrebno izvesti izkop. Na prečnem prerezu ima izkop obliko poševnega trikotnika, ki ga omejuje: terenska črta, odkopna brežina, v horizontalni smeri pa tisti del planuma, ki leži v raščnem tlu.

Nagnjenost terenske črte smo obravnavali pri naklonu terena. V tem poglavju bomo proučili značilnosti planuma v raščnem tlu ter naklon odkopne brežine.

### 2.4.3.1 Širina planuma v raščenenem tlu

Pri mešanem profilu bo širina planuma v raščenenem tlu odvisna predvsem od naslednjih dveh dejavnikov:

- širine vozišča s koritnico
- možnosti utrditve spodnjega ustroja.

Glede širine utrjenega vozišča nagozdni cesti večina strokovnjakov, ki se ukvarja s temi vprašanji (4, 8, 19, 20, 64), navaja podatek 3,0 - 3,5 m. V zadnjem času zaradi uvajanja vse težjih motornih vozil predlagajo (1, 37, 52, 53) širino vozišča 3,5 m. Za potrebe naših proučevanj smo vzeli širino utrjenega vozišča 3,0 m in širino koritnice 0,5 m z utemeljitvijo, da ta širina vozišča zadostuje za vožnjo s prilagodljivo hitrostjo na cestah z manj frekvenčnim prometom.

Pri utrjevanju spodnjega ustroja je potrebno upoštevati predvsem prometno obtežbo na vozišču in geomehanske lastnosti podlage oziroma tehnične možnosti njene utrditve. Gozdne ceste so večinoma vezane na javno cestno omrežje, kjer veljajo strogi prometno-tehnični predpisi /66/.

Za naše javne ceste je dovoljena maksimalna osna obremenitev 10 t, kar naj bi posredno veljalo tudi za gozdne ceste. Razvoj prometa gre v smeri vse težjih vozil, s tem pa tudi vse večjih obremenitev cest po teži.

To tendenco razvoja moramo upoštevati že pri sedanjem načrtovanju in gradnji gozdnih cest, pri čemer naj bi se držali starega in preizkušene- ga pravila: "Cesta toliko prenese, kolikor prenese njen spodnji ustroj."

Torej, če želimo cesti zagotoviti stabilen spodnji ustroj, sta pri gradnji le dve možnosti:

- solidno komprimiranje nasipa pri prečni izravnavi mas
- preložitev trase globlje v raščeno tlo, pri čemer vozišče dobi stabilno podlago.



S stališča čim manjših izkopov in s tem čuvanja gozdnih površin ima prvi način gradnje vse prednosti. Žal pa pri današnji tehniki gradnje gozdnih cest na pobočju tak način izvajanja spodnjega ustroja iz praktičnega, predvsem pa ekonomičnega vidika ni mogoč. Dokler so gradili še ročno, je sama gradnja potekala zelo počasi in v podrobnostih bolj solidno. Na trasi je bilo mogoče pravočasno odstraniti vse odpadke /veje, vrhove dreves/, odstraniti panje ter grupirati material iz izkopa približno takole: za nasip neuporabni humus so odložili izven trase in ga po potrebi kasneje zopet uporabili, boljši material so vgradili v jedro nasipa, slabšega ob robovih. Pri današnji tehniki dela z buldožerjem vsega tega ni mogoče več opraviti. Robusni stroj odrine v nasip vse, kar se nakopiči pod njegovo odrižno desko in to v pravem neredu. Zato je nasip sestavljen iz zelo heterogenega materiala in bi ga bilo zelo težko solidno komprimirati, čeprav bi pri tem uporabili najbolj sodobne stroje.

Komprimiranje nasipnega materiala ni mogoče v polni meri izvesti zaradi posebne tehnike gradnje, ki je nujno prilagojena značilnostim gozdne ceste, kar lahko utemeljimo z naslednjim:

- delovišče je zelo ozko /3 - 5 m/ in onemogoča istočasno delo buldožerja in stroja za komprimiranje /ustreznega valjarja/;
- vzdolž trase se fizikalne in mehanske lastnosti nasipnega materiala hitro menjajo, čemur ni mogoče nenehno prilagajati način komprimiranja /statično, dinamično ali komprimiranje z gnetenjem/;
- oblika nasipa na prerezu /poševni trikotnik/ je najbolj neugodna, ker onemogoča enakomerno komprimiranje po globini;
- pretežni del nasipnega materiala se nahaja na robu, kar močno znižuje stopnjo možne zbitosti.

Iz navedenega sledi, da bo cestno telo v nasipu po končani gradnji le toliko stlačeno, kolikor to opravi sam buldožer pri svojem delu. Naj poudarimo, da pomen tlačenja podlage pri delu z buldožerjem niti ni tako majhen in se kaže v naslednjih treh učinkih:

- buldožer tlači statično s svojo težo preko gosenic;
- komprimira dinamično, ker se vibracije motorja prenašajo preko gosenic na podlago;
- zgornjo plast komprimira z gnetenjem gosenic.

Vloga buldožerja pri komprimiranju nasipa je toliko večja, ker le ta tlači material pri naravni vlažnosti, pri kateri je praviloma mogoče doseči največjo stopnjo zbitosti.

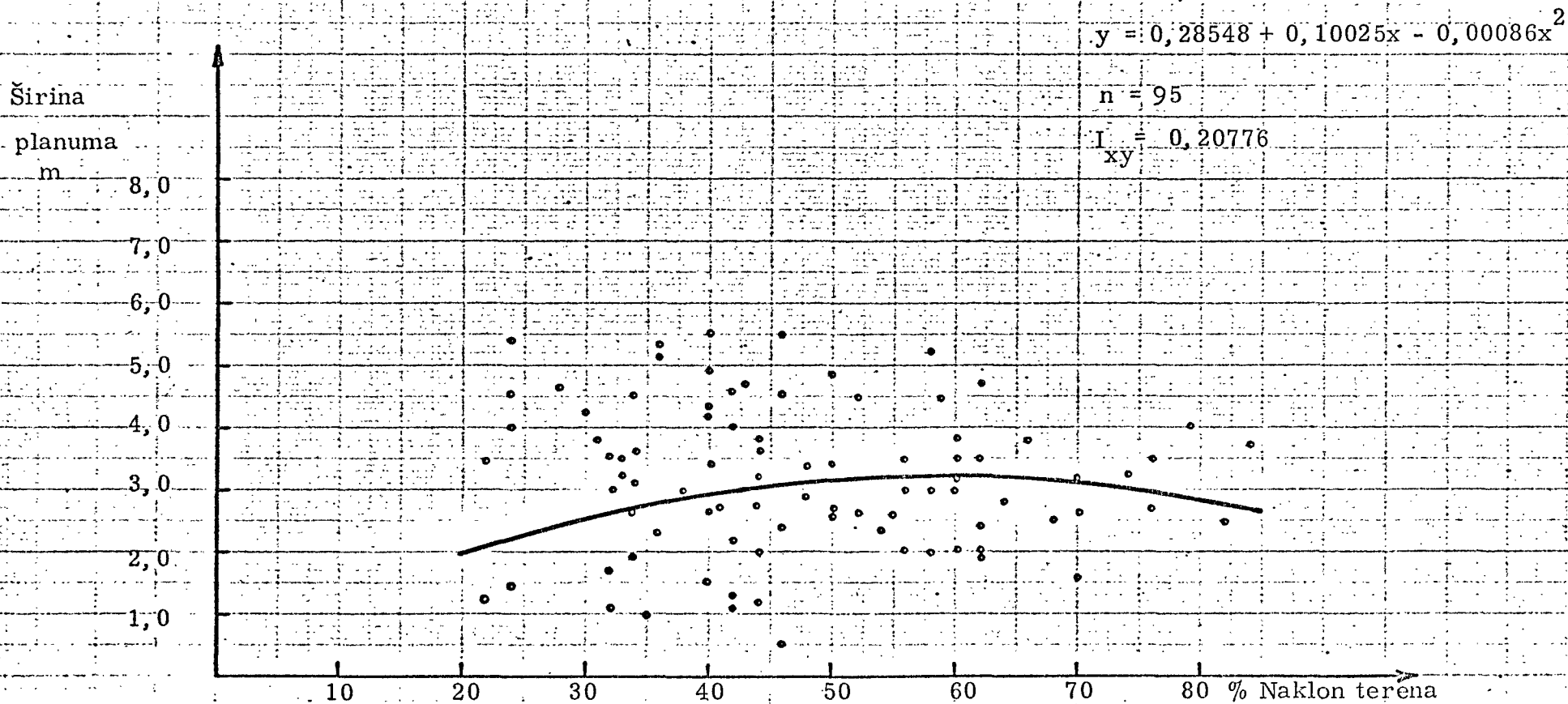
Pri komprimiranju nasipov je potrebno omeniti seveda tudi pomembno vlogo delovanja naravnih sil /teže nasipa, zmrzovanje, delovanje vode itd./, kar pa velja predvsem za koherentna tla.

Če povzamemo zgornje ugotovitve, lahko zaključimo, da pri današnji tehniki gradnje lahko računamo le s tistim delom nasipa, uporabnega za podlago vozišča, ki je bil v času gradnje toliko komprimiran, da ne bo pod vplivom prometa prišlo do škodljivih deformacij.

Stopnja zbitosti nasipa pa je odvisna od številnih dejavnikov, ki se vzdolž trase nenehno spreminjajo, zato bo tudi širina planuma v raščinem tlu močno variirala, kar nam nazorno ilustrirajo terenski podatki, prikazani na prilogi št. 3. Zelo nizek indeks korelacije  $r_{xy} = 0,20776$  dokazuje, da je odvisnost med širino planuma v raščinem tlu in naklonom terena zelo majhna, ker so poleg naklona terena zelo močni tudi drugi vplivi.

Za naša nadaljna proučevanja smo upoštevali širino planuma v raščinem tlu 275 cm do naklona terena 60%, 350 cm pri naklonu 70% ter 400 cm, to je celotna širina planuma, pri naklonu 80%.

ODVISNOST ŠIRINE PLANUMA V RAŠČENEM TLU OD NAKLONA TERENA



#### 2.4.3.2 Naklon odkopne brežine

Na naklon odkopne brežine vpliva več dejavnikov, ki so največkrat po-  
gojeni s položajem trase v terenu. Tako je naklon odkopne brežine odvi-  
sen predvsem od:

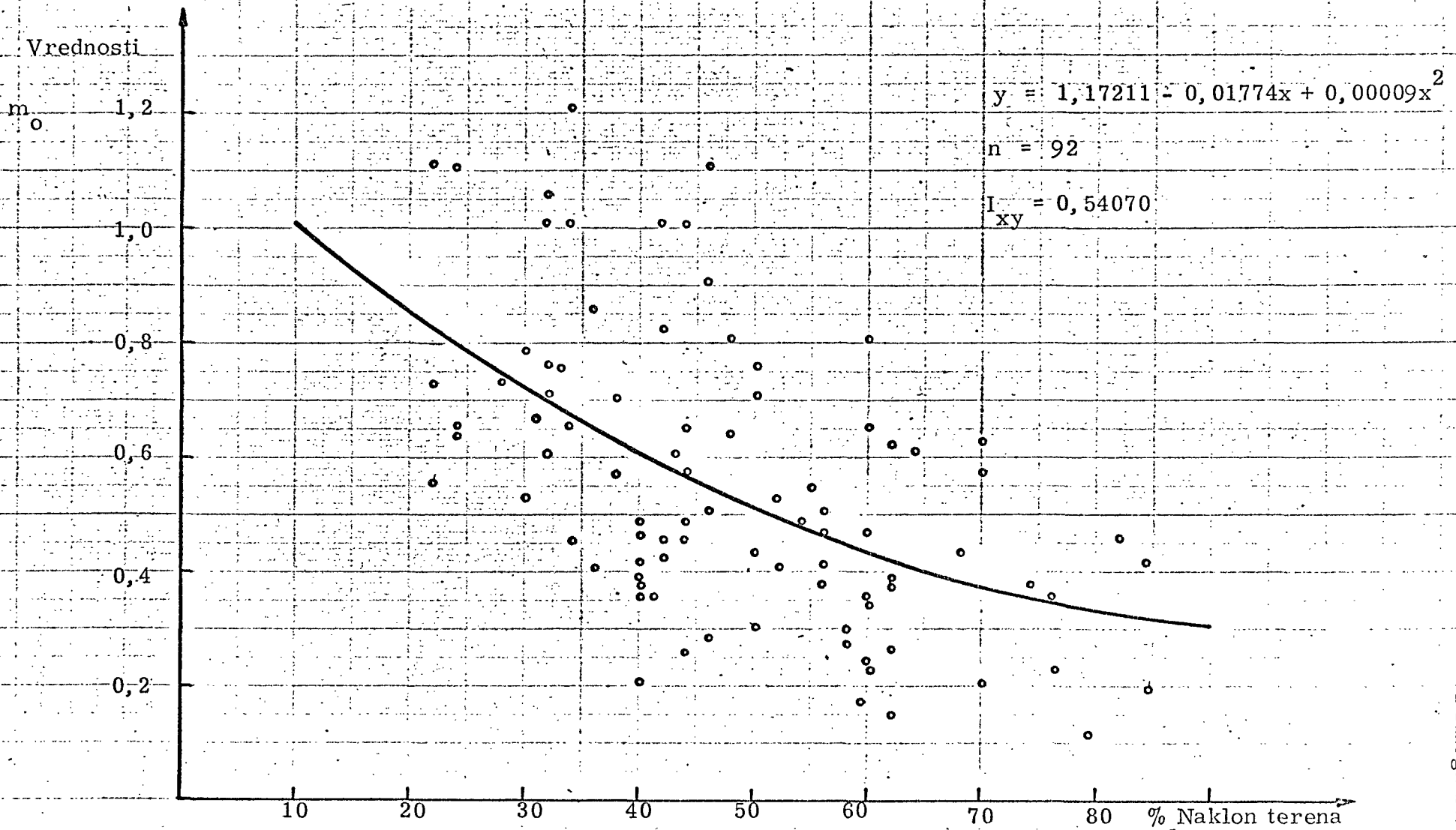
- fizikalnih in mehanskih lastnosti hribine /od notranjih sil v tleh/, ki se posredno odražajo v večjem ali manjšem naklonu terena;
- plastovitosti hribine oz. poteka plasti na odkopno brežino;
- voznotehničnih in estetskih zahtev prometnice.

V okviru naše naloge smo proučevali naklon odkopne brežine le z vidika enega parametra in sicer glede na naklon terena. V ta namen smo anali-  
zirali 92 prečnih profilov z odkopno brežino višjo od 0,5 m. Regresij-  
ska krivulja, prikazana na prilogi št. 4, nam kaže odvisnost med naklo-  
nom odkopne brežine in naklonom terena. Iz poteka krivulje je razvidno,  
da z večanjem strmine terena raste tudi strmina odkopne brežine, kar  
je povsem logično. Razmeroma velika razpršenost posameznih vrednosti  
v koordinatnem polju priča o močno spremenljivi kompaktnosti hribine  
vzdolž trase.

Zanimalo nas je tudi, kako vpliva na naklon odkopne brežine višina te  
brežine. Na isti trasi smo izbrali vse prečne profile, ki ležijo na naklo-  
nu terena 40-50 %. Ta stopnja terena zajema v frekvenčni porazdelitvi  
naklonov terena največji delež prečnih profilov in to kar 28%. Pri pri-  
bližno istem naklonu terena /v območju ene stopnje/ je zaradi različne  
globine planuma v raščnem tlu tudi odkopna brežina različno visoka.  
Iz zbranih podatkov smo ugotovili, da obstaja precejšnja odvisnost med  
naklonom odkopne brežine in njeno višino /indeks korelacije  $I_{xy} =$   
0,67665/. Potek regresijske krivulje je prikazan na prilogi št. 5.

Izvrednotene podatke iz priloge št. 4 smo uporabili kot osnovo za določa-  
nje naklonov odkopnih brežin pri naših shemah o oblikah cestnega telesa  
na prečnem prerezu.

ODVISNOST NAKLONA ODKOPNE BREŽINE /1 : m<sub>o</sub>/ OD NAKLONA TERENA



ODVISNOST NAKLONA ODKOPNE BREŽINE /1 : m<sub>o</sub>/ OD  
VIŠINE BREŽINE PRI NAKLONU TERENA 40-50 %

Vrednosti

m<sub>o</sub> 1,2

1,0

0,8

0,6

0,4

0,2

$$y = 1,16497 - 0,46280x + 0,05863x^2$$

n = 26

$$I_{xy} = 0,67665$$

0,5 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 m Višina odkopne brežine

## METODIKA PROUČEVANJA

### 1. METODIKA PROUČEVANJA KARAKTERISTIČNEGA PROFILA GOZDNE CESTE

V proučevanje karakterističnega profila gozdne ceste so bili zajeti vsi ti-  
sti elementi ceste, ki kakorkoli vplivajo na obliko in količino izkopa na  
trasi. Podrobneje smo proučevali podolžni profil ceste, posamezne ele-  
mente prečnega profila ceste in osi trase ter naklone terena, po katerem  
poteka gozdna cesta. Vsak izmed teh elementov pa zahteva različno ob-  
ravnavo in tudi različno število podatkov, do katerih smo prišli po razli-  
čnih poteh. Osnovni vir podatkov za proučevanje elementov na osi trase,  
podolžnega profila ceste ter oblike terena so bili glavni projekti izbranih  
tras. Trase so bile izbrane tako, da kar najbolje predstavljajo bistvene  
značilnosti območja, ki ga naloga obravnava. Za proučevanje elementov  
prečnega profila ceste so bili podatki dobljeni delno iz glavnih projektov,  
v pretežni meri pa pri terenskih snemanjih v času gradnje. Analiziranih  
je bilo 9 tras v skupni dolžini 28,9 km.

Podajamo kratek opis metodike zbiranja podatkov za posamezne elemen-  
te gozdne ceste.

#### a/ Naklon terena

Podatke o naklonu terena smo dobili po metodiki vzorčenja. Uporabili smo  
sistematično vzorčenje zaporednih prečnih profilov vzdolž trase, kjer  
smo izbrali po 5 prečnih profilov kot vzorec, naslednjih 10 prečnih profi-  
lov pa smo izpustili iz nadaljnje obdelave. Na ta način smo v analizo za-  
jeli eno tretjino celotne dolžine trase. Naklon terena smo ugotavljali tako,

da smo na prečnem profilu, narisanim v glavnem projektu na milimetrskem papirju v merilu 1 : 100, odmerili na vsako stran od osi razdaljo po 5 cm, to razdaljo označili na terenski črti ter izmerili višinsko razliko med obema oznakama. Višinska razlika, izmerjena v mm, predstavlja že v % izražen naklon terena na določenem prečnem profilu. Zbrane podatke smo potem grupirali po dveh kriterijih:

- po stopnjah naklona terena
- po zaporedju vzorcev.

Iz grupiranih podatkov po stopnjah smo z nadaljnim postopkom dobili krivuljo frekvenčne porazdelitve o številu primerov prečnih profilov v posameznih stopnjah. Iz grupiranih podatkov po zaporedju vzorcev pa smo dobili sliko o variabilnosti naklona terena vzdolž trase. Srednjo vrednost naklona terena na eni trasi smo ugotovili tako, da smo izračunali aritmetično sredino iz vseh posameznih vrednosti.

Da smo podatke različnih tras lahko med seboj primerjali, smo pri vseh trasah uporabili isti sistem vzorčenja.

#### b/ P o d o l ž n i p r o f i l t r a s e

Za vsako izbrano traso smo analizirali podolžni profil v celoti in ugotavljali maksimalne in minimalne podolžne naklone trase. Pri vseh ekstremnih vrednostih podolžnega naklona smo ugotavljali tudi dolžino odsekov trase, kjer te vrednosti nastopajo. Srednjo vrednost za eno traso smo dobili s ponderiranjem na ta način, da smo dolžine odsekov z enakomernim naklonom nivelete vzeli kot ponderje.

#### c/ E l e m e n t i o s i t r a s e

Pri zbiranju podatkov o elementih osi trase /dolžina lokov in prem, velikost radijev, smer krivin, velikost središčnega kota/ smo zopet uporabili metodo sistematičnega vzorčenja. Vzdolž osi trase v glavnem projektu smo vzeli po 5 krivin kot vzorec, naslednjih 10 krivin pa smo izpustili. Sred-



nje vrednosti smo dobili z računanjem aritmetičnih sredin iz vseh zbranih podatkov na eni trasi.

#### d/ Oblika cestnega telesa

Kot osnova za ugotavljanje oblike cestnega telesa so nam služili prečni profili v glavnem projektu. V ta namen smo analizirali pri vsaki izbrani trasi vse prečne profile in jih grupirali po osnovnih oblikah /nasip, usek, prisip, zasek in mešani profil/. Delež posameznih oblik smo izračunali iz deležev grupiranih prečnih profilov. Pravo vrednost o deležu posameznih oblik na celotni trasi bi dejansko dobili s ponderiranjem, kjer bi morali vzeti kot ponderje dolžine odsekov trase z enako obliko cestnega telesa. Ker pa smo v okviru naše naloge želeli dobiti le splošno sliko o obliki cestnega telesa na povprečni gozdni cesti, smo se zadovoljili z analizo števila prečnih profilov.

#### e/ Elementi prečnega profila

Podatke o dejanskih vrednostih posameznih elementov smo dobili s snemanjem na terenu, iz glavnih projektov pa smo na istih prečnih profilih dobili primerjalne podatke za istovrstne elemente. Na ta način smo lahko ugotavljali razhajanje med načrtom in dejanskim stanjem na terenu. Prečne profile smo na terenu snemali s postopičnim orodjem, kjer smo vrednosti na profilki in razalki odčitali z natančnostjo enega cm. Na terenu smo posneli na 4 trasah skupaj 319 profilov s tem, da smo posneli vse prečne profile, kot so bili postavljeni pri zakoličevanju trase. Na dveh trasah pa smo za potrebe nadaljnjega proučevanja /drobljenje hribine in odriv/ postavili še dodatne profile s konstantno medsebojno razdaljo 5 m oz. 6 m. Dodatna mreža prečnih profilov je bila postavljena s kar največjo natančnostjo, pravokotnost prečnih profilov na os trase smo določali z optično prizmo. Podatke terenskih snemanj smo grupirali po stopnjah naklona terena /širina stopnje zajema vrednost naklona 10 % / ter po zaporedju prečnih profilov vzdolž trase. Iz grupiranih podatkov smo na vsakem prečnem

profilu proučili naslednje elemente: širino planuma, delež planuma v naščenem tlu, naklon odkopne brežine in naklon nasipne brežine. Grupirane podatke po elementih smo nadalje obdelali po običajnih statističnih metodah. Pri ugotavljanju odvisnosti širine planuma, naklona odkopne in nasipne brežine od terena so bile uporabljene odgovarjajoče krivuljne regresije.

## 2 METODIKA PROUČEVANJA DROBLJENJA HRIBINE

V okviru gradnje gozdnih cest obravnavamo drobljenje hribine kot samostojno delovno fazo. Glede na značaj dela smo celotno fazo še nadalje delili v dve podfazi in sicer na vrtanje in odstreljevanje.

### 2.1 Potek snemanja pri vrtanju

Ker je vrtanje najbolj naporno in obenem najdražje opravilo pri gradnji prometnic v trdni hribini, smo pri našem raziskovanju prav tej podfazi dela posvetili največ pozornosti. Osnova za vsa proučevanja so bili podatki, dobljeni pri terenskih snemanjih. Za sistematično zbiranje terenskih podatkov smo sestavili posebne snemalne liste. Snemalni listi za vrtanje in za odstreljevanje so bili pripravljene na podlagi predhodnih opazovanj poteka dela na gradbiščih in korigirani pri krajših poskusnih snemanjih.

#### a/ Opis snemalnega lista za vrtanje minskih vrtin

V snemalni list na pregleden način zbiramo podatke o časovnih elementih vrtanja, o količini opravljenega dela ter o delovnih razmerah na gradbišču. Sprednja stran snemalnega lista je razpredelnica, kamor vpisujemo dve skupini podatkov in sicer podatke o strukturi delovnega časa ter podatke

SNEMALNI LIST ZA VRTANJE, štev.:

Snemalec:

Datum snemanja:

Vreme:

Začetek snemanja:

Dan snemanja:

Konec snemanja:

Zap. štev.	Struktura delov. časa				Potek vrtanja									
	Elementi delov. časa	Začetek	Konec	Trajanje	Št. vr-tine	Premik vr. kl.	Dol. sv. cm	Čisto vrta-nje	Glob. vrt.			Zame-njava svedr.	Zastoji	Opombe
									zač.	kon.	razl.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Priprav. čas													
2	Zaključ. čas													
3	Odmori													
4	Zastoji kompresorja													
5	Vrtanje													
6	Skupni čas vrtanja:					Skup.								

o samem poteku vrtanja. Značaj poteka dela omogoča, da en snemalec istočasno lahko zbira več vrst podatkov.

Celotni delovni čas pri vrtanju minskih vrtin smo razdelili v naslednje časovne elemente: pripravljalni čas, zaključni čas, odmori, zastoji kompresorja, vrtanje.

Za lažje razumevanje vsebine posameznega časovnega elementa dajemo kratko pojasnilo.

#### Vrstica 1. Pripravljalni čas

V ta čas štejemo vsa pripravljalna dela vrtalca od trenutka, ko pride na delovišče do tistega trenutka, ko vrtalec nastavi prvo minsko vrtino. Sem spadajo običajno naslednja opravila: namestitve zaščitnih sredstev /obleka, glušnikov, rokavic, itd./, vžig kompresorja, prenašanje delovnega orodja in sredstev, sestavljanje pretočnih cevi in podobno.

#### Vrstica 2. Zaključni čas

Zajema čas, ko je vrtalec dvignil sveder iz zadnje minske vrtine do trenutka, ko zapusti delovišče. Med zaključni čas spadajo opravila: pospravljanje vrtalnih kladiv, svedrov, pretočnih cevi, odlaganje zaščitnih sredstev v skupni zaboj, zaključna opravila pri kompresorju itd.

#### Vrstica 3. Odmori

Sem štejemo tiste daljše odmore, ko se na gradbišču prekine delo in delavci ustavijo delovanje kompresorja. Krajše odmore med samim vrtanjem, ko motor kompresorja teče, upoštevamo na desni strani razpredelnice.

#### Vrstica 4. Zastoji kompresorja

Na tem mestu pa so zajeti le tisti zastoji, ki nastanejo med delo-

vanjem kompresorja. V praksi le redko pride do zastojev zaradi samega kompresorja, ker so to konstrukcijsko močni stroji. Najpogosteje so vzrok prekinitve dela zaradi odstreljevanja, premikov strojev ali vremenskih razmer. Zastoj kompresorja pomeni seveda tudi prekinitev dela vrtalcev.

#### Vrstica 5. Vrtanje

Pod vrtanjem razumemo tisti čas, ko je kompresor v obratovanju ne glede na to, ali vrtalec vrta ali ne. Čas vrtanja je dejansko obratovalni čas stroja, ki ga upoštevamo pri kalkulaciji cene za delo z vrtalno garnituro.

Na desni strani razpredelnice vpisujemo podatke o poteku vrtanja in sicer porabo časa za določena opravila ter globino minskih vrtin, ki so bile zvr-tane v času snemanja.

Razpredelnica za potek vrtanja ima naslednje kolone:

#### Kolona 6. Številka vrtine

Vpišemo zaporedno številko vrtine, pri kateri smo opravili snemanje.

#### Kolona 7. Premik

Vpišemo čas, ki je potreben, da vrtalec zapusti predhodno vrtino in začne z vrtanjem nove vrtine. Sem štejemo čas za premik vrtalnega kladiva od ene do druge vrtine, ter čas za nastavitev nove vrtine, to je do tistega trenutka, ko iz nove vrtine začne prihajati kamniti prah. Za podrobno razčlenitev samega vrtanja lahko pri snemanju po potrebi časovno ločimo oba časovna elementa.

#### Kolona 8. Dolžina svedra

Vpišemo uporabno dolžino vrtalnega svedra.

#### Kolona 9. Čisto vrtanje

Vpišemo čas, ko vrtalec dejansko vrta minsko vrtino. Čas čistega vrtanja ugotavljamo z opazovanjem poteka vrtanja, tedaj iz vrtine prihaja kamniti prah in sliši se poseben jekleni zvok. Kadar sveder prodira skozi mehko hribino, tedaj teh znakov ni. Vrtine v mehki hribini označimo v opombah /kolona 15/ in jih pri obdelavi podatkov izločimo.

#### Kolona 10-12. Globina vrtine

Sem vpišemo podatek o izmerjeni globini vrtine, ki je bila izvršana v času čistega vrtanja. Globine do 2 m merimo z jeklenim žepnim metrom na cm natančno. Če je na začetku vrtine plast zemlje ali humusa, je to debelino potrebno posebej izmeriti in od globine izmerjene vrtine odšteti. Pri vrtanju z daljšimi svedri izmerimo poglobitev vrtine tako, da izmerimo dolžino svedra, ki sega iz vrtine pred vrtanjem /kolona 10/ in po končanem vrtanju /kolona 11/. Iz razlike izmerjenih dolžin ugotovimo globino vrtine, izvrtane v času čistega vrtanja /kolona 12/.

#### Kolona 13. Zamenjava svedra

Vpišemo čas, ki ga vrtalec porabi za zamenjavo svedra v vrtalnem kladivu. Pri krajših vrtinah (do 1,6 m) vrtalec vrta običajno več vrtin zaporedoma z isto dolžino svedra, pri globjih vrtinah pa zaporedoma menja sveder pri isti vrtini.

#### Kolona 14. Zastoji

Sem štejemo vse zastoje, ki nastanejo v času vrtanja, vendar brez prekinitve obratovanja kompresorja. Zastoji lahko nastanejo zaradi okvare na pretočnih ceveh, na vrtalnem kladivu, najpogosteje pa je vzrok zastojem zagozditev vrtalnega svedra v minski vrtini.

## Kolona 15. Opombe

Na tem mestu vpišemo različne zaznambe, ki so koristne za kasnejše vrednotenje podatkov. Zlasti je koristno zabeležiti vzrok zastoja, karakteristična mesta na trasi /oznaka prečnega profila/, neuporabnost vrtine itd.

Na hrbtni strani snemalnega lista /priloga št. 7/ so zbrani splošni podatki o razmerah na delovišču v času snemanja. Te podatke vpišemo na prvem snemalnem listu za vsako delovišče, v naslednjih snemalnih listih za isto delovišče pa izpolnimo le tiste rubrike, kjer se je stanje med snemanjem spremenilo.

Posamezne postavke pomenijo:

### Gradbišče:

1. Gozdno gospodarstvo
2. Gozdna cesta. Navedemo naziv gozdne ceste, kjer opravljamo teren-ska snemanja. Naziv ceste je naveden v glavnem projektu. Če je trasa označena s kakšno drugo oznako ali šifro, navedemo tudi to.
3. Predel. Vpišemo širši geografski pojem za kraj, kjer poteka trasa npr. Pokljuka, Nanos.
4. Hektometraž. Podatek o situacijskem položaju delovišča dobimo iz glavnega projekta.
5. Nadmorska višina.
6. Vrsta kamnine. Navedemo petrografsko oznako za vrsto kamnine npr. apnenec, dolomit, granit itd.
7. Stanje kamnine. Kamnino opišemo glede na težavnost pri vrtnanju /kompaktnost, plastovitost, lega plasti itd./.

### Kompresor in vrtalno kladivo:

Vpišemo tiste podatke, s pomočjo katerih kasneje lahko pridemo do tehnične dokumentacije določenega stroja ali naprave.

# SPLOŠNI PODATKI

/Hrbt. stran snemalnega lista za vrtanje/

## Gradbišče:

1. Gozdno gospod.:
2. Gozdna cesta:
3. Predel:
4. Hektometraža:
5. Nadmorska višina:
6. Vrsta kamnine
7. Stanje kamnine

## Kompresor:

8. Tovarna:
9. Tip stroja:
10. Štev. stroja:
11. Leto nabave:
12. Štev. obrat. ur:

## Vrtalno kladivo:

13. Tovarna:
14. Tip:

## Pretočne cevi:

15. Vrsta cevi:
16. Notranji premer:
17. Dolžina:
18. Stanje cevi:

## Vrtalni sveder:

19. Premer:
20. Oblika glave:

## Vrtalec:

21. Priimek in ime:
22. Starost:
23. Koliko let je vrtalec.

## Pripombe:



Pretočne cevi:

15. Vrsta cevi. Vpišemo oznako za pretočno cev npr. gumijasta cev, ojačana z jekleno žico; gumijasta cev brez žice ipd.
16. Notranji premer. Navedemo premer pretočnega profila cevi v mm ali colah. Če sestavljena cev ni enakega premera, vpišemo premere za posamezne dolžine.
17. Dolžina. Vpišemo celotno dolžino pretočne cevi od kompresorja do vrtalnega kladiva. Če se dolžina cevi med delom spreminja, je spremembe potrebno zabeležiti v pripombah.
18. Stanje cevi. Navedemo stanje cevi glede na pretočni profil npr. uporabna, delno stlačena, močno stlačena.

Vrtalni sveder:

19. Premer. Vpišemo premer vrtalne glave.
20. Oblika glave. Glava svedra je izvedena lahko kot monoblok ali križna.

Na koncu hrbtni strani snemalnega lista vpišemo še splošne podatke o vrtalcu in pomembnejše pripombe, ki lahko koristijo pri kasnejši obdelavi terenskih podatkov.

Pri terenskih snemanjih lahko en snemalec spremlja potek dela le pri enem vrtalcu. Kadar želimo podrobneje proučiti samo vrtanje in vse parametre, ki vplivajo na potek vrtanja, potem je potrebno toliko snemalcev, kolikor vrtalcev dela na eni vrtalni garnituri /pri enem kompresorju/.

V okviru naših proučevanj je bilo posnetih 374 minskih vrtin pretežno na gradbiščih na Jelovici in Pokljuki, medtem ko so bila na gradbišču gozdne ceste na Rogu /g. g. Novo mesto/ opravljena snemanja v manjšem obsegu z namenom, da zberemo primerjalne podatke. Pri snemanjih časovnih vrednosti je bila uporabljena ničelna metoda z natančnostjo 5/100 min. Kontrolni čas je merjen za vsak snemalni list posebej, je bil merjen z ročno uro z velikim sekundnim kazalcem in odčitani z natančnostjo 10 sekund.

### 3.2.2 Potek snemanj pri odstreljevanju

Pri terenskih snemanjih pri odstreljevanju smo želeli zajeti hkrati več različnih podatkov, da bi na ta način dobili sliko o delu minerja ter o porabi razstrelilnih sredstev na gradbišču. Temu namenu je bil prilagojen tudi snemalni list. Na sprednji strani snemalnega lista /priloga št. 8/ v levem delu razpredelnice zbiramo podatke o časovnih vrednostih za posamezna opravila v okviru celotnega dela minerja. Iz podatkov, zbranih na desnem delu razpredelnice izračunamo specifično porabo razstreliva in vžigal ter dolžino vrtin po tekočem metru trase in kubiku izkopa. Celotno delo pri odstreljevanju smo razdelili v 6 postopkov, ki so navedeni pri razlagi snemalnega lista /vrsta od 1 - 6/.

Kratek opis posameznih rubrik snemalnega lista:

#### Vrsta 1. Donašanje

Ta postopek zajema tisti čas, ko miner nosi razstrelivo in vžigala iz priročnega skladišča na mesto porabe. Če pri donašanju minerju pomaga njegov pomočnik ali kakšen drugi delavec na gradbišču, je čas pomočnika potrebno posebno opisati.

#### Vrsta 2. Priprava vžigal

Vpišemo čas, ki ga miner porabi za pripravo vžigal. Kadar miner aktivira mine električno, tedaj ta postopek odpade.

#### Vrsta 3. Polnjenje vrtin

Zajema čas, ko miner polni minsko vrtino z rastrelivom, v mino namesti vžigalo in mino začepi. Običajno polni v enem časovnem obdobju večje število vrtin, ki jih aktivira v enem odstrelu. V rubriko vpišemo sumarni čas.

#### Vrsta 4. Vezanje

Ta postopek pride v poštev le pri električnem aktiviranju min in zajema čas od trenutka, ko je miner napolnil zadnjo vrtino pa

SNEMALNI LIST ZA DELO MINERJA , šte.v.:

Snemalec:

Datum snemanja:

Vreme:

Začetek snemanja:

Dan snemanja:

Konec snemanja:

Zap. št.	Postopek	Produk. čas	Neproduktivni čas		Vzroki zastojev	Potek polnjenja vrtin							
			Zastoji			Odmo-ri	št. vrt.	Glob. vrt.	Razst. dkg	Vžigala		Preč. prof.	Opombe
			objekt.	subjekt.						det.	vrv.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Donaš. razst.												
2	Pripr. vžigal												
3	Polnj. vrtin												
4	Vežanje min												
5	Vžig												
6	Ogled po odst.												
7	Skupni čas v ciklušu												
8	Delo med ciklusom												

do trenutka, ko je vse mine med seboj povezal.

#### Vrsta 5. Vžig

Potek samega dela v postopku vžiga in čas trajanja je odvisen od načina aktiviranja min. Pri električnem aktiviranju vžig zajema čas od trenutka, ko miner konča z vezanjem min v minskem polju /predhodni postopek/ do trenutka, ko da zadnji opozorilni znak, da je odstreljevanje končano. Pri posamičnem aktiviranju min traja postopek vžiga od trenutka, ko je miner napolnil zadnjo mino /ko se zaključi postopek polnjenja vrtin/ do opozorilnega znaka, ki pomeni konec odstreljevanja.

Čas zajet v postopku "vžig" je pomemben tudi zato, ker predstavlja zastoj pri vseh fazah dela na gradbišču. V tem času se prekine celotni proces dela na samem gradbišču in v okolici do varnostne razdalje /najmanj 200 m/.

#### Vrsta 6. Ogléd po odstreljevanju

Zajema čas, ko si miner ogleda razminirano minsko polje, oceni uspeh miniranja in določi ukrepe v primeru nedovolj uspelega miniranja.

#### Vrsta 7. Skupni čas v ciklusu

Seštejemo vse čase iz kolone 3 - 6.

#### Vrsta 8. Delo med ciklusom

Vpišemo čas za morebitna opravila minerja med dvema ciklusoma.

#### Kolona 3. Produktivni čas

Vpišemo produktivni čas v okviru določenega postopka, navedenega v koloni 2.

#### Kolona 4. Objektivni zastoji

Sem štejemo tiste zastoje pri delu minerja, ki nastanejo zaradi zunanjih povzročiteljev /slabo vreme, nepripravljene minske vrtine ipd. /.

#### Kolona 5. Subjektivni zastoji

Med subjektivne zastoje štejemo tiste, ki so nastali med samim delom minerja in so od njega neposredno ali posredno odvisni. Najpogosteje nastopajo zastoji pri postopku "vžig". Pri aktiviranju mine ali celega minskega polja lahko pride do zatajitve, čemur je vzrok nepazljivo delo minerja ali stvarna napaka vžigala. Ne glede na pravi vzrok zatajitve bomo čas za zastoj uvrstili med subjektivni zastoj, ker je nastal v delokrogu minerja.

#### Kolona 6. Odmori

Vpišemo čase, ki jih je miner uporabil za krajši ali daljši odmor med svojim delom.

Na desni strani razpredelnice podrobneje razčlenimo potek polnjenja vrtin.

Kolone pomenijo naslednje:

#### Kolona 9. Globina vrtine

Vpišemo globino vrtine, ki smo jo pred polnitvijo izmerili na 1 cm natančno.

#### Kolona 10. Razstrelivo

Vpišemo količino razstreliva, ki ga je miner porabil za odgovarjajočo vrtino. Količino razstreliva ugotavljamo tako, da štejemo število patronov vloženi v vrtino. Vsebina enega patrona je standardna /za vrtine premera 33 mm tehta 1 patron 10 dkg ali 20 dkg/.

#### Kolona 11. Vžigala, detonator

Navedemo vrsto uporabljenega detonatorja z ustaljenimi znaki /TED - trenutni elek. deton., ČED - časovni elek. deton.,

MSED - milisekundni elek. deton., D- vžigalna kapica/.

#### Kolona 12. Vžigalna vrstica

Vpišemo dolžino vžigalne vrstice.

#### Kolona 13. Prečni profil

Vpišemo številko prečnega profila, da s tem podamo položaj vrtine na trasi. Številko zapišemo le pri tisti vrtini, ki prva preseže določeni prečni profil.

Na hrbtni strani snemalnega lista /priloga št.9/ zberemo splošne podatke o gradbišču, minerju, organizacijski obliki dela na gradbišču ter podatke o odstreljevanju. Splošne podatke vpisujemo podobno kot pri snemalnem listu za vrtanje, zato navajamo kratko razlago le tistih rubrik, ki so značilne za odstreljevanje:

#### Vrsta miniranja

Navedemo, ali je miniranje prvo /primarno/, drugo /sekundarno/, tretje itd. na istem odseku trase.

#### Način aktiviranja min

Aktiviranje min je lahko električno ali z vžigalno vrstico /običajno za posamezne mine/.

#### Način vezanja min

Navedemo le pri električnem aktiviranju min. Vezanje je lahko vzporedno ali zaporedno.

#### Vrsta uporabljenega razstreliva

Navedemo ustaljene oznake za vrsto razstreliva /npr. A<sub>0</sub> - Kamnik, kar pomeni: amonal ojačani iz podjetja "Kamnik"/.

#### Vrsta vžigal

Navedemo oznako vžigala in proizvajalca /npr. TED-AD Goražde,

# SPLOŠNI PODATKI

/Hrbtna stran snemalnega lista za delo minerja/

## Gradbišče:

1. Gozdno gospod.:
2. Gozdna cesta:
3. Predel:
4. Hektometraža:
5. Nadmorska višina:
6. Vrsta kamnine:
7. Stanje kamnine:

## Miner:

8. Priimek in ime:
9. Starost:
10. Koliko let dela kot miner:

## Organ.oblika dela na gradbišču:

11. Število vrtalcev:
12. Število pomožnih delavcev pri posameznem postopku:

## Odstreljevanje:

13. Vrsta miniranja:
14. Način aktiviranja min:
15. Način vezanja min:
16. Vrsta uporabljenega razstr.:
17. Vrsta vžigal:
18. Uspeh miniranja /opis/:

## Pripombe:

kar pomeni: trenutni električni detonator - azidni iz podjetja "UNIS" Goražde/.

#### Uspeh miniranja

Napravimo kratek opis o rezultatu miniranja glede na dobljeno granulacijo materiala, poškodbe na okolici in potrebe po sekundarnem miniranju.

Snemalni list je prilagojen za snemanje enega zaključenega ciklusa minerjevega dela pri odstreljevanju kamnine na trasi gozdne ceste. Isti snemalni list je mogoče uporabiti tudi pri miniranju panjev. V tem primeru je v opombah potrebno označiti mine, ki so pripadale enemu panju, ter navesti premer panja ter drevesno vrsto.

Za proučevanje odnosa materiala z buldožerjem ni bila sestavljena posebna metodika, ker smo omenjeno delovno fazo v okviru sestavljene naloge obravnavali le v tistem obsegu, kolikor je bilo nujno potrebno pri proučevanju osnovne tematike. Osnovni terenski podatki o časovnih in količinskih vrednostih pri delu z buldožerjem so bili zbrani na istih deloviščih, kot je potekalo snemanje pri vrtanju in odstreljevanju. Uporabljena je bila tudi ista zakoličba in signalizacija prečnih profilov.

Naj omenimo, da so bile vse meritve na terenu opravljene s stalno skupino snemalcev, ki jih je neposredno vodil nosilec obravnavane raziskovalne naloge.



## 4. DROBLJENJE HRIBINE Z RAZSTRELIVOM

### 4.1 POSTAVLJENI CILJ PRI DROBLJENJU HRIBINE

V trdi hribini, to je v terenu V. - VII. kategorije po veljavnih gradbenih normah /GN 200/ ni mogoče za zemeljska dela uporabljati običajnega delovnega orodja ali strojev /buldožerje, traxcavatorje in druge/, ampak je to hribino, ki jo bomo zaradi posebnih fizikalnih lastnosti imenovali kamnino, potrebno predhodno šele razdrobiti. Odkar je švedski inženir Alfred Nobel leta 1867 iznašel razstrelivo, ki je za uporabo razmeroma varno, je postalo drobljenje kamnine s pomočjo razstreliva najracionalnejši način dela v kompaktni hribini. Uporaba razstreliva je bila v polni meri osvojena tudi pri gradnji gozdnih prometnic.

Vsa dela v zvezi z drobljenjem hribine s pomočjo razstreliva bomo imenovali s skupnim pojmom miniranje. Nadalje bomo prvo miniranje na določenem odseku trase imenovali primarno, vsa nadaljna miniranja na istem odseku pa bomo imenovali sekundarna miniranja. To miniranje je namenjeno le popravljanju nedoseženega cilja pri prvem miniranju.

Za uspešno delo pri miniranju in dosego dobrega končnega rezultata je nujno, da predhodno jasno postavimo cilj, kaj želimo z miniranjem doseči. Od jasno postavljenega cilja bo odvisna pravilno izbrana tehnika miniranja in manjša bo možnost presenečenj. Pri gradnji gozdnih cest je postavljen cilj miniranja lahko zelo različen, pač odvisno od terenskih razmer, v katerih poteka posamezni odsek trase in od zahtev, ki jih postavlja način gradnje same prometnice. Te zahteve so lahko zelo skromne, lahko pa so tudi zelo velike. Kot primer skromno postavljenega cilja pri miniranju je lahko naslednje:

- razdrobiti hribino le do take mere, da bo osnovni stroj za zemeljska dela, v našem primeru buldožer, lahko oblikoval potrebno širino planuma.

Najpogosteje pa so pri gradnji gozdne ceste postavljene naslednje zahteve:

- Hribino na trasi zdrobiti tako, da bo material iz izkopa služil kot gradivo za nasip, torej naj bi bil material po miniranju take granulacije, da bo mogoča pri vgrajevanju v nasip čim boljša zgostitev. Presevna krivulja porušene hribine naj bi se čim bolj približevala Fullerjevi krivulji. V nasip ne bi smelo biti večjih kamnitih kosov od 30 cm.
- Nadalje naj bo hribina tako razdrobljena, da bo razminirani material na celotni širini planuma služil kot nosilna plast zgornjega ustroja. To pomeni, da naj bo plast okoli operative nivojele take granulacije, kot jo zahteva zgornji ustroj z upoštevanjem bodočega načina vzdrževanja ceste s stroji. Od nivoja planuma navzdol, to je v globino temeljnih tal, pa naj granulacija materiala postopoma narašča, da bi se na ta način dinamični sunki prometa čim bolj enakomerno prenašali na podlago.
- Z enkratnim miniranjem naj bi dosegli dokončno obliko izkopa in to z lepo oblikovanimi in stabilnimi odkopnimi brežinami. Na ta način bi odpadlo sekundarno miniranje, ki je po enoti opravljenega dela v primerjavi s primarnim zelo drago.
- Pri miniranju in kasneje pri odrivu razminiranega materiala naj bi nastalo kar najmanj poškodb na okolici /na sestoji, na tleh, na objektih/.
- Postavljene zahteve naj bi dosegli pri največjem ekonomskem učinku /pri izbrani tehniki vrtanja doseči minimalni normativinskih vrtin ter specifično porabo razstreliva po enoti opravljenega dela; doseči maksimalno izkoriščenost uporabljene mehanizacije/.

Našteli smo najpomembnejše zahteve, ki jih pri praktičnem delu na terenu ni mogoče povsem doseči. Pomembno je že to, da vemo proti kakšnemu cilju moramo usmeriti celotno delo pri miniranju. Nekatero navedene zahteve se med seboj dopolnjujejo kot npr.: intenzivnejše drobljenje, lažje delo s stroji, boljši zgornji ustroj, manjše poškodbe na okolici pri miniranju in pri odrivu.

Nekatere druge zahteve pa se med seboj izključujejo, npr. zahteva po intenzivnem drobljenju nasprotuje zahtevi po zmanjšanem normativu minskih vrtin in specifični porabi razstreliva. Pri praktičnem delu na določeni trasi bomo morali med vsemi navedenimi zahtevami poiskati neko skupno rezultanto v tem smislu, da bo celokupni učinek dela pri miniranju kar najbolj ugoden.

#### 4.2 ZNAČILNOSTI HRIBINE

Na tem mestu bomo na kratko opisali osnovne značilnosti hribine na tistem področju, na katerem potekajo trase, ki jih v okviru naše naloge obravnavamo. Geološko spada celotno področje v dva sistema in sicer v alpski in dinarski. Alpškemu sistemu pripada predvsem triadna formacija, medtem ko dinarskemu v glavnem jurske in kredne. Pretežni del temeljne podlage sestavljajo apnenci in dolomiti. V alpskem predelu prevladujejo zgornjetriadni apnenci in dolomiti, v dinarskem pa kredni apnenci s postopnim prehodom od spodnjekrednega temnega apnenca do zgornjekrednega svetlega apnenca. Za dinarsko področje je značilna tudi močnejša tektonska prelomljenost, kar se odraža tudi v površinski razgibanosti. Za celotno področje so značilne višine 900 - 1 300 m, kjer so izoblikovane značilne visoke planote, kot npr. Pokljuka, Jelovica, Trnovski gozd, Snežniška planota, Mala in Velika gora in druge. Karbonatne kamenine, predvsem apnenci, ki sestavljajo temeljno podlago, so za vodo propustne, zato najdemo na tem terenu značilne kraške oblike in pojave, kot so žlebiči, škrape, vrtače itd.

V našem primeru nas hribina na obravnavanem področju zanima predvsem iz vidika miniranja in sicer kako se ponaša pri vrtanju in odstreljevanju. Naj uvodoma povemo, da imamo opraviti s hribino, ki je iz minerskega stališča zelo zahtevna. Sama kamnina je masivna, ponekod pa plastovita. Sledovi površinskega preperevanja segajo različno globoko, pač odvisno od sestave kamnine in od lege plasti, ki so debele od nekaj cm do 1 m

in tudi več. Najmočnejši vplivi preperevanja se kažejo v globino 2 - 3 m, segajo pa do 10 m (RADANOVIĆ, 46). Pri vrtanju in odstreljevanju nastopa posebna nevšečnost v primerih, kadar se v kamnini pojavljajo žepi gline. Te plasti so običajno različno debele in razporejene v različnih smereh. Pri vrtanju minskih vrtin taki glinasti žepi povzročajo zaklinjevanje vrtalnega svedra in s tem zastoje pri delu. Podobne težave nastajajo, kadar plasti potekajo približno v smeri vrtin. Glinasti žepi pa zmanjšujejo tudi učinek odstreljevanja. Udarni val, ki nastane pri detonaciji razstreliva, se v kompaktni kamnini pojemajoče, vendar enakomerno širi po masi, medtem ko se na prehodu skozi plasti gline skoraj prekine, saj plast gline v tem primeru deluje kot blažilec udarcev. Zaradi take nehomogenosti hribine prihaja do zelo neenakomernega drobljenja kar se kaže v ostajanju večjih kamnitih blokov.

Nehomogenost hribine, kakor tudi nekompaktnost same kamnine povzroča mnoge nevšečnosti ravno graditeljem gozdnih prometnic. Izkopi na teh prometnicah so plitki, segajo pretežno v globino 1 - 2 m in tako zajamejo ravno tiste plasti, ki so bile pod najmočnejšim vplivom zunanjih sil. Običajno je kamnina prekrita z različno debelo plastjo humusa, zemlje, z drobirjem in podobno. Obsežnejše odkrivanje kamnine zaradi previsokih stroškov ročnega dela pri današnji tehniki gradnje ne pride v poštev. Zato vrtalci mnogokrat zastavljajo minske vrtine precej na slepo, po občutku. Seveda je potem itakominsko polje zasnovano precej nenačrtno, kar vodi do neenakomernega drobljenja, zahteva obsežnejša sekundarna miniranja in s tem večjo porabo razstreliva in vžigal, vse to pa dviga stroške gradnje.

Prav zaradi posebnosti izkopa na trasi gozdne ceste je tudi problematika miniranja na tej trase specifična in za njeno reševanje je potrebno dobro poznavanje osnovnih principov tehnike miniranja kot tudi zahtev, ki jih narekuje gozdna prometnica ter terenskih razmer, kjer ta prometnica poteka.

#### 4.3 VRTANJE MINSKIH VRTIN

Pod pojmom vrtanje minskih vrtin razumemo tista dela v sklopu miniranja, ki so potrebna, da z ročnim orodjem ali vrtnim strojem izdelamo vrtino potrebnega premera in globine za namestitev razstreliva. Iz nadaljnega proučevanja bomo ugotovili, da je vrtanje najbolj zamudno, najbolj naporno in tudi najdražje opravilo pri celotnem izkopu v trdni hribini, zato bomo proučevanju vrtanja posvetili največ pozornosti.

##### 4.3.1 Struktura delovnega časa pri vrtanju

Na osnovi analiz 9 celodnevnih snemanj na dveh deloviščih smo dobili strukturo delovnega časa pri vrtanju z naslednjimi povprečnimi vrednostmi:

Elementi delov. časa	čas v minutah	delež v %
- priprav. in zaključni čas	26	4,9
- odmori	38	7,3
- zastoji kompresorja	51	9,8
Skupaj neproduktivni čas	115	22,0
- produktivni čas vrtanja	407	78,0
Skupni delovni čas	522 min	100 %

Pripravljalni in zaključni čas v povprečju vseh snemanj je trajal 26 minut, medtem ko je v posameznih primerih trajal zelo različno in sicer od 8 - 52 minut, kar je bilo odvisno od obsega dela. Odmori so v delovnem dnevu trajali od 28 - 45 minut in so zajeli le glavni odmor. Med ostalim delovnim časom nismo zabeležili dodatnega časa za odmore in fiziološke potrebe, kar si lahko pojasnimo iz načina dela pri vrtanju. Pri enem ročnem vrtnem kladivu delata dva delavca - vrtalca. Za samo delo z vrtnim kladivom zadostuje sicer samo en delavec. Ker pa

je delo z vrtalnim kladivom izredno naporno zaradi močnih vibracij kladi-  
diva, vdihavanja prahu, težkega dviganja, je nujno, da sta za neprekinje-  
no obratovanje vrtalne garniture pri vsakem vrtalnem kladivu zaposlena  
dva vrtalca. Z atestom Zavoda za zdravstveno varstvo in zaščito je prav  
zaradi tako naporega dela celo prepovedano nepretrgano delati več kot  
30 minut (BERTAPELLE, 6). V času, ko en vrtalec dela vz vrtalnim kla-  
divom, drugi opravlja lažja dela, ki so v povezavi z vrtanjem (prenaša  
svedre, pretočne cevi, po potrebi pripravlja mesto za naslednjo vrtino  
itd.). Dejansko pa je ta čas uporabljen za odmor od izredno težkega fi-  
zičnega napora pri vrtanju.

Vzrok za zastoje kompresorja je bila najpogosteje prekinitev dela zara-  
di odstreljevanja. V delovnem dnevu smo zabeležili po dva do štiri ta-  
ke prekinitve dela. Enkratni zastoj zaradi odstreljevanja je trajal od  
7 - 38 minut. V povprečju je bilo tako izgubljenih 51 minut ali 9,8 %  
delovnega časa, kar je največji delež med neproduktivnimi časi. Izgub-  
ljeni čas zaradi odstreljevanja bi bilo mogoče zmanjšati z naslednjimi  
ukrepi:

- Na gradbišču tako organizirati delo, da bo glavno odstrelje-  
vanje opravljeno samo enkrat na dan in to na koncu delov-  
nega časa vrtalcev. Število sekundarnih miniranj zmanjša-  
ti na najmanjšo možno mero in jih časovno združiti.
- Znak za prekinitev dela zaradi odstreljevanja naj da miner  
šele takrat, ko je pravilnost povezave min v minskem polju  
preizkusil z ohmmetrom.

Pri snemanjih na terenu smo ugotovili, da so najdaljši zastoji na grad-  
bišču pri odstreljevanju nastali prav zato, ker miner ni predhodno pre-  
izkusil minskega polja, po neuspelem električnem aktiviranju pa je po-  
tem porabil tudi do 30 minut časa, da je ugotovil mesto napake in jo od-  
stranil.

Produktivni čas vrtanja, ki je zajemal v povprečju 78 % delovnega časa, smo analizirali še podrobneje. Ugotovili smo, da je potrebno v povprečnih terenskih razmerah za premik vrtalnega kladiiva od ene do druge vrtine 0,1 - 0,3 minute, čas za nastavitev nove vrtine pa traja od 0,1 - 3,3 minute /povprečno 1,3 minute/. Poraba časa za nastavitev nove vrtine je odvisna od stopnje preperelosti kamnine ter njene oblike na mestu, kjer je predvidena vrtina. Merili smo tudi čas, potreben za zamenjavo vrtalnega svedra. Ta čas je trajal od 0,4 - 1,6 minute, v povprečju 0,6 minute.

Čas za izpihovanje iz vrtine med samim vrtanjem nismo posebej merili. Trajanje in pogostnost izpihovanja je odvisno od stanja kamnine in globine minske vrtine. Pri krajših vrtinah /do 1 m/ je izpihovanja običajno zelo malo in ga časovno lahko zanemarimo. Pri daljših vrtinah je izpihovanja več, vendar ga vključimo v čas čistega vrtanja, kar se končno izkaže v zmanjšanju učinka vrtanja.

Zastoji pri samem vrtanju so nastali največkrat zaradi zagozditve svédra v minske vrtine. Trajanje zastojev je bilo zelo različno, v mejah od 0,2 - 10,5 minut. Zastoji so se v teku vrtanja zelo neenakomerno pojavljali. Ugotovili smo na osnovi vseh snemanj, da je na čas čistega vrtanja potrebno dodati še 6,7 % časa za zastoje, ki nastanejo pri samem vrtanju.

V celotni strukturi delovnega časa je najpomembnejši tisti čas, ko se opravlja efektivno delo. V našem primeru smo ta čas imenovali čisto vrtanje. Le v času čistega vrtanja vrtalec dejansko vrta minske vrtine in samo v tem času pridejo do veljave parametri učinka vrtanja, ki jih bomo obravnavali kasneje.

Na osnovi terenskih snemanj smo ugotovili, kakšen delež časa zavzema čisto vrtanje v okviru produktivnega časa in v okviru celotnega delovnega časa. Podatki so razvidni iz sledeče preglednice:

Dnevi snemanj	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Povpreč.
Delež čist. vrt. v % v produkt. času	83,7	85,4	89,0	78,6	65,4	83,0	73,3	86,7	59,7	76,8
Delež čist. vrt. v % v del. času	57,2	46,0	73,4	63,5	48,0	71,1	58,6	73,6	47,9	59,9

Iz zbranih podatkov je razvidno, da se delež časa čistega vrtnja v posameznih dnevih močno spreminja tako v okviru produktivnega časa kot v celotnem delovnem času. Vzrok temu variiranju so neenakomerno dolgi ostali časi, predvsem razni zastoji, ki jih ni mogoče naprej predvidevati.

Iz gornjih podatkov lahko ugotavljamo, da povprečno v enem delovnem dnevu odpade na čisto vrtnje le 59,9 %, zaokroženo 60% delovnega časa, oz. na enega vrtalca le 30%.

V praksi so bili tudi poskusi, da so zaradi boljše zaposlitve vrtalcev spreminjali organizacijsko obliko dela pri vrtnju. Namesto 2 vrtalca na 1 vrtalno kladivo so zaposlili 3 vrtalce na 2 kladiva, ali celo 1 vrtalca na 1 kladivo. Delovni uspehi pri spremenjeni organizacijski obliki nam žal niso znani. Mnenja smo, da pri obsežnejših vrtnjih sprememba organizacijske oblike 2 vrtalca na 1 vrtalno kladivo, v sedanjih razmerah, ko so ročni vrtalni stroji še zelo nepopolni /premočne vibracije, prevelik ropot, dviganje prahu/, ne bi bila smotrna. Posledice prenapornega dela bi se pokazale šele čez daljši čas na zdravstvenem stanju vrtalcev.

Na osnovi proučevanja dela pri vrtnju podajamo naslednjo strukturo delovnega časa v 8 urnem delovniku:



Delovni čas

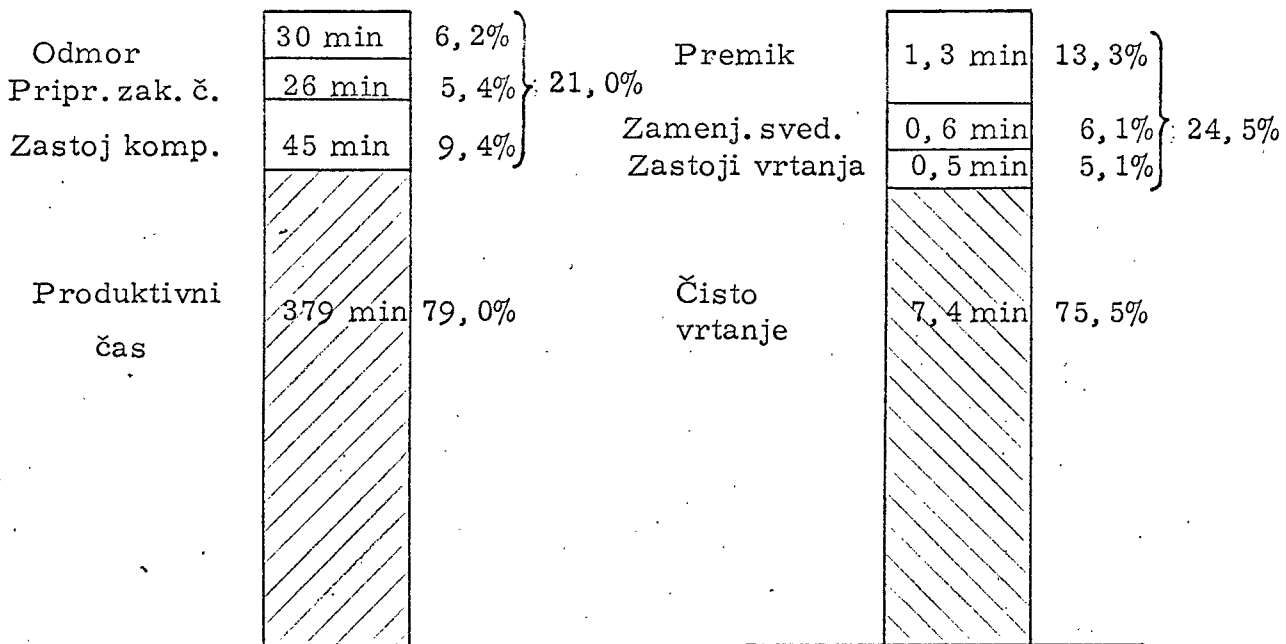
480 minut

- Redni predpisani odmor	30 min
- Priprav. in zaključni čas	26 "
- Zastoji v del. času /12% od produk. časa/	45 "
<hr/>	
Skupaj potreb. neproduk. čas	101 min
- Produktivni čas	379 min

Strukturo delovnega časa nazorno lahko ponazorimo s pomočjo sheme.

Struktura dnevnega delovnega časa

Struktura časa za vrtanje minske vrtine globine 150 cm



#### 4.3.2 Parametri učinka vrtanja

Na gradbiščih gozdnih cest s povprečnim izkopom 2 - 3 m<sup>3</sup> po tek. metru trase uporabljajo lahke vrtalne stroje z monoblok svedri /premer 34 mm/. Tudi na gradbiščih javnih prometnic z obsežnejšimi deli se je izkazalo, da so za pripravo minskih vrtin v manjših izkopih najracionalnejši lažji vrtalni stroji z manjšim premerom svedra (IVANETIČ, 23 ; RADANOVIČ, 46). Pri izbranem vrtalnem kladivu vplivajo na učinek čistega vrtanja naslednji parametri:

- tlak komprimiranega zraka v vrtalni glavi vrtalnega kladiva
- pritisk na glavo vrtalnega svedra
- mehanske lastnosti kamnine
- globina minske vrtine

V nadaljnjem bomo proučili navedene parametre predvsem s stališča praktičnega dela na gradbiščih gozdnih prometnic.

##### a/ Tlak komprimiranega zraka v glavi vrtalnega kladiva

Z vrtalnim kladivom določene konstrukcije bomo pri vrtanju v dani kamnini dosegli optimalni učinek takrat, kadar bomo dosegli optimalni dotok energije v glavo kladiva ter optimalni pritisk na glavo svedra. Oba navedena pogoja pa je na gradbišču gozdne ceste zelo težko doseči. Gradbišče gozdne prometnice ima obliko ozkega dolgega pasu, kar onemogoča optimalno razporeditev strojev. Zaradi tega so vrtalna kladiva na večji razdalji s pretočnimi cevmi povezana s kompresorji, od katerih dobivajo pogonsko energijo v obliki komprimiranega zraka. S podaljševanjem te razdalje se znižuje tlak komprimiranega zraka v glavi vrtalnega kladiva, kar ima za posledico padanje učinka vrtanja. V posebni študiji (DOBRE, 10) je bila ugotovljena odvisnost med učinkom vrtanja in dolžino pretočnih cevi. Na tem mestu navajamo samo končne rezultate tozadevnih raziskav, kjer je bilo ugotovljeno, da se učinek vrtanja z vrtalnim kladivom /tip RK-18/ zmanjša za 15%, če smo pretočno cev podaljšali od 60 na 90 m, oziroma se zmanjša za 20% pri podaljšanju od 90 na

120 m. Zgornji podatki zgovorno kažejo, kako velik vpliv ima dolžina pretočne cevi na učinek vrtnanja. Žal pa se temu vprašanju pri vsakodnevnem delu na gradbiščih ne posveča dovolj pozornosti.

#### b/ Pritisk na glavo vrtnega svedra

Zunanji pritisk na glavo vrtnega svedra mora biti prilagojen mehanskim lastnostim kamnine, ki jo sveder vrta in količini energije, ki v obliki komprimiranega zraka prihaja v glavo vrtnega kladiiva. Mehanske lastnosti kamnine se posebno pri nekompaktni kamnini hitro spreminjajo in jih ni mogoče vnaprej ugotavljati. Prilagajanje stanju kamnine zavisi le od sposobnosti vrtnalca, da po občutku o poteku vrtnanja /zvok svedra, enakomernost vrtnanja/ uravnava potreben pritisk na sveder. Kolikšna je odvisnost med učinkom vrtnanja in pritiskom na glavo svedra, o tej smeri nismo delali lastnih raziskav. Iz podatkov navedenih v literaturi /BERTAPELLE, 5/ je razvidno, da učinek vrtnanja z večanjem pritiska raste do določene vrednosti, nakar z večanjem pritiska učinek hitro pada. Optimalni in konstantni pritisk na glavo svedra je mogoče doseči le s pomočjo lafete ali podporne noge, nikakor pa ne v primeru, kadar pritisk na sveder izvaja vrtnalec s svojimi rokami preko ročajev vrtnega kladiiva. Pri tlaku komprimiranega zraka 6 atm je optimalni pritisk na sveder 80 kp. Ta pritisk izvaja teža kladiiva in samega svedra /skupaj okoli 21-28 kp/ ter pritisk vrtnalca na ročaje, ki naj bi znašal kar 52-59 kp. Razumljivo, da še tako fizično močan delavec ni sposoben dalj časa izvajati takega pritiska. Prav z namenom, da bi vrtnalcu olajšali težko delo, usmerjamo vrtine na gradbišču gozdne ceste vertikalno, čeprav bi jih na osnovi teorije miniranja morali usmerjati poševno.

#### c/ Mehanske lastnosti kamnine

Pri delu z določenim vrtnim kladiivom in z zagotovljenim konstantnim tlakom in pritiskom imajo mehanske lastnosti kamnine najmočnejši vpliv

na učinek vrtanja. Med mehanskimi lastnostmi moramo na prvem mestu navesti tlačno trdnost kamnine, poleg tega pa se pojavljajo še druge fizikalne in mehanske lastnosti, ki so v medsebojni odvisnosti, zato bomo vse te lastnosti zajeli s skupnim pojmom - odpor kamnine pri vrtanju. Ta odpor je zelo spremenljiv tako po globini vrtine kot po mestu vrtine v minskem polju. Močno nihanje odpora kamnine se kaže v veliki variabilnosti podatkov pri ugotavljanju učinka vrtanja pri sicer enakih pogojih dela. V okviru naše naloge podrobneje nismo proučevali mehanskih lastnosti kamnine, ker so te z lego trase na terenu prirodno že dane in jih ne moremo spreminjati.

#### d/ Globina minske vrtine

Zaradi značilne oblike izkopa na trasi gozdne ceste so minske vrtine na istem prečnem profilu različno globoke. Razlika med globinami posameznih vrtin bo tem večja, čim večji je naklon terena na določenem prečnem profilu. Pri naših proučevanjih nas je posebej zanimalo, kako se spreminja učinek vrtanja z globino vrtine. Da bi dobili čimbolj realne podatke, smo terenske meritve opravili na krajšem odseku enega delovišča, s čimer smo želeli zagotoviti čimbolj homogene terenske razmere. Snemanje je bilo opravljen pri delu le ene skupine vrtalcev.

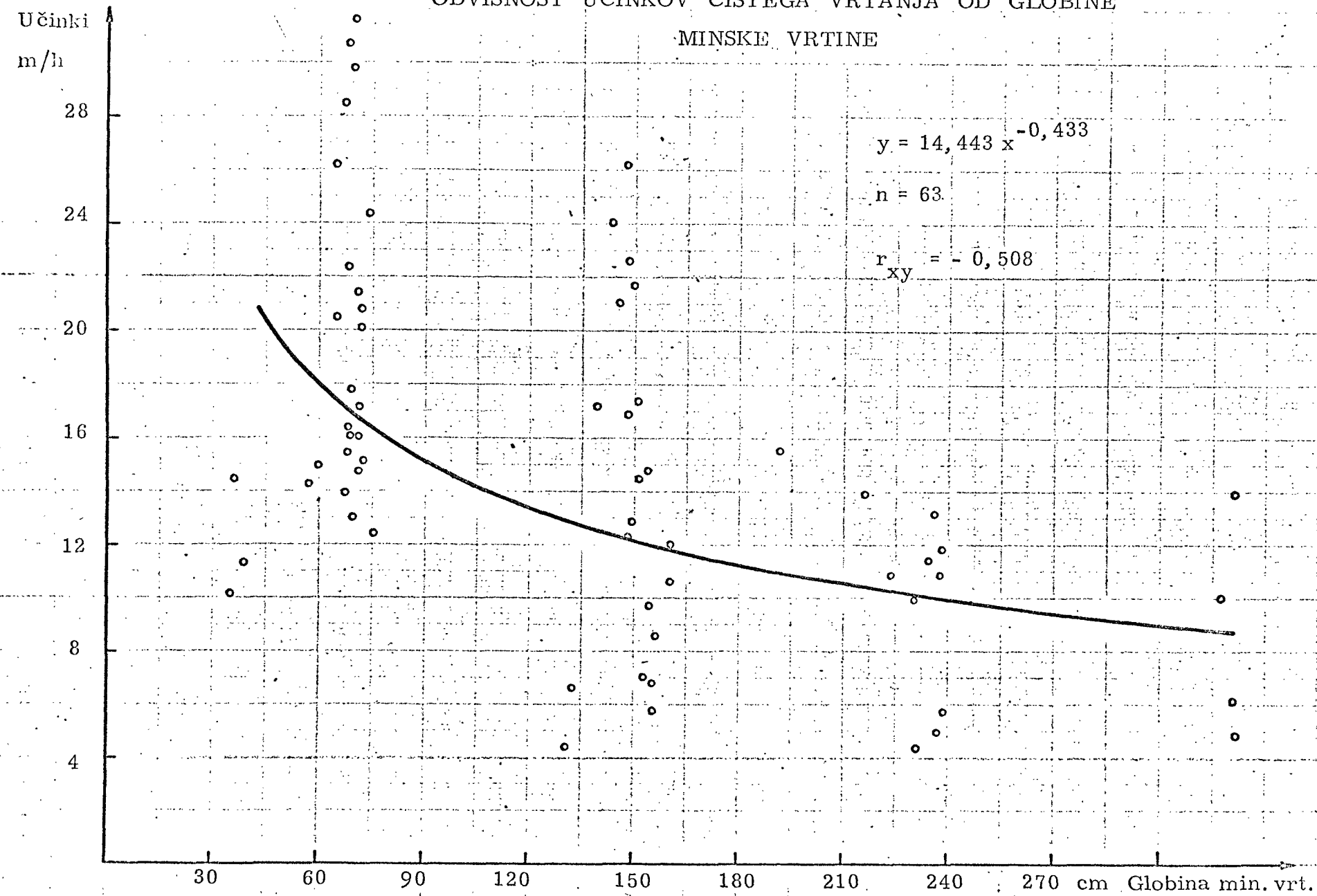
Statistično obdelani podatki so prikazani na prilogi št. 10, kjer nam regresijska krivulja pojasnjuje odvisnost med učinkom vrtanja in globino vrtine. Regresijska krivulja ima obliko parabole in je podana z enačbo:

$$y = 14,443 x^{-0,433}$$

Zelo nizek indeks korelacije nas ne preseneča, saj so v nepojasneni varianci skriti različni in zelo močni individualni vplivi /odpor kamnine pri vrtanju, pritisk na glavo svedra idr./, ki jih pri snemanju ni bilo mogoče izločiti.

ODVISNOST UČINKOV ČISTEGA VRTANJA OD GLOBINE

MINSKE VRTINE



Odvisnost učinka vrtanja od globine vrtine, prikazane na prilogi št. 10, velja za naslednje delovne in terenske razmere: vrtalno kladivo RK-18, kompresor FAGRAM 702, monoblok sveder premera 34 mm, dolžina pretočne cevi 90 m, kamnina: dolomitizirani apnenec triadne formacije, srednje preperel.

Za pravilno odčitavanje posameznih vrednosti je potrebno upoštevati naslednje pojasnilo:

- odčitek na ordinati (učinek čistega vrtanja v m/h) pri določeni globini vrtine ne pomeni, da je na tej globini dejansko takšen učinek, ampak odčitek na ordinati predstavlja povprečni učinek vrtanja cele vrtine do določene globine, vrta-  
ne z istim svedrom.

**Primer:** Zanima nas, s kakšnim učinkom lahko računamo pri vrtanju minske vrtine globine 150 cm. To vrtino vrtamo najprej s svedrom dolžine 80 cm, nato z dolžino 160 cm. Pri vrtanju prvega dela vrtine do globine 80 cm bomo dosegli učinek čistega vrtanja 15,8 m/h, pri vrtanju drugega dela vrtine od 80 - 150 cm pa bo učinek le 13,8 m/h. Povprečni učinek čistega vrtanja za celo vrtino izračunamo s ponderiranjem in znaša 14,9 m/h.

Po tej metodi smo ugotavljali porabo časa za čisto vrtanje pri nadaljnjih naših izračunih /tabela št. 17/.

Do sedaj smo obravnavali vpliv posameznega parametra na učinek vrtanja z istim vrtalnim strojem. Pri naših raziskavah nas je nadalje zanimalo, kakšna je razlika med učinki vrtanja dveh različnih vrtalnih strojev. Meritve smo omejili na ugotavljanje učinkov vrtanja z vrtalnim kladivom RK-18 in RK-21 pri uporabi kompresorja FAGRAM 702. Ta dva vrtalna kladiva najpogosteje uporabljajo na gradbiščih gozdnih prometnic.

Terenske meritve smo opravili na enem gradbišču z eno skupino vrtalcev ter pri enaki dolžini pretočne cevi /90 m/ enakega premera /1 cola/. Rezultati meritev, podani s srednjimi vrednostmi, so prikazani v spodnji tabeli:

Primerjava učinkov dveh vrtalnih kladiv:

Tabela št. 9

Uporabljeno vrt. kladivo	Dolž. svedra	Učin. čiste-ga vrt.	Poveč. učinka	Dolž. svedra	Učin. čiste-ga vrt.	Povečanje učinka
RK-18	80 cm	11,6 m/h	-	160 cm	9,8 m/h	-
RK-21	80 cm	13,9 m/h	19,8%	160 cm	10,8 m/h	10,2%

Zgornji podatki nam dokazujejo, da je učinek vrtnanja z vrtalnim kladivom RK-21 pri dolžini svedra 80 cm za 19,8 % boljši, pri vrtnanju s svedrom dolžine 160 cm pa za 10,8% boljši od učinka vrtnanja z vrtalnim kladivom RK-18 pri enakih dolžinah svedra. Manjšo razliko učinkov pri vrtnanju z daljšim svedrom si razlagamo, s tem, da je močnejše kladivo bolj občutljivo na slabše pogoje dela /večja globina vrtine/ v tistem primeru, kadar niso zagotovljeni optimalni pogoji obratovanja stroja. Boljši rezultati učinka vrtnanja z vrtalnim kladivom RK-21 še ne pomenijo tudi boljšega uspeha pri vsakodnevnem delu na vsakem gradbišču. Poleg ekonomsko-tehničnih vidikov dela moramo upoštevati tudi higiensko-varnostne vidike. V tem pogledu pa je vrtalno kladivo RK-21 slabše od RK-18, ker je:

- za 3 kg težje in vrtalca pri dviganju in prestavljanju kladiva močnejše fizično utruja;
- zahteva močnejši stalni pritisk na ročice vrtalnega kladiva, kar pa je brez podporne noge težko zagotoviti. Zato prihaja do močnejših vibracij mehanizma kladiva, kar povzroča

- okvare na stroju in v zapestju vrtalčeve roke;
- hrup stroja je za 5 fonov močnejši, kar pri zgornji meji hrupa /90 fonov/ neugodno vpliva na počutje vrtalca.

Pravilen izbor vrste vrtalnega kladiva torej zavisi od samih delovnih razmer na določenem gradbišču.

Pri vseh naših meritvah so bili uporabljeni le monoblok svedri, ker le te uporabljajo v praksi in jih je mogoče dobiti na našem tržišču. V tuji literaturi smo zasledili, da nekateri strokovnjaki na tem področju priporočajo uporabo tudi drugih oblik svedrov. Tako VYPLEL (72) priporoča sveder s križno glavo za vrtanje v razpokani kamnini. Tudi SCHNEIDER (52) v svojem poročilu navaja, da v kantonu Bern v Švici pri gradnji gozdnih prometnic uporabljajo samo svedre s križno glavo, podrobneje pa ne pojasnjuje v kakšnih terenskih razmerah. Veljalo bi v bodoče preizkusiti svedre s križno glavo tudi na gradbiščih naših gozdnih prometnic.

#### 4.3.2.1 Povprečni učinki vrtanja

Da bi kasneje lahko izračunali porabo časa za vrtanje minskih vrtnin pri gradnji gozdne ceste v povprečnih terenskih razmerah, smo na osnovi terenskih meritev izračunali povprečne učinke vrtanja.

Povprečni učinki pri vrtanju minskih vrtnin:

Tabela št.10

Vrtanje pri	Povprečni učinki vrtanja	
	Čisto vrtanje	Vrtanje v delovnem času
80 cm	13,7 m/h	8,5 m/h
160 cm	10,8 "	7,3 "
240 cm	9,1 "	6,8 "
320 cm	8,1 "	6,4 "
400 cm	7,3 "	6,1 "



Zgornji podatki veljajo za naslednje delovne razmere:

Vrtalno kladivo: RK-18

Kompresor: FAGRAM 700

Število priključnih vrtalnih kladiv na kompresorju: 1

Dolžina pretočne cevi: 90 m

Kamnina: delno preperel dolomitizirani apnenec

#### 4.3.3 Geometrija miniranja

Pod pojmom geometrija miniranja razumemo prostorsko razporeditev vrtin v minskem polju tako v tlorisnem pogledu kot po globini. Geometrija miniranja je odvisna od mnogih dejavnikov, od katerih so najbolj odločujoči naslednji:

- cilj miniranja, oziroma zahtevana granulacija razdrobljene kamnine kar pogojuje izbor premera minskih vrtin
- vrsta in stanje kamnine
- karakterističen profil izkopa

Upoštevajoč te osnovne dejavnike in z upoštevanjem izkušenj, ki smo jih pridobili pri praktičnem delu na terenu, smo sestavili sheme geometrije miniranja za karakteristične profile gozdne ceste s 3 m širokim utrjenim voziščem (priloge št. 11 a, b, c). Sheme veljajo za povprečne terenske razmere v delno preperel dolomitiziranem apnencu in so prilagojene za naklone terena od 20% - do 80% in sicer po stopnjah 10%. V shemah niso zajete posebne oblike usekov, ker je teh na trasah gozdnih cest razmeroma malo, mogoče pa je podane sheme smiselno prilagoditi tudi za take primere.

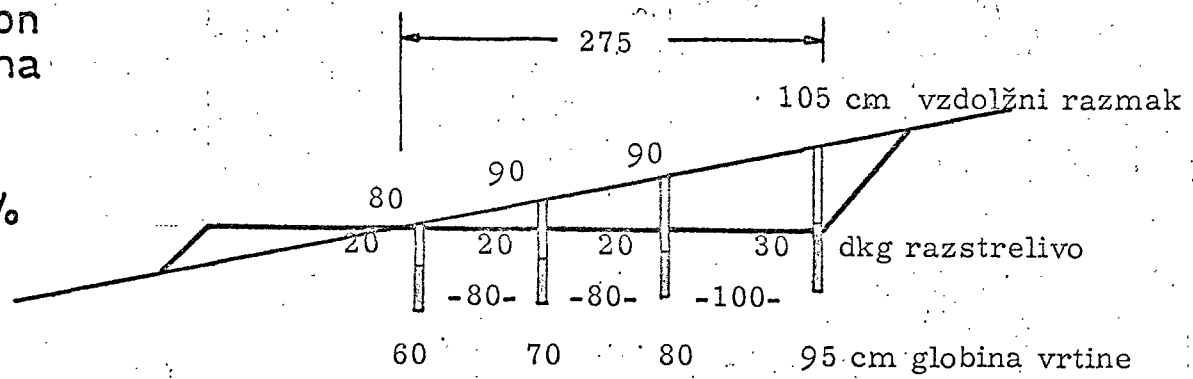
V nadaljnjem bomo obravnavali nekatere parametre miniranja, na katerih je zasnovana geometrija miniranja na podanih shemah.

# GEOMETRIJA MINIRANJA NA KARAKTERISTIČNEM PROFILU GOZDNE CESTE

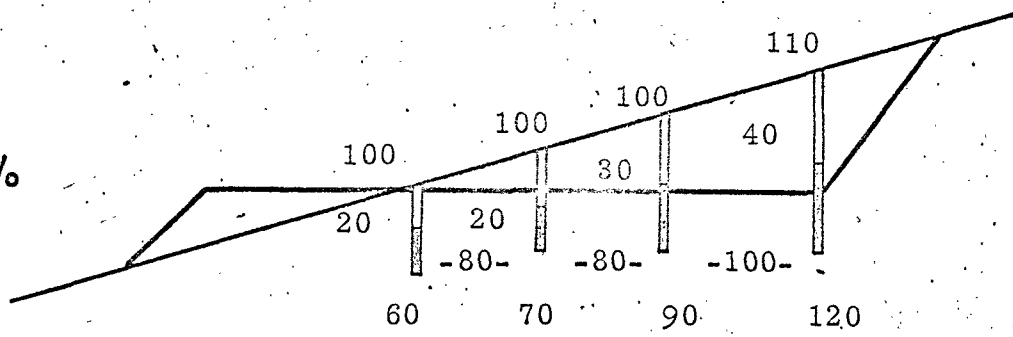
M 1 : 50

Naklon  
terena

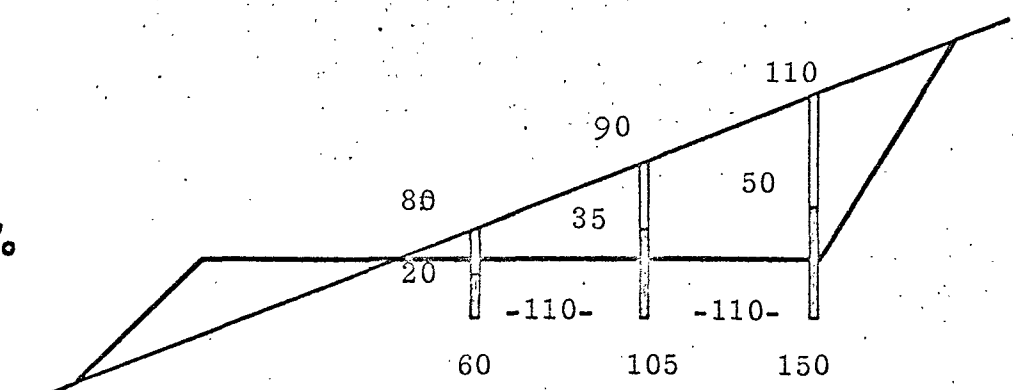
20 %



30 %

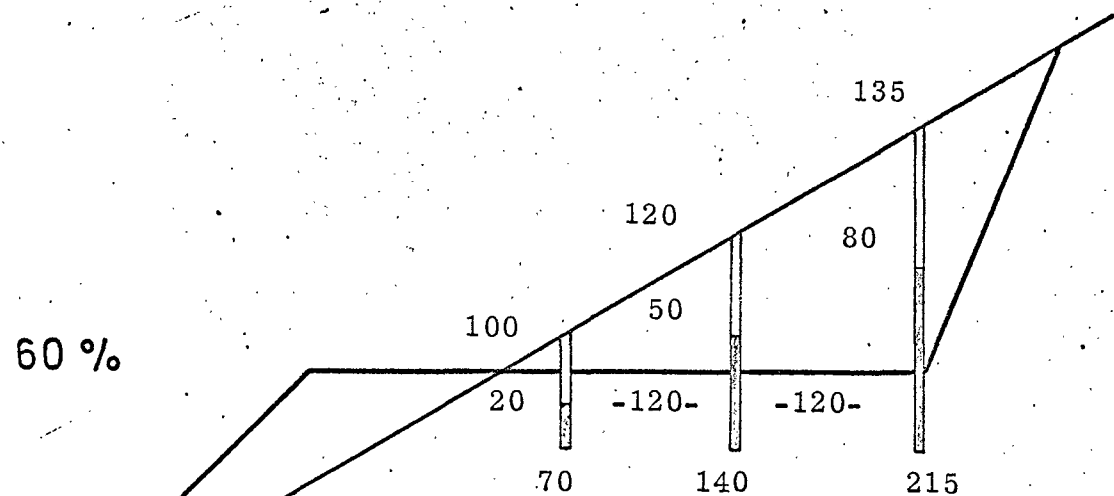
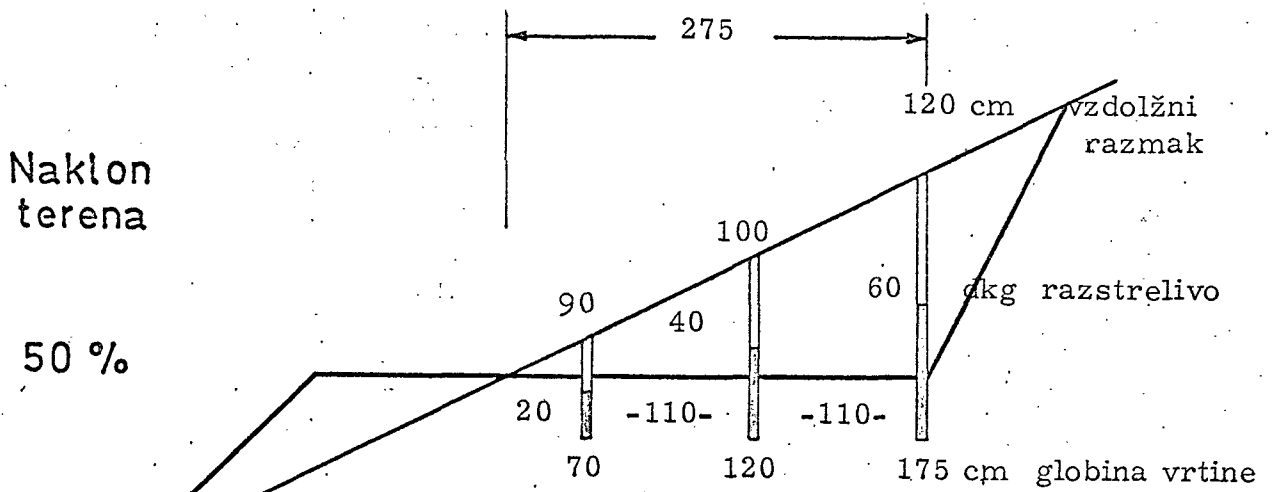


40 %



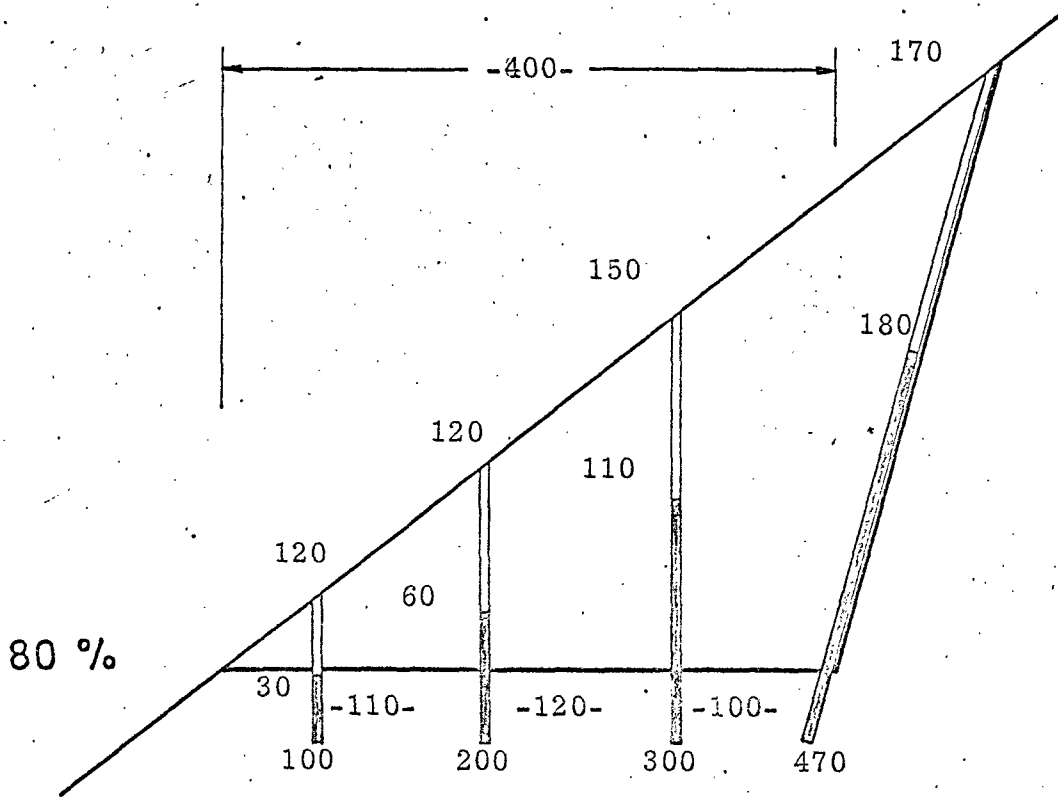
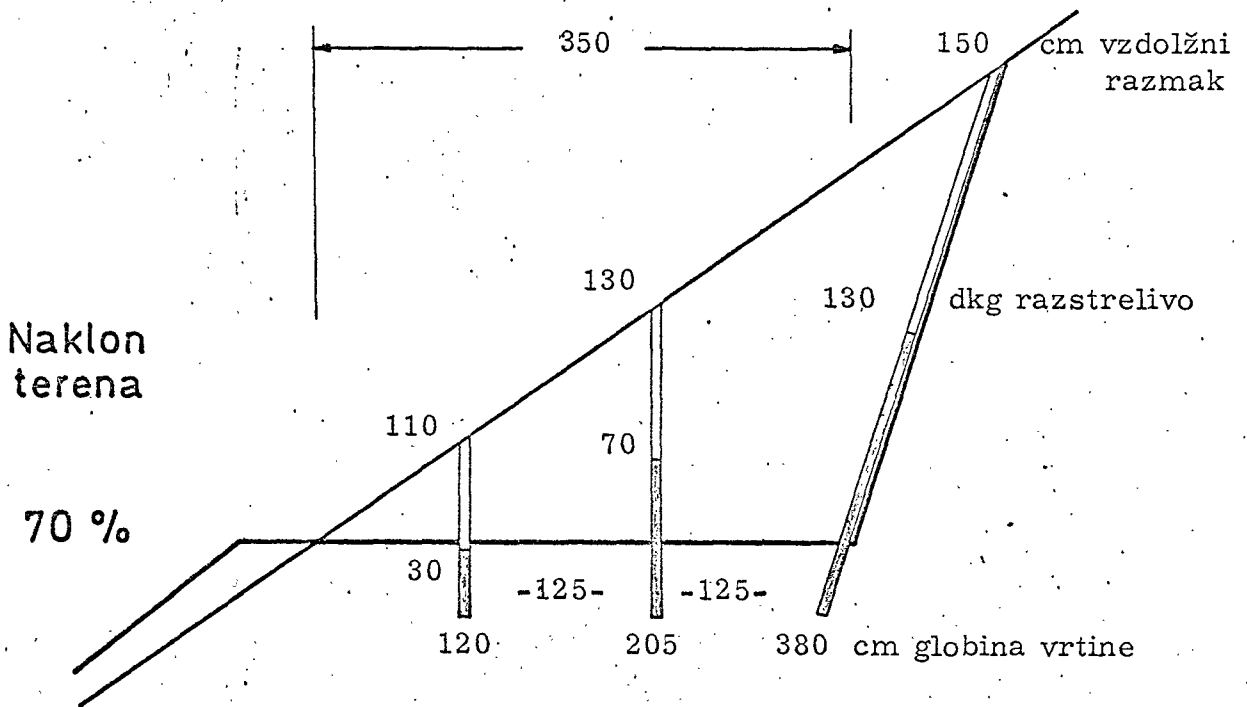
# GEOMETRIJA MINIRANJA NA KARAKTERISTIČNEM PROFILU GOZDNE CESTE

M 1 : 50



GEOMETRIJA MINIRANJA NA KARAKTERISTIČNEM  
PROFILU GOZDNE CESTE

M 1 : 50



#### a/ Premer minskih vrtin

Minske vrtine so vrtane z monoblok svedri premera 34 mm. Posebne zahteve, ki se postavljajo pri drobljenju hribine pri današnji tehniki gradnje gozdnih cest, narekujejo razmeroma gosto mrežo minskih vrtin manjšega premera. Vrtanje minskih vrtin z navedenim premerom je nekako ustaljeno v dejavnosti gozdnega gradbeništva.

#### b/ Smer vrtanja minskih vrtin

Vrtine so vrtane vertikalno, čeprav je iz teoretičnega vidika pravilno, da so minske vrtine za določen kot  $/10-15^{\circ}/$  nagnjene od vertikalne lege in sicer usmerjene proti smeri predvidenega odriva materiala  $/IVANETIČ, 23; RADANOVIČ, 46/$ . Nagnjenost vrtine namreč poveča učinkovitost mine in s tem znižuje specifično porabo razstreliva. Seveda pa je vrtanje minskih vrtin strogo pod določenim kotom mogoče izvajati le z vrtnim strojem na lafeti, nikakor pa ne z ročnim vrtnim strojem, katere največ uporabljajo na gradbiščih gozdnih prometnic. V pogojih kakršne srečujemo na obravnavanih trasah, zagovarjamo vertikalno smer vrtanja zaradi nalsednjih razlogov:

- Vrtine so kratke  $/0,8 - 1,5 \text{ m}/$  in zajemajo pretežno zgornjo, nehomogeno plast hribine, kjer prednosti nagnjenih vrtin ne bi prišle do popolne veljave.
- Pri vrtanju z ročnimi vrtnimi stroji brez podpornih nog ali lafet je mogoče paralelnost vrtin doseči le pri vertikalni smeri vrtanja. Paralelnost vrtin pa je pogoj za enakomernejše drobljenje.
- Vrtanje v vertikalni smeri mnogo manj utruja vrtalca in omogoča, da vrtalec preko ročajev izvaja večji pritisk na glavo svedra in s tem dosega večji učinek vrtanja.
- Pri vertikalnih vrtnah je lažje polnjenje vrtin z razstrelivom, ker se vrtine manj zasipavajo.

Iz navedenih razlogov so tudi vrtine ob odkopnih brežinah usmerjene vertikalno, razen pri večjih brežinah /nad 2 m/, kjer potekajo pod naklonom, ki ga zahteva predvidena odkopna brežina.

SCHILDER /50/ navaja rezultate poskusov pri gradnji gozdne ceste, kjer so vrtali po treh različnih sistemih in sicer: vertikalno, horizontalno in vertikalno v obliki klina ter horizontalno v obliki pahljače. Teren je bil zelo strm /okoli 90%/ , pri vrtanju so uporabljali podperne noge.

Rezultati poskusa so pokazali, da je bil od vseh sistemov vrtanja najugodnejši tisti, ko so minske vrtine zastavili vertikalno v treh vrstah. V primerjavi z vrtanjem po sistemu v obliki klina so bili stroški za samo vrtnje za 20% manjši, stroški za odstreljevanje so bili sicer za 25% večji, vendar skupni stroški celotnega miniranja so bili za 7,5 % nižji.

#### c/ Podvrtavanje

Minske vrtine po shemah geometrije miniranja segajo od 40 - 60 cm pod nivo planuma. Večje podvrtavanje je potrebno zaradi naslednjih vzrokov:

- ker karakteristični profil izkopa zajema zgornje, v glavnem nehomogene plasti hribine, želimo z globljimi vrtinami doseči enakomernejše drobljenje in zmanjšati zamudno in drago sekundarnost miniranja;
- pri zelo plitkih vrtinah želimo s podvrtavanjem doseči večjo dolžino čepa, kar poveča učinek mine in zmanjša poškodbe zaradi razmeta;
- ker je zgornji ustroj na gozdni cesti s trdno podlago razmerna zelo tanek, želimo s podvrtavanjem doseči intenzivnejše drobljenje v zgornjih plasteh pod nivojem planuma.

Zahteve o večjem podvrtavanju omenjajo tudi drugi avtorji. AUBÖCK /3/ navaja podatek, da so pri gradnji gozdne ceste, kjer so geološko podlago sestavljali filiti, vrtali minske vrtine 0,5 m pod planum. Tudi pri gradnji avtoceste na prehodnem kraškem terenu so pri plitkih usekih izvajali

dvakrat večje podvrtavanje kot je bilo potrebno po teoretičnem računu /IVANETIČ, 23 ; RADANOVIĆ, 46/.

Pri določanju globine podvrtavanja je potrebno biti posebno pazljiv pri vrtinah na zunanjem robu profila. Prav lahko se zgodi, da ima mina na zunanjem robu profila zaradi močnejše preperelosti hribine in dodatne proste ploskve premočan učinek in preveč poškoduje temeljno podlago za zunanji rob cestišča, kar neugodno vpliva na stabilnost ceste v strmem terenu. V kritičnih terenskih razmerah je globino robnih minskih vrtin potrebno določati za vsak odsek trase posebej, bolje je uporabljati krajše vrtine z manj polnjenja in pri tem žrtvovati nekaj več za sekundarno miniranje.

#### d/ Vrsta razstreliva

Pri odstreljevanju v terenih z več ali manj preperelim dolomitiziranim apnencem se je po dolgoletnih izkušnjah izkazalo, da je najbolj primerno uporabljati razstrelivo kamnilit I. Tudi sheme geometrije miniranja so sestavljene na podlagi uporabe te vrste razstreliva. Vse minske vrtine so po globini polnjene z istim razstrelivom zaradi praktičnosti dela na gradbišču. Pri trši in kompaktnjši kamnini ter pri globjih vrtinah bi veljalo preskušiti uporabo močnejših razstreliv /amonal/.

#### e/ Vrsta vžigal

Za aktiviranje minskega polja pri masovnem miniranju pridejo v poštev električni detonatorji ali detonatorska vrvica. Zaradi nižjih stroškov, predvsem pa zaradi večje varnosti so se pri delu na gradbiščih gozdnih prometnic uveljavili električni detonatorji in sicer TED in MSED. Številne prednosti pri uporabi MSED pa ni mogoče vselej izkoristiti v plitkih izkopih na trasah v gozdu. Na tem mestu bi omenili le dva vzroka, ki zmanjšujeta uporabnost MSED in to:

- nehomogenost zgornje plasti hribine onemogoča kontrolirano usmerjanje učinka detonacije, posebno v terenu z glinastimi žepi med kamnino;
- zaradi značilnega profila izkopa so minske vrtine neenakomerne tako po globini kot po razmaku v tlorisu, kar seveda otežkoča pravilno povezovanje posameznih min v skupino z isto oznako MSED.

Pri naših poskusih na terenu smo uporabljali TED in MSED, vendar ne moremo zanesljivo reči o prednosti MSED, ker se uspeh miniranja pač ne da eksaktno določiti in ker niso bili za poskus izbrani v ta namen primerni odseki.

Splošna ugotovitev bi bila v tem, da uporaba MSED pri gradnji gozdnih prometnic ni smotrna v naslednjih primerih:

- pri zelo plitkih vrtinah ( $a/w$  /manj kot 1,5 m/;
- kadar so vrtine v minskem polju tako razporejene, da je odnos  $a : w \geq 1$   
kjer pomeni:  $a$  - razmak med minami v minski vrsti,  
 $w$  - izbojnicā;
- kadar kamnina ni kompaktna in smeri delovanja detonacije ni mogoče zanesljivo predvideti.

Naj omenimo, da aktiviranje minskega polja z MSED zahteva večje strokovno znanje minerja in večjo pazljivost pri samem delu na gradbišču in da so MSED kar za 87 % dražji od TED.

f/ Normativi dolžine minskih vrtin po tekočem metru trase in kubiku izkopa

Na osnovi shem geometrije miniranja so bili za karakteristične profile na posameznih naklonih terena izračunani normativi za dolžine minskih vrtin po tekočem metru trase in kubiku izkopa /tabela št. 11/. Podatke smo prikazali tudi grafično /priloga št. 12/, kjer je iz poteka posamez-

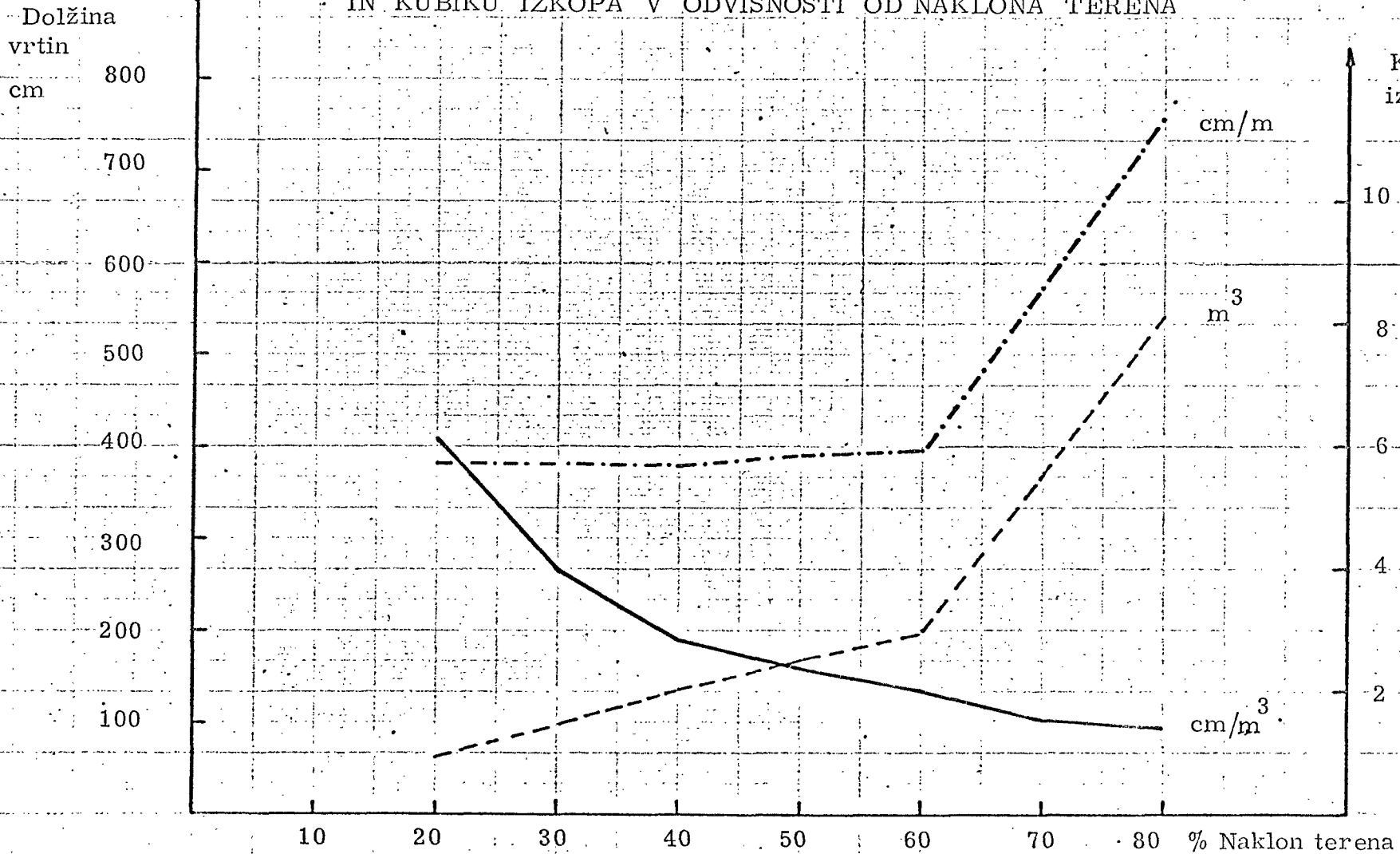


NORMATIVI DOLŽINE MINSKIH VRTIN PO TEKOČEM  
METRU TRASE IN KUBIKU IZKOPA

Tabela št. 11

Naklon terena	Kubatura izkopa	Vrsta minske vrtine	Koeffi- cient vrste	Dolžina minskih vrtin		
				na preč. profilu	po tek. met. tr.	po kub. izkopa
%	m <sup>3</sup>	-	-	cm	cm	cm
1	2	3	4	5	6	7
20	0,93	I.	0,95	95	90,3	410,5
		II.	1,11	80	88,8	
		III.	1,11	70	77,7	
		IV.	1,25	60	75,0	
		s.m.			50,0	
				Skup.	381,8	
30	1,44	I.	0,91	120	109,2	263,3
		II.	1,00	90	90,0	
		III.	1,00	70	70,0	
		IV.	1,00	60	60,0	
		s.m.			50,0	
				Skup.	379,2	
40	2,01	I.	0,91	150	136,5	188,2
		II.	1,11	105	116,5	
		III.	1,25	60	75,0	
		s.m.			50,0	
					Skup.	
50	2,51	I.	0,83	175	145,3	156,5
		II.	1,00	120	120,0	
		III.	1,11	70	77,7	
		s.m.			50,0	
					Skup.	
60	2,98	I.	0,74	215	159,1	132,6
		II.	0,83	140	116,2	
		III.	1,00	70	70,0	
		s.m.			50,0	
					Skup.	
70	5,51	I.	0,67	382	256,3	104,0
		II.	0,77	205	157,8	
		III.	0,91	120	109,2	
		s.m.			50,0	
					Skup.	
80	8,16	I.	0,59	450	265,5	93,8
		II.	0,67	300	201,0	
		III.	0,83	200	166,0	
		IV.	0,83	100	83,0	
		s.m.			50,0	
			Skup.	765,5		

NORMATIV DOLŽINE MINSKIH VRTIN PO TEKOČEM METRU TRASE  
 IN KUBIKU IZKOPA V ODVISNOSTI OD NAKLONA TERENA



nih krivulj jasno razvidno, kako je potrebna dolžina minskih vrtin močno odvisna od naklona terena. Normativ dolžine vrtin po kubiku izkopa z večanjem naklona terena parabolčno pada, kar je povsem razumljivo, ker kubatura z večanjem naklona terena zelo hitro narašča. Potek krivulje za normativ po tekočem metru trase ni tako enakomeren. Pri naklonu terena 60% ima krivulja oster lom. Vse do tega mesta je potek krivulje umirjen, kar pomeni, da se normativ z naklonom terena skoraj ne spreminja. Od mesta loma dalje se krivulja naglo dviga, kar lahko pojasnimo s položajem planuma v raščnem tlu. Do naklona terena 60% je bil planum za konstantno širino /275 cm/ položen v raščeno tlo, od te meje dalje pa je ta širina mnogo večja in sicer pri naklonu terena 70% znaša 350 cm, pri 80% pa 400 cm.

Normativ dolžine minskih vrtin po kubiku izkopa je pomemben parameter miniranja, saj najmočneje vpliva na stroške drobljenja kamnine. Lahko nam služi za primerjavo ekonomičnosti miniranja seveda pri primerjanju istih uspehov pri enako postavljenem cilju miniranja. Naši podatki, podani v tabeli št. 11, so razmeroma zelo visoki, posebno če jih primerjamo z normativi, dobljenih pri drugačni tehniki miniranja /masovno miniranje z globokimi minskimi vrtinami večjega premera/. Potrebno je pojasniti, da so normativi preračunani samo na tisto kubaturo izkopa, ki jo zahteva cestno telo, ne pa na kubaturo celotne razminirane kamnine. Prav zaradi plitkih izkopov, ki so specifičnost za gozdne ceste, odpade veliki delež vrtin na podvrtavanje.

V normativih so upoštevane tudi dolžine minskih vrtin potrebne za sekundarno miniranje. Obseg sekundarnega miniranja je bil na posameznih odsekih trase zelo različen in je bil predvsem odvisen od stanja kamnine. Na celotni dolžini vseh snemanih odsekov smo ugotovili, da je bilo za sekundarno miniranje potrebno v povprečju še 64 cm vrtin po tekočem metru trase. V teh podatkih so zajete tudi dolžine, nastale zaradi neustrezne geometrije pri vrtnanju na opazovanih deloviščih. Cenimo, da je v povprečnih terenskih razmerah in pri strokovnem delu potrebno dodati 50 cm vrtin

zaradi sekundarnega miniranja, kar smo upoštevali pri naših izračunih.

#### 4.4 Odstreljevanje

##### 4.4.1 Normativ razstreliva in vžigal po tekočem metru trase in kubiku izkopa

Na osnovi shem geometrije miniranja smo izračunali tudi specifično porabo razstreliva in vžigal po tekočem metru trase in kubiku izkopa. Podatki so za posamezni profil na določenem naklonu terena podani v tabeli št. 12 ter zaradi nazornosti še grafično prikazani v prilogi št. 13. Potek obeh krivulj je zelo podoben kot pri normativih minskih vrtin /priloga št. 12/ saj je polnitev razstreliva v minski vrtini približno sorazmerno odvisna od njene globine. V normativih je upoštevana tudi količina razstreliva, ki se porabi pri sekundarnem miniranju in to 15dkg po tekočem metru trase. Za aktiviranje sekundarnih min se običajno uporablja vžigalna kapica in počasi goreča vžigalna vrstica.

Tudi specifična poraba razstreliva v primerjavi s podatki, ki so navedeni v splošnih gradbenih normah, je precej visoka. Vzroki so isti, kot so navedeni za normative minskih vrtin.

##### 4.4.2 Struktura delovnega časa minerja

V okviru naših proučevanj nas je zanimala poraba časa minerja za posamezna opravila pri odstreljevanju, ker smo na ta način želeli dobiti podatke za časovno usklajevanje posameznih delovnih operacij pri gradnji spodnjega ustroja gozdne ceste. Na osnovi terenskih snemanj smo izračunali povprečne časovne vrednosti za posamezne postopke in sicer preračunane na eno mino. Podatki so navedeni v spodnji tabeli.

NORMATIV RAZSTRELIVA IN VŽIGAL PO TEKOČEM  
METRU TRASE IN KUBIKU IZKOPA

Tabela št. 12

Nakl. ter.	Vrsta min. vrtin	Koef. vrste	Poraba razstr. po profilu	Normativ po tek. met. trase		Kubatura izkopa	Normativ po kubiku izkopa	
				Razstr.	Vžigala		Razstr.	Vžigala
%	-	-	dkg	dkg	kom	m <sup>3</sup>	dkg	kom
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	I.	0,95	30,0	28,50	0,95	0,93	121,40	4,75
	II.	1,11	20,0	22,20	1,11			
	III.	1,11	20,0	22,20	1,11			
	IV.	1,25	20,0	25,00	1,25			
	s.m.			15,00				
				112,90	4,42			
30	I.	0,91	40,0	36,40	0,91	1,14	106,49	3,43
	II.	1,00	30,0	30,00	1,00			
	III.	1,00	20,0	20,00	1,00			
	IV.	1,00	20,0	20,00	1,00			
	s.m.			15,00				
				121,40	3,91			
40	I.	0,91	50,0	45,50	0,91	2,01	61,87	1,63
	II.	1,11	35,0	38,85	1,11			
	III.	1,25	20,0	25,00	1,25			
	s.m.			15,00				
					124,35			
50	I.	0,83	60,0	49,80	0,83	2,51	50,60	1,17
	II.	1,00	40,0	40,00	1,00			
	III.	1,11	20,0	22,20	1,11			
	s.m.			15,00				
					127,00			
60	I.	0,74	80,0	59,20	0,74	2,98	45,54	0,86
	II.	0,83	50,0	41,50	0,83			
	III.	1,00	20,0	20,00	1,00			
	s.m.			15,00				
					135,70			
70	I.	0,67	130,0	87,00	0,67	5,51	33,25	0,43
	II.	0,77	70,0	53,90	0,77			
	III.	0,91	30,0	27,30	0,91			
	s.m.			15,00				
					183,20			
80	I.	0,59	180,0	106,20	0,59	8,16	33,04	0,36
	II.	0,67	110,0	73,70	0,67			
	III.	0,83	60,0	49,80	0,83			
	IV.	0,83	30,0	24,90	0,83			
	s.m.			15,00				
				269,60	2,92			

NORMATIV RAZSTRELIVA IN VŽIGAL PO TEKOČEM METRU TRASE  
IN KUBIKU IZKOPA V ODVISNOSTI OD NAKLONA TERENA

Poraba  
razstreliva  
dkg 300

Poraba  
vžigal  
6 kom

250

dkg/m

200

150

100

50

5  
4  
3  
2  
1

kom/m

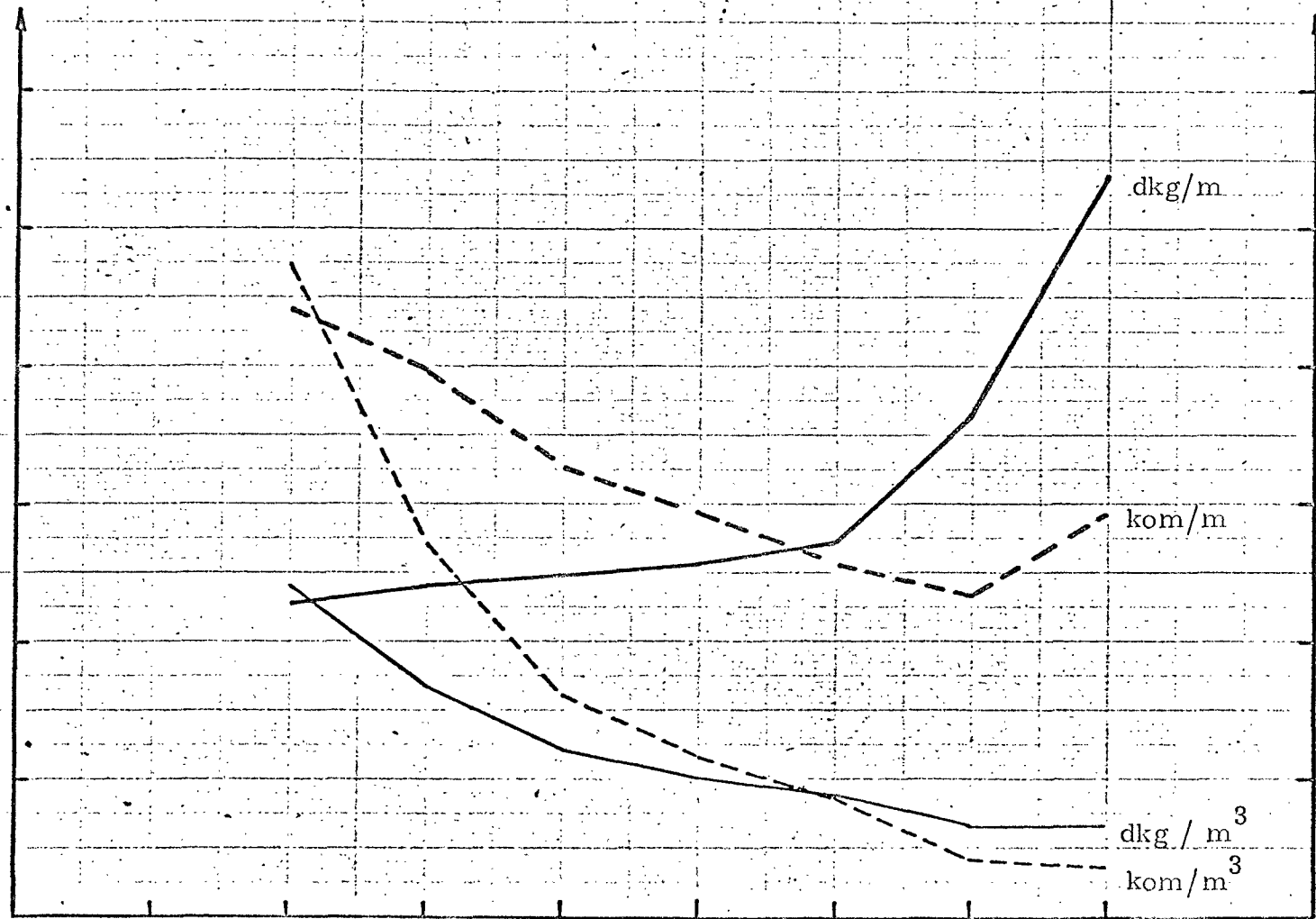
dkg / m<sup>3</sup>

kom/m<sup>3</sup>

10 20 30 40 50 60 70 80 % Naklon terena

Priloga št. 13

-73-



## Delo minerja za eno mino

Tabela št. 13

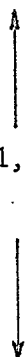
Način aktiviranja	Poraba časa minerja za eno mino						Povprečna globina min. vrtine	
	P o s t o p k i							Vsota časov brez polnjenja
	Donašanje	Pripr. vžigal	Polnjenje	Veza-nje	Vžig	Ogled		
M i n u t e							cm	
elektr.	0,19	0,07	0,70	0,76	0,10	0,10	1,22	101
posamič	0,36	0,38	1,12	-	0,55	0,60	1,89	56

Čas polnjenja je odvisen od količine razstreliva v eni mini ter od dolžine in kvalitete nabijanja čepa. Pri snemanjih pri praktičnem delu minerjev smo ugotovili razmeroma majhno porabo časa za polnjenje vrtin. Premalo časa so porabili za izdelavo solidnega čepa. Čepi so bili mnogo prekratki in še slabo nabiti.

Pri minerjevem delu na poskusnem odseku smo ugotovili, da se na eno mino v ciklusu enega odstrela, odvisno od globine minske vrtine, v povprečju porabi naslednji čas:

## Poraba časa za polnjenje ene mine

Tabela št. 14

Globina minske vrtine	Poraba časa na eno mino		
	Polnjenje vrtin	Konstantni čas	Skupni čas
cm	m i n u t e		
50	0,8	 1,2	2,0
100	1,5		2,7
150	2,0		3,2
200	2,4		3,6
250	2,8		4,0
300	3,2		4,4
350	3,6		4,8
400	4,0		5,2
450	4,4		5,6

ČAS ZA DELO MINERJA PO TEKOČEM METRU TRASE IN KUBIKU IZKOPA

Tabela št. 15

Nakl. ter.	Čas za delo minerja										Dodatni čas	Skupni čas po tek.met. trase	Kuba- tura izko- pa	Skupni čas po kubiku izkopa	
	pri globinah vrtine														
	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm	250 cm	300 cm	350 cm	400 cm	450 cm	sek. min.	Skupaj				
%	m i n u t e											m <sup>3</sup>	min		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20	4,72	5,56								2,0	12,28	1,23	13,51	0,93	14,53
30	4,00	5,16								2,0	11,16	1,12	12,28	1,44	8,53
40	2,50	2,99	2,91							2,0	10,40	1,04	11,44	2,01	5,69
50	2,22	2,70	2,66							2,0	9,58	0,96	10,54	2,51	4,20
60	2,00		2,66	2,66						2,0	9,32	0,93	10,25	2,98	3,44
70		2,46		2,77				3,48		2,0	10,71	1,07	11,78	5,51	2,14
80		2,24		2,99		2,95			3,30	2,0	13,48	1,35	14,83	8,16	1,82



PORABA ČASA ZA DELO MINERJA PO TEKOČEM METRU TRASE / A /  
IN KUBIKU IZKOPA / B / V ODVISNOSTI OD NAKLONA TERENA

Delovni čas

min

16

14

12

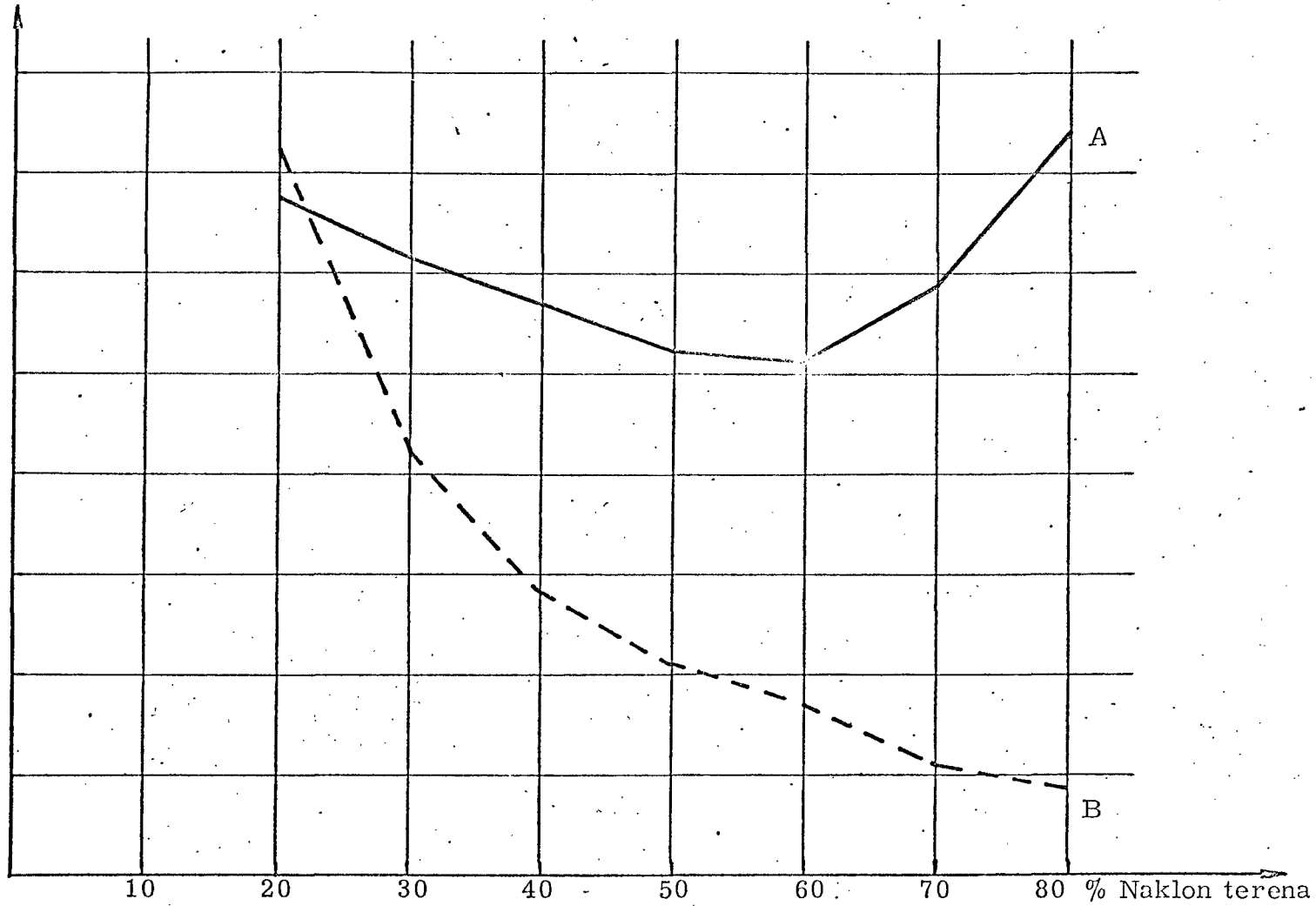
10

8

6

4

2



Iz podatkov v zgornji tabeli ter na osnovi shem geometrije miniranja smo izračunali potrebni čas za minerjevo delo po tekočem metru trase na posameznem profilu pri določenem naklonu terena. Zbrani podatki so podani v tabeli št. 15 in grafično prikazani na prilogi št. 14.

#### 4.5 ODVISNOSTI STROŠKOV DROBLJENJA OD NAKLONA TERENA

Celokupni stroški drobljenja so sestavljeni iz stroškov vrtanja in stroškov odstreljevanja. V nadaljnjem bomo proučili, kako so posamezni stroški odvisni od naklona terena.

##### a/ Stroški vrtanja

Da bi ugotovili stroške vrtanja, smo napravili kalkulacijo cene za vrtanje z vrtnim strojem, ki ga najpogosteje uporabljajo na gradbiščih gozdnih prometnic in sicer za vrtno kladivo RK-18, priključeno na kompresor FAGRAM 700. Podatki za elemente kalkulacije so zbrani na osnovi internih kalkulacij na gradbenih obratih gg Bled in gg Ljubljana, denarne vrednosti veljajo po stanju 1. oktobra 1973.

Osnovni podatki za elemente kalkulacije:

- Nabavna cena kompresorja: 62.150.- din, življenska doba 10.000 obratovalnih ur oz. doba trajanja 9 let.
- Nabavna cena vrtnega kladiva : 1.676.- din, življenska doba 3.600 obr. ur ali doba trajanja 3 leta.
- Nabavna cena vrtnih svedrov: od 123 - 229 din glede na dolžino, življenska doba 200 obratovalnih ur. Poraba svedrov posamezne dolžine je izračunana na osnovi deleža pri vrtanju.
- Nabavna cena pretočne cevi: 14.- din/m, življenska doba 2.400 obr. ur. V kalkulaciji je upoštevana dolžina 90 m.

- Letna premija za zavarovanje celotne vrtalne garniture znaša 1.000.- din.
- Število obratovalnih ur kompresorja na leto: 1.200 ur.
- Osebni stroški strojnika, ki je obenem tudi vrtalec: 31,54 din na delovno uro ali 39,42 din na obratovalno uro stroja, kjer so vračunani vsi terenski dodatki in splošni stroški gradbenega obrata. Na istem vrtalnem kladivu dela še vrtalec, katerega delovna ura znaša 29,04 din ali 36,30 din na obratovalno uro stroja.

Na osnovi znane metodike /TURK, 58/ je bila izračunana cena vrtnanja, ki znaša 106,16 din na obratovalno uro. Naj omenimo, da navedena cena vrtnanja velja le za delo gradbenega obrata v okviru svojega območja, je torej interna cena, kjer ni upoštevan faktor podjetja.

Iz podatkov o porabi časa za vrtnanje /tabela št. 16a, b/ ter z upoštevanjem kalkulativne cene vrtnanja smo izračunali stroške vrtnanja. Račun je bil izdelan za stroške vrtnanja po tekočem metru trase in po kubiku izkopa, vrednosti so navedene v tabeli št. 18. Na grafikonu /priloga št. 15/ iz poteka krivulje zasledujemo odvisnost stroškov vrtnanja od spreminjanja naklona terena. Na položnejših terenih vse do naklona 60%, se stroški vrtnanja po tekočem metru trase bistveno ne spreminjajo. Skokovito naraščanje pa zasledimo nad tem naklonom. Pri naklonu 80% se stroški že podvojijo. Stroški vrtnanja po kubiku izkopa pa z večanjem strmine parabolično padajo.

#### b/ Stroški odstreljevanja

Za račun stroškov odstreljevanja so nam služili podatki o normativih razstrelilnih sredstev in cene razstrelilnih sredstev. Pri nabavnih cenah razstrelilnih sredstev po stanju 1. okt. 1973 smo upoštevali še 10% manipulacijskih stroškov /transport in skladiščenje/. Strošek za delo minerja je vračunan v režijskih stroških gradbenega obrata. Celotni izračun stroškov odstreljevanja, ločeno prikazan za razstrelivo in vžigala, je podan v tabeli št. 19 a in b. Krivulja, ki prikazuje odvisnost teh stroškov od na-

ČASI VRTANJA PO TEKOČEM METRU TRASE IN KUBIKU IZKOPA

Tabela 16 a

Naklon terena	Vrsta min. vrtine	Koeficient vrste	Č a s v r t a n j a							Po tek. metru trase	Dodatni čas	Skupni čas vrtanja po tek. metr. tr.	Kub. izkopa	Skupni čas vrtanja po kub. izkopa
			po vrtni s. svedrom											
			80 cm	160 cm	240 cm	320 cm	400 cm	4 m	sku-paj					
%	-	-	m i n u t e							m <sup>3</sup>	min			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
20	I.	0,95	5,03	1,49					6,25	6,19				
	II.	1,11	5,03						5,03	5,58				
	III.	1,11	4,56						4,56	5,58				
	IV.	1,25	4,09						4,09	5,12			0,93	35,54
	s.m.	1,00	3,63						3,63	3,63				
									Skup.	26,11	6,94	33,05		
30	I.	0,91	5,03	2,97					8,00	7,28				
	II.	1,00	5,03	1,19					6,22	6,22				
	III.	1,00	4,56						4,56	4,56				
	IV.	1,00	4,09						4,09	4,09			1,44	22,67
	s.m.	1,00	3,63						3,63	3,63				
									Skup.	25,78	6,85	32,65		
40	I.	0,91	5,03	4,75					9,78	8,90				
	II.	1,11	5,03	2,08					7,11	7,89				
	III.	1,25	4,09						4,09	5,13				
	s.m.	1,00	3,63						3,63	3,63			2,01	16,08
										Skup.	25,55	6,79	32,34	
50	I.	0,83	5,03	5,34	1,65				12,03	9,98				
	II.	1,00	5,03	2,97					8,00	8,00				
	III.	1,11	4,56						4,56	5,06				
	s.m.	1,00	3,63						3,63	3,63			2,51	13,45
										Skup.	26,67	7,09	33,78	

ČASI VRTANJA PO TEKOČEM METRU TRASE IN KUBIKU IZKOPA

Tabela št. 16 b

Naklon terena	Vrsta min. vrtine	Koefficient vrste	Č a s v r t a n j a								Dodatni čas	Skup. čas vrt. po tek. met. tr.	Kub. izkopa	Skup. čas vrt. po kub. izkopa	
			po vrtini s svodrom												po tek. met. trase
			80 cm	160 cm	240 cm	320 cm	400 cm	480 cm	skupaj						
%	-	-	m i n u t e								m <sup>3</sup>	min			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
60	I.	0,74	5,03	5,34	4,48				14,86	10,99					
	II.	0,83	5,03	4,15					9,18	7,64					
	III.	1,00	4,56						4,56	4,56			2,98	11,39	
	s.m.	1,00	3,63						3,63	3,63					
									Skup.	26,82	7,12	33,94			
70	I.	0,91	5,03	5,34	6,25	6,96	4,96		28,55	25,99					
	II.	0,77	5,03	5,34	3,78				14,15	10,89			5,51	10,54	
	III.	0,67	5,03	2,97					8,00	5,36					
	s.m.	1,00	3,63						3,63	3,63					
									Skup.	45,87	12,19	58,07			
80	I.	0,59	5,03	5,34	6,25	6,96	7,58	6,65	37,83	22,34					
	II.	0,67	5,03	5,34	3,77	5,37			19,52	13,08					
	III.	0,83	5,03	5,34	3,26				13,64	11,32			8,16	8,68	
	IV.	0,83	5,03	1,78					6,81	5,65					
	s.m.	1,00	3,63						3,63	3,63					
								Skup.	56,02	14,88	70,90				

ČASI ČISTEGA VRTANJA PO TEKOČEM METRU TRASE IN KUBIKU  
IZKOPA

Tabela št. 17

Nakl. ter.	Vrsta min vrtin	Koef. vr- ste	Čas čist. vrtanja		Čas skup- nega vr- tanja po tek. met. trase	Delež čist. vrt.	Kub. izko- pa	Čas čist. vrtanja po kub. izkopa
			po vr- tini	po tek. met. tra- se				
%	-	-	min	min	min	%	m <sup>3</sup>	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	I.	0,95	4,33	4,11	33,05	50,9	0,93	18,12
	II.	1,11	3,49	3,88				
	III.	1,11	3,05	3,39				
	IV.	1,25	2,62	3,27				
	s.m.	1,00	2,18	2,18				
				<u>16,85</u>				
30	I.	0,91	5,72	5,20	32,65	52,4	1,44	11,89
	II.	1,00	4,05	4,05				
	III.	1,00	3,05	3,05				
	IV.	1,00	2,62	2,62				
	s.m.	1,00	2,18	2,18				
				<u>17,12</u>				
40	I.	0,91	7,38	6,72	32,34	53,5	2,01	8,61
	II.	1,11	4,88	5,42				
	III.	1,25	2,62	3,27				
	s.m.	1,00	2,18	2,18				
50	I.	0,83	8,93	7,41	33,78	55,4	2,51	7,46
	II.	1,00	5,72	5,72				
	III.	1,11	3,05	3,39				
	s.m.	1,00	2,18	2,18				
60	I.	0,74	11,58	8,57	33,94	57,4	2,98	6,54
	II.	0,83	6,83	5,67				
	III.	1,00	3,05	3,05				
	s.m.	1,00	2,18	2,18				
70	I.	0,67	25,17	16,86	58,07	56,2	5,51	5,93
	II.	0,77	10,92	8,41				
	III.	0,91	5,72	5,20				
	s.m.	1,00	2,18	2,18				
80	I.	0,59	31,99	18,87	70,90	62,0	8,16	5,39
	II.	0,67	15,39	10,31				
	III.	0,83	10,59	8,79				
	IV.	0,83	4,60	3,82				
	s.m.	1,00	2,18	2,18				
				<u>43,99</u>				

## STROŠKI VRTANJA PO TEKOČEM METRU TRASE IN KUBIKU IZKOPA

Tabela št. 18

Naklon terena	Kubatura izkopa	Obratovalni čas po tek. metru trase	Stroški vrtanja	
			po tek. met. trase	po kub. izkopa
%	m <sup>3</sup>	ure	din/m'	din/m <sup>3</sup>
1	2	3	4	5
20	0,93	0,435	46,18	49,66
30	1,44	0,430	45,65	31,70
40	2,61	0,426	45,22	22,50
50	2	0,445	47,24	18,82
60	2,98	0,447	47,45	15,93
70	5,51	0,763	81,00	14,70
80	8,16	0,934	99,15	12,15

## STROŠKI RAZSTRELIVA IN VŽIGAL PO TEKOČEM METRU TRASE IN KUBIKU IZKOPA

Tabela št. 19 a

Naklon terena	Kub. izkopa	Razstrelivo				Vžigala					Stroški skupaj	
		Normativ	Cena	Stroški		Vrsta	Normativ	Cena	Stroški		po tek. met. trase	po kub. izkopa
				po tek. met. tr.	po kub. izkopa				po tek. met. tr.	po kub. izkopa		
%	m <sup>3</sup>	kg/m'	din/kg	din	din	-	kom/m	din	din	din	din	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	0,93	1,129	6,71	7,58	8,14	TED vž. kap. vž. vrh.	4,42	1,87	8,26	8,89	17,34	18,65
							1,0	0,77	0,77	0,83		
						1 m	0,73	0,73	0,73	0,78		
							Skup.		9,76	10,50		
30	1,44	1,214	6,71	8,15	5,65	TED	3,91	1,87	7,31	5,07	16,96	11,78
							1,0	0,77	0,77	0,53		
						1 m	0,73	0,73	0,73	0,50		
							Skup.		8,81	6,10		
40	2,01	1,244	6,71	8,35	4,15	TED	3,27	1,87	6,11	3,04	15,96	7,94
							1,0	0,77	0,77	0,38		
						1 m	0,73	0,73	0,73	0,36		
							Skup.		7,61	3,78		
50	2,51	1,270	6,71	8,52	3,39	TED	2,94	1,87	5,49	2,19	15,52	6,18
							1,00	0,77	0,77	0,30		
						1 m	0,73	0,73	0,73	0,29		
							Skup.		6,99	2,78		



## STROŠKI RAZSTRELIVA IN VŽIGAL PO TEKOČEM METRU TRASE IN KUBIKU IZKOPA

Tabela št. 19 b

Nakl. ter.	Kub. izkopa	Razstrelivo				Vžigala					Stroški skup.	
		Normativ	Cena	Stroški		Vrsta	Normativ	Cena	Stroški		po tek. met. trase	po kub. izkopa
				po tek. met. tr.	po kub. izkopa				po tek. met. tr.	po kub. izkopa		
%	m <sup>3</sup>	kg/m'	din/kg	din	din	-	kom/m'	din	din	din	din	din
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
60	2,98	1,357	6,71	9,11	3,05	TED vž. kap. vž. vrč.	2,57 1,0 1 m	1,87 0,77 0,73	4,80 0,77 0,73	1,61 0,26 0,24	15,41	5,17
								Skup.	6,30	2,11		
70	5,51	1,832	6,71	12,29	2,23	TED	2,35 1,0 1 m	1,87 0,77 0,73	4,39 0,77 0,73	0,79 0,14 0,13	18,19	3,30
								Skup.	5,89	1,06		
80	8,16	2,696	6,71	18,09	2,21	TED	2,92 1,0 1 m	1,87 0,77 0,73	5,46 0,77 0,73	0,66 0,09 0,09	25,05	3,07
								Skup.	6,96	0,84		

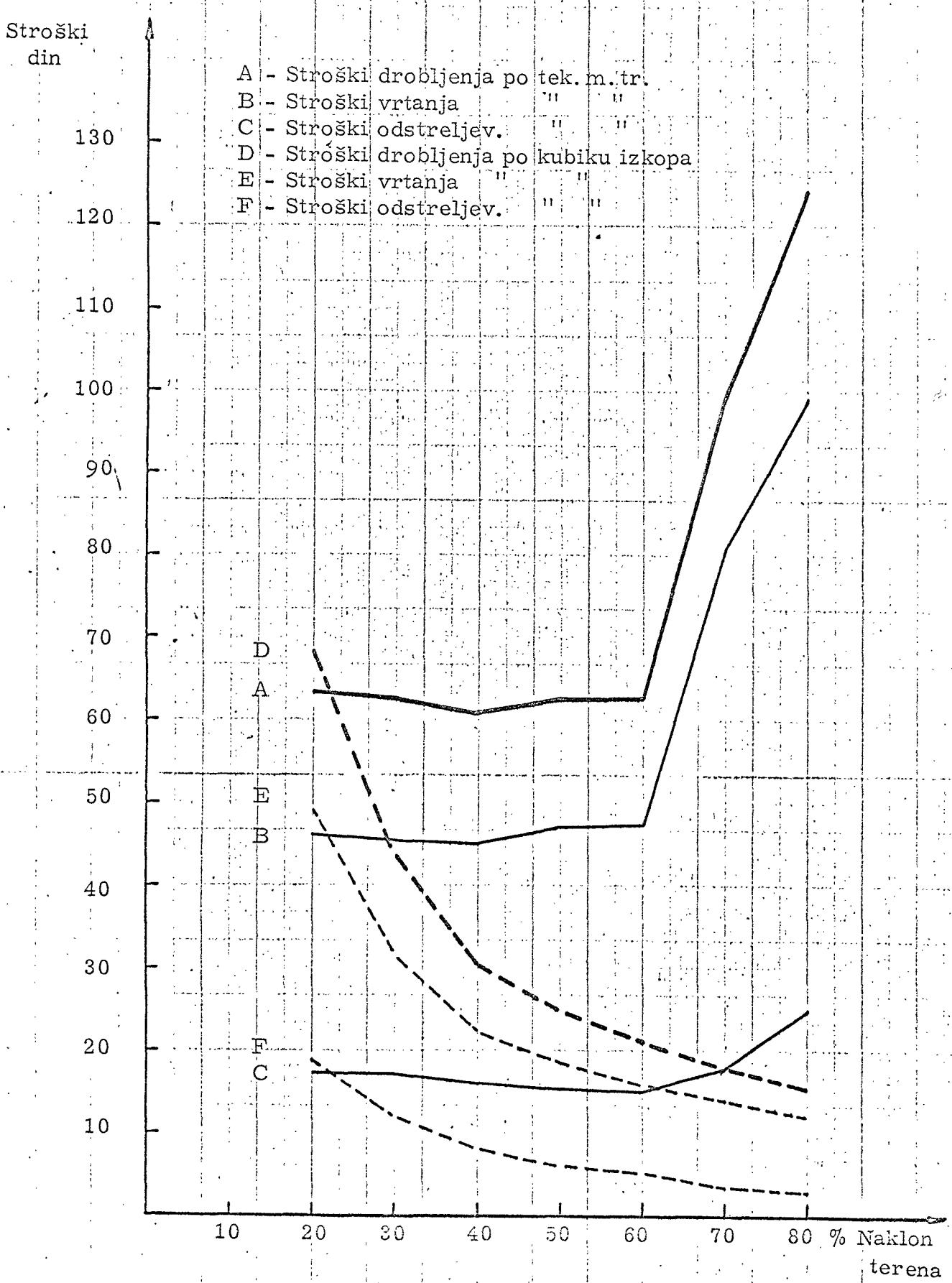
klona terena, je zarisana v grafikonu na prilogi št. 15.

c/ Skupni stroški drobljenja

Seštevek stroškov vrtanja in odstreljevanja nam da skupni strošek drobljenja, kar je grafično prikazano na prilogi št. 15. Potek krivulje skupnih stroškov, ki nakazuje odvisnost med stroški drobljenja in naklonom terena, je zelo podobna poteku krivulje za vrtanje. Pomembna je ugotovitev, da stroški drobljenja po tekočem metru trase niso bistveno odvisni od naklona terena na položnejših terenih vse do strmine 60%, od tega naklona dalje pa stroški zelo hitro naraščajo. Izraziti lom krivulje pri naklonu terena 60% je lahko dobro opozorilo traserju, kje je meja za racionalno polaganje tras na pobočju in s kakšnim povečanjem stroškov mora računati, če je traso iz kakršnihkoli razlogov položil na zelo strm teren.

Pomembno je ugotoviti tudi delež stroškov vrtanja in odstreljevanja v skupnih stroških. Pri naklonu terena 40%, ki ga lahko vzamemo kot povprečni naklon v obravnavanem območju, odpade na stroške vrtanja kar 74% in na stroške odstreljevanja le 26% od skupnih stroškov drobljenja hribine. Tako veliki delež stroškov vrtanja nujno sili organizatorja dela na terenu, da išče boljše rešitev v pripravi in samem poteku dela na gradbišču ter v tehničnih izboljšavah delovnega orodja in strojev.

### ODVISNOST STROŠKOV DROBLJENJA OD NAKLONA TERENA



## 5. ODRIV RAZDROBLJENE HRIBINE

V tem poglavju bomo le v osnovnih obrisih obravnavali delo na trasi gozdne ceste pri odzivu razdrobljene hribine in oblikovanju spodnjega ustroja. Problematika o izvajanju spodnjega ustroja v terenu s trdno podlago je razmeroma obsežna, zahtevala bi samostojno in poglobljeno proučevanje. V okviru naše naloge bomo ta dela zajeli le v tisti meri, kolikor je potrebno za dopolnitev najzahtevnejše faze dela, to je drobljenja. Želimo okvirno odgovoriti na osnovna vprašanja, koliko časa je v povprečnih terenskih razmerah potrebno za odziv in koliko je ta čas odvisen od naklona terena. Nadalje nas bo zanimalo, kolikšni so stroški odziva v primerjavi s stroški drobljenja.

### 5.1 ANALIZA DELOVNEGA ČASA PRI DELU Z BULDOŽERJEM

Da bi dobili strukturo delovnega časa pri delu z buldožerjem, kot osnovnim strojem za izvajanje zemeljskih del, smo opravili na dveh gradbiščih 5 celodnevni snemanj. Srednje vrednosti zbranih podatkov so podane v spodnji tabeli.

Elementi delovnega časa pri delu z buldožerjem

Tabela št. 20

Elementi delov. časa	Čas trajanja	Delež v del. dnevu
	min	%
- Pripravljalni čas	18	3,8
- Odmori	45	9,5
- Zastoji zaradi odstrel.	20	4,1
- Zastoji zaradi neprip. gradbišča	180	37,5
- Premiki stroja	14	2,9
- Nenamensko delo	23	4,8
- Namensko delo	179	37,4
Skupaj	479 min	100,0%

Kratka razčlenitev posameznih elementov delovnega časa strojnika pri buldožerju nam pokaže tole:

- P r i p r a v l j a l n i č a s je v povprečju trajal 18 minut in tolikšnega smo upoštevali tudi pri strukturi 8 urnega delovnega časa. Trajanje zaključnega časa pri naših snemanjih nismo mogli ugotoviti. Večinoma gradbeni obrati priznavajo strojniku na dan 1 uro za čiščenje stroja in manjša popravila, kar dejansko spada med zaključni čas. Priznani zaključni čas smo upoštevali pri kalkulaciji cene strojne ure za buldožer.
  
- O d m o r i. Pri snemanjih dobljeni časi za odmore so razmerna kratkotrajni /9,5% delovnega časa/, če upoštevamo, da je delo strojnika na buldožerju zelo naporno in tudi nevarno opravilo. Na ozki trasi gozdne ceste je strojnik v nenehni nevarnosti, da bo s strojem zdrknil po pobočju, kar niso redki primeri v praksi. Prenašati mora močne vibracije zaradi delovanja motorja in neenakomerne sunke pri samem delu na kamniti podlagi.  
Trajanje odmora pri naših snemanjih nam daje povsem napačno sliko, kar predstavlja pretežno le glavni odmor vseh delavcev na gradbišču, medtem ko je odmor med samim delom zajet v številnih in dolgotrajnih zastojih, ko se je strojnik lahko odpočil. V literaturi nismo zasledili podatkov o podrobnejšem proučevanju dela z buldožerjem v podobnih razmerah, kot vladajo na trasah gozdnih prometnic. Smatramo, da je za odmore med delom strojnika na buldožerju potrebno 15% od produktivnega časa, kar smo upoštevali v naših izračunih.
  
- Z a s t o j i z a r a d i o d s t r e l j e v a n j a so skupno trajali od 12-36 minut /povprečno 20 minut/, kar zopet kaže na slabo vsklajenost celotnega poteka dela na gradbišču.

- Z a s t o j i   z a r a d i   n e p r i p r a v l j e n o s t i  
g r a d b i š č a   s o   p o v p r e č n o   v   d e l o v n e m   d n e v u   t r a j a l i   k a r  
3 ure, oziroma prav toliko kot namensko delo. Ti dolgotrajni  
zastoji so nastajali zaradi premajhne kapacitete vrtnih stro-  
jev, zato vrtalci niso mogli pravočasno pripraviti dovolj dol-  
gega odseka trase za nadaljnje delo buldožerja. Popolno uskla-  
jenost kapacitet posameznih strojev, v našem primeru vrtnih  
strojev in buldožerja, je na trasi na razgibanem terenu zelo  
težko doseči, vendar pa je z dobro pripravo dela mogoče mar-  
sikalj vnaprej predvideti in potem pravočasno ukrepati.
  
- P r e m i k i   s t r o j a .   V   d e l o v n e m   d n e v u   s m o   u g o t o v i l i  
povprečno po 3 daljše premike buldožerja /skupaj porabljeno  
14 minut/. Vzroki za premik so bili zelo različni /polnjenje  
goriva, manjša opravila vzdolž trase itd./.
  
- N e n a m e n s k o   d e l o   z a j e m a   č a s ,   k o   b u l d o ž e r   o p r a v l j a  
različna pomožna dela na gradbišču in niso v neposredni zvezi  
z odzivom ali izravnavo planuma. V največ primerih je šlo  
za premik kompresorjev na samem delovišču na ugodnejše de-  
lovno mesto ali zaradi zavarovanja kompresorjev pri odstre-  
ljevanju.
  
- N a m e n s k o   d e l o   z a j e m a   č a s ,   k o   b u l d o ž e r   d e j a n s k o  
izvršuje osnovno nalogo pri oblikovanju spodnjega ustroja.  
Pri naših snemanjih smo ugotovili zelo nizek odstotek časa za  
namensko delo v delovnem času /povprečno le 37,4 %/, kar  
je posledica nesorazmerno velikih deležev ostalih časovnih  
elementov. Nizek odstotek glavnega časa kaže na slabo izko-  
riščenost sicer dragega stroja:

Na osnovi podatkov terenskih snemanj smo sestavili strukturo 8-urnega delovnega časa za delo buldožerja pri izvedbi spodnjega ustroja v kamnitem terenu.

- Delovni čas	480 min
- Redni predpisani odmor	30 min
- Pripravljalni in zak. čas	18 min
- Objektivni zastoji /15% od namenskega dela/	45 min
- Odmori med namenskim delom /15% od namenskega dela/	45 min
Skupaj potrebni neproduk. čas	138 min
- Produktivni čas:	
- glavni čas /namensko delo/	304 min
- pomožni čas /nenamensko delo/	38 min
Skupaj produktivni čas	342 min

V 8 urnem delovnem času odpade na produktivni čas 71%, če pa upoštevamo čas za namensko delo, je tega le 63%. V praksi rešujemo nizko izkoriščenost buldožerja na ta način, da v poletnih mesecih podaljšujemo delovni čas na 10 ur in tudi več.

## 5.2 UČINEK BULDOŽERJA

Učinek buldožerja pri gradnji gozdne ceste je odvisen od številnih dejavnikov, od katerih bi na tem mestu omenili samo 3 najpomembnejše skupine:

- tehnične lastnosti stroja
- strokovnost in prizadevnost strojnika
- delovne razmere na gradbišču

a/ Tehnične lastnosti stroja

Znano je, da bo ekonomski učinek največji takrat, kadar bomo pri določenih delovnih razmerah uporabili najustreznejši stroj. Za zemeljska dela na terenih s trdno podlago so se uveljavili srednje močni buldožerji /moč motorja 80-100 KM/, ki jih zaradi možnosti sukanja odrivne deske glede na vzdolžno os imenujemo angledozerje. V zadnjih nekaj letih gre tehnika gradnje gozdnih cest pri zemeljskih delih v novo smer in sicer delo buldožerja zamenjuje traxcavator z močnejšim motorjem. Izkušnje kažejo, da je novi stroj na trasi mnogo bolj prilagodljiv in učinkovit (SCHNEIDER, 51). Na gradbiščih naših gozdnih prometnic novi stroj še ni bil uporabljen.

V posebnih terenskih razmerah /močnejše preperete kamnine, položnejši teren/ bi veljalo tudi pri gradnji gozdnih cest uporabljati močnejše buldožerje z ripperji, ker bi s tako tehniko dela v veliki meri zmanjšali potrebo po predhodnem drobljenju.

b/ Stokovna usposobljenost in prizadevnost strojnika

Odveč bi bilo na tem mestu pojasnjevati, da je za uspešno delo buldožerja odločilnega pomena dober strojnik, kar posebno velja na trasah gozdnih cest v razgibanem terenu. To spoznanje se je že dostikrat očitno pokazalo v praksi pri najemanju tujih strojev, ko se sicer strokovno izvežbani strojnik za obsežnejša dela v ravninskih predelih ni znašel na gradbišču v gozdu, ki ima povsem svoje specifičnosti.

c/ Delovne razmere na gradbišču

Omenili bomo le najpomembnejše značilnosti, ki nastopajo na gradbiščih gozdnih cest:



- **T r a n s p o r t n a r a z d a l j a**, to je razdalja na katero buldožer odriva material, močno vpliva na učinek stroja. Največji učinek doseže pri transportni razdalji 12-15 m, ker je to obenem najugodnejša razdalja za izkop in prečni odriv. V literaturi /HAFNER, 17/ najdemo podatke o odvisnosti med učinkom buldožerja in transportno razdaljo. Na gradbiščih, kjer so potekala naša snemanja, je buldožer izvajal le prečni transport, zato vpliv transportne razdalje na učinek nismo posebej proučevali.
  
- **P o d o l ž n i n a k l o n t r a s e** ima tudi zelo močan vpliv na učinek in sicer zavisi od tega, ali buldožer odriva material navzgor ali navzdol. Glede podatkov o odvisnosti med učinkom stroja in podolžnim naklonom trase se moramo zadovoljiti s tujo literaturo. HAFNER (17) navaja, da se učinek srednje težkega buldožerja pri delu navzdol poveča za 4-8% za vsak % padca trase, medtem ko se pri delu navzgor za vsak % vzpona učinek zmanjša 2-4%. Seveda so to povprečne vrednosti, kjer je potrebno upoštevati še vrsto in granulacijo materiala.
  
- **K o l i č i n a i z k o p a p o k v a d r a t n e m m e t r u p l a n u m a**. Pri naših proučevanjih smo ugotovili, da obstaja določena odvisnost med učinkom buldožerja in količino izkopa po kvadratnem metru planuma, pri tem mislimo na kvadratni meter planuma v raščnem tlu. V literaturi, kolikor nam je poznana, tega vprašanja nismo zasledili.

Količina izkopa po tekočem metru trase se pri isti širini planuma v raščnem tlu spreminja le s spreminjanjem naklona terena. Ker pa se na razgibanem terenu pri istem naklonu terena spreminja tudi širina planuma v raščnem tlu, se zato

vzdolž trase neprestano spreminja količina izkopa tako po tekočem metru trase kot po kvadratnem metru planuma. Rezultati naših sicer maloštevilnih terenskih snemanj kažejo, da učinek buldožerja pri enaki kubaturi izkopa po tekočem metru ni enaka, ampak zavisi od kubature izkopa po kvadratnem metru planuma, kar je razvidno iz spodnje tabele.

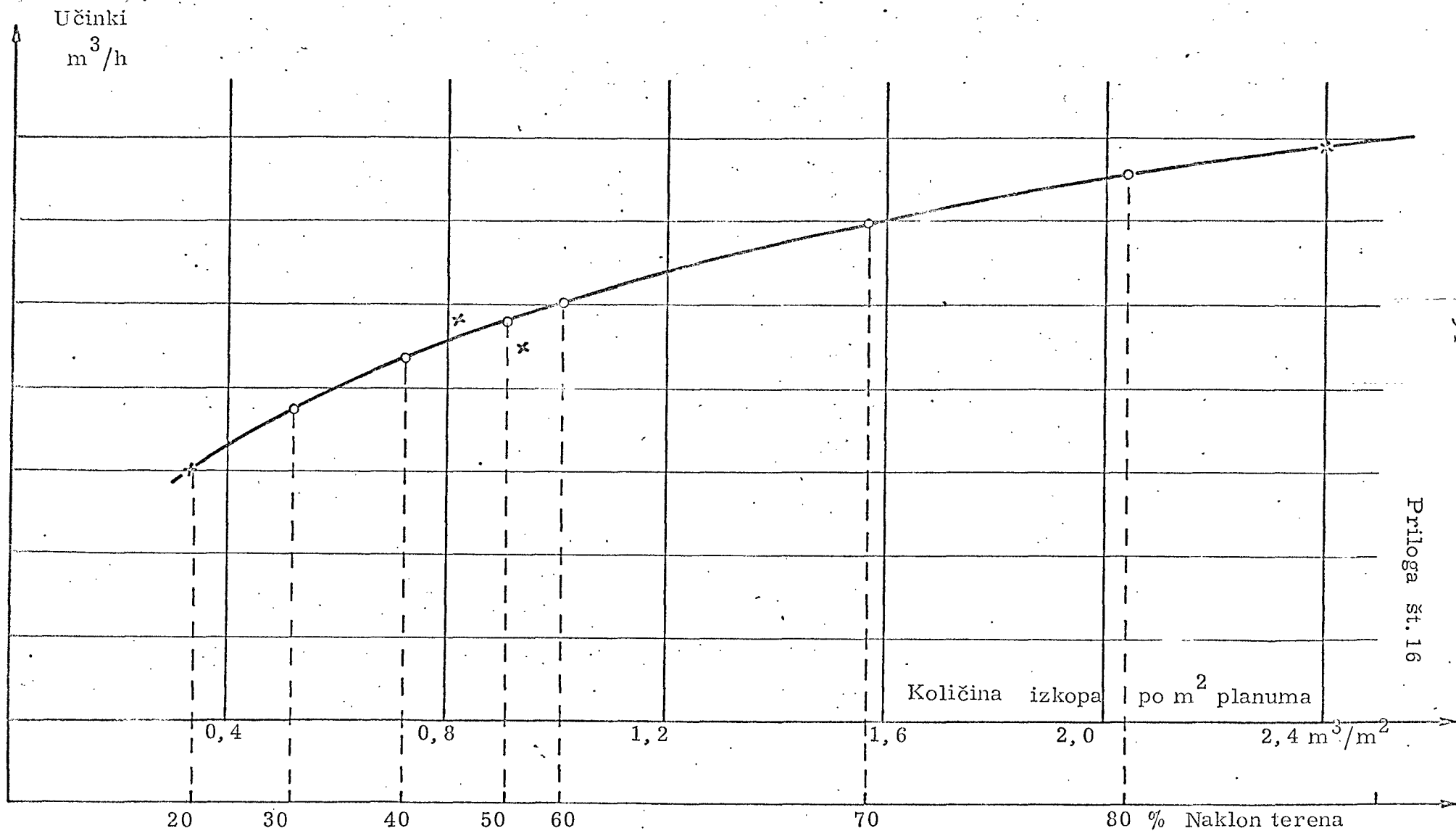
Učinek buldožerja pri namenskem delu

Tabela št. 21

Gradbišče	Kubatura izkopa po tek. m. tr.	Povpr. šir. planuma v rač. tlu	Kubatura izkopa po m <sup>2</sup> plan.	Čas od-riva za tek. m. trase	Povprečni učinek buldožerja
	m <sup>3</sup> /m	m	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	min	m <sup>3</sup> /h
1	2	3	4	5	6
I.	2,19	2,32	0,94	2,9	45,4
II.	2,63	3,20	0,82	4,1	47,8
III.	2,21	6,62	0,33	4,4	29,8
IV.	9,84	4,08	2,41	6,8	68,8

Podatke iz zgornje tabele smo grafično prikazali v prilogi št. 16, kjer je iz poteka krivulje lahko razbrati, da učinek buldožerja z večanjem kubature izkopa po kvadratnem metru planuma parabolično narašča. Zanima nas predvsem spodnje območje krivulje, to je območje s 0,3-1,0 m<sup>3</sup> izkopa na m<sup>2</sup> planuma, kar odgovarja povprečni količini izkopa po tekočem metru trase, ki leži na naklonu terena 25-60%. Iz poteka krivulje v tem spodnjem območju lahko povzamemo naslednjo ugotovitev: učinek buldožerja se glede na izkop spreminja približno s koeficientom 0,4. Pri tem je upoštevan učinek stroja pri namenskem delu.

UČINKI BULDOŽERJA FIAT AD-7 PRI NAMENSKEM DELU V  
ODVISNOSTI OD KOLIČINE IZKOPA PO KVADRATNEM METRU PLANUMA



Podatki v tabeli št. 21 veljajo za delo z buldožerjem FIAT AD-7 pri podolžnem naklonu trase od -1% do +2%.

Potrebno je pripomniti, da je ugotovljena odvisnost podana v zelo okvirnih vrednostih in se s tem odpira zanimivo vprašanje na področju zemeljskih del na trasi gozdnih prometnic, ter zahteva še nadaljnih proučevanj.

Na dveh gradbiščih smo podrobneje razčlenili potek dela buldožerja v efektivnem času in ugotovili naslednje povprečno razmerje za posamezne postopke:

a/ odriv po prvem miniranju	39,5%	efektivnega časa	
b/ odriv po drugem miniranju	32,4%	"	"
c/ odriv po tretjem miniranju	19,2%	"	"
d/ ravnanje planuma	8,9%	"	"
Skupaj:	100,0%	efektivnega časa	

Zgornje razmerje je neugodno, saj je bilo komaj 40% efektivnega časa porabljenega za odriv po prvem miniranju, dobra polovica /51,6%/ pa za odriv po sekundarnem miniranju. Obenem nam to razmerje kaže tudi na tesno povezanost med uspešnostjo miniranja in delom buldožerja. Torej s prizadevanjem za boljši uspeh pri miniranju istočasno rešujemo tudi pogoje za večje učinke pri odzivu materiala in izvedbi spodnjega ustroja.

### 5.3 ODVISNOST STROŠKOV ODRIVA OD NAKLONA TERENA

Da bi dobili določeno celoto pri izvedbi spodnjega ustroja, želimo na tem mestu podati nekatere elemente dela pri odzivu razdrobljene hribine.

a/ Učinek buldožerja pri namenskem delu

Na osnovi podatkov iz grafikona /priloga št. 16/ ter s predpostavko, da bo drobljenje na trasi izvedeno s takimi parametri, kot so predvideni v geometriji miniranja /priloge št. 11a, b, c/, smo ugotovili učinek srednje močnega buldožerja /od 80-90KM/ pri izvedbi zemeljskih del na trasi v kamnitem terenu. Vrednosti o doseženih učinkih v odvisnosti od naklona terena so podane v skupni tabeli št. 22 /kolona 4/.

b/ Poraba delovnega časa za odriv materiala po tekočem metru trase

S pomočjo podatkov o učinkih buldožerja pri namenskem delu ter z upoštevanjem vseh dodatnih časov lahko izračunamo delovni čas, ki je potreben za odriv materiala po tekočem metru trase ali po kubiku izkopa. Numerične vrednosti, preračunane glede na naklon terena, so podane v skupni tabeli št. 22, v koloni 5 in 6. Odvisnost med porabo časa in naklonom terena lahko zasledimo na grafikonu (priloga št. 17), kjer je potek krivulj isti kot za stroške odriva. Potreben čas za odriv materiala po tekočem metru trase praktično linearno narašča z naklonom terena od 20-60%. Pri naklonu terena 60% ima krivulja oster lom, čemur je vzrok nagla sprememba položaja planuma v raščnem tlu, z večjo strmino terena pa krivulja zopet linearno narašča, toda mnogo bolj strmo. Povsem drugačen potek pa kaže krivulja, ki predstavlja porabo časa za odriv enega kubika razdrobljenega materiala. Z večanjem naklona terena poraba časa po kubiku parabolčno pada.

c/ Stroški odriva materiala po tekočem metru trase in kubiku izkopa

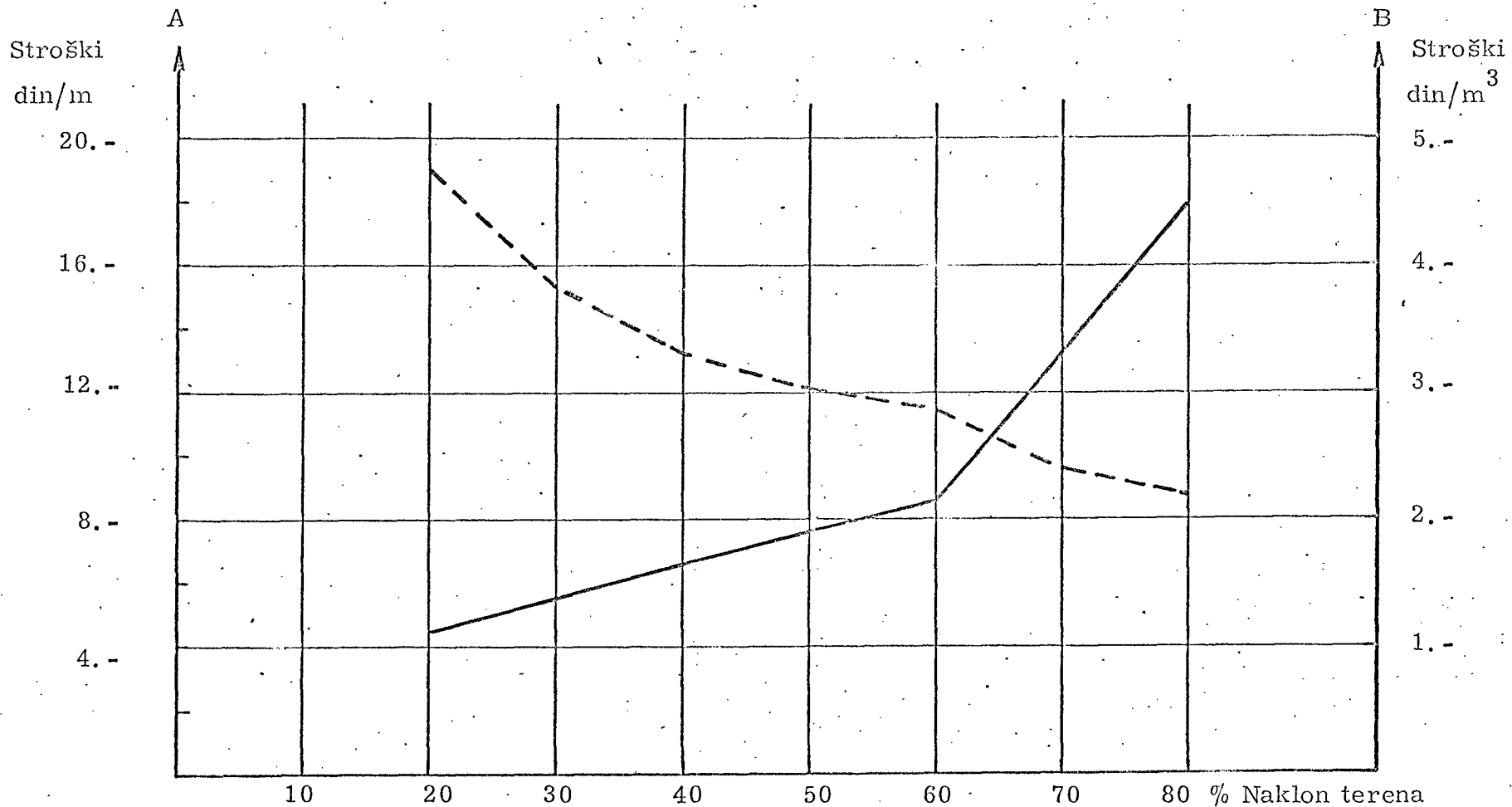
Stroške za odriv smo izračunali na osnovi kalkulacije cene za delo buldožerja TG-90, katerega najpogosteje srečujemo na gradbiščih gozdnih prometnic. Kalkulacija cene je izdelana po isti metodi in na podlagi istih virov kot pri vrtnanju minskih vrtin.

NEKATERI ELEMENTI DELA PRI ODRIVU RAZDROBLJENE HRIBINE

Tabela št. 22

Naklon terena	Kubatura izkopa		Učinki buldožerja pri namenskem delu	Poraba delovnega časa		Stroški odrida	
	po tekočem metru trase	po kvadratnem metru planuma		po tekočem metru trase	po kubiku izkopa	po tekočem metru trase	po kubiku izkopa
%	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	min	min	din	din
1	2	3	4	5	6	7	8
20	0,93	0,34	33,55	2,62	2,82	4,42	4,76
30	1,44	0,52	41,03	3,32	2,30	5,53	3,84
40	2,01	0,73	47,52	3,99	1,99	6,34	3,30
50	2,51	0,91	52,58	4,52	1,80	7,58	3,20
60	2,98	1,09	55,00	5,13	1,72	8,53	2,86
70	5,51	1,58	65,67	7,95	1,44	13,27	2,41
80	8,16	2,04	72,05	10,73	1,31	17,85	2,19

STROŠKI ODRIVA PO TEKOČEM METRU TRASE / A / IN  
KUBIKU IZKOPA / B / V ODVISNOSTI OD NAKLONA TERENA



Osnovni podatki za elemente kalkulacije pa so naslednji:

- Nabavna cena buldožerja /"14 oktobar" Kruševac, tip TG-90/ : 319.940.- din, življenska doba 9000 obratovalnih ur oz. doba trajanja 6 let.
- Stroški vzdrževanja so računani v višini 100% amortizacije.
- Letna premija za popolno zavarovanje stroja znaša 5.000.-din.
- Število obratovalnih ur na leto: 1500 ur.
- Osebni stroški strojnika znašajo 46,00 din na obratovalno uro, kjer so upoštevani še stroški za terenski dodatek, splošni stroški gradbenega obrata in stroški, ki so strojniku priznani za dnevno vzdrževanje stroja.

Iz zgornjih podatkov izračunamo ceno obratovalne ure za delo buldožerja, ki znaša 140,88 din.

V skupni tabeli št. 22 so prikazani tudi stroški za odziv materiala po tekočem metru trase in kubiku izkopa /koloni 7 in 8/. V našem primeru nas ne zanimajo toliko stroški odziva v absolutnih vrednostih, ampak želimo spoznati odvisnost stroškov od naklona terena, kar je prikazano v prilogi št. 17. Stroški za odziv po tekočem metru trase z večanjem naklona terena linearno naraščajo in se pri naklonu terena 60% glede na naklon 20% podvojijo. Naraščanje stroškov na strmini nad 60% je približno 4 krat večje kot na položnejših terenih. Če pa sedaj stroške za odziv primerjamo s stroški za drobljenje /skupni stroški za vrtanje in odstreljevanje/, potem lahko izračunamo, da stroški odziva na povprečnem terenu z naklonom 40% znesejo komaj 11% od stroškov drobljenja. Stroški za odziv po kubiku izkopa z večanjem naklona terena parabolično padajo. Ti stroški so na terenu z naklonom 80% približno za polovico manjši kot pri naklonu 20%. Prav potek krivulje stroškov po kubiku nam je lahko v veliko pomoč pri korelaciji vseh tistih izračunov, ki jemljejo za osnovo kubik izkopa in ne upoštevajo tako odločilnega parametra, kot je naklon terena.



## 6. POVZETEK GLAVNIH UGOTOVITEV

Proučevanje tehnike dela pri gradnji gozdnih cest v trdni hribini je pokazalo, da se na gradbiščih gozdnih prometnic srečujemo z mnogimi specifičnimi problemi, ki jih pri gradnji javnih prometnic ne poznajo ali vsaj ne v taki meri. Zato zahtevajo gozdne prometnice lastno raziskovanje in svoj način načrtovanja ter izvajanja gradbenih del.

Glavne ugotovitve obravnavane študije so naslednje:

- Gozdna cesta ima v primerjavi z javno cesto svoje posebne naloge in sicer:
  - ob voznem pasu naj bo še dodatni prostor, ki služi za namestitvev pravilnih naprav, krojenje in obdelavo lesnih sortimentov;
  - dodatni prostor vzdolž vozišča služi kot nakladališče;
  - razširjeni robni pas skrajšuje, dejansko pravilno razdaljo in s tem zboljšuje odprtost gozda ter povečuje propustnost enotračne gozdne ceste.
- Na pravilni izbor tehnike dela najmočneje vpliva količina izkopa po tekočem metru trase. Obseg in oblika izkopa pa je predvsem odvisna od naklona terena. Na obravnavanem območju /prehodno kraško območje/ je povprečni naklon terena, kjer potekajo gozdne ceste, okoli 40 %.
- Glede na obliko cestnega telesa je največ mešanih profilov /78 %/. Izkop s karakteristično obliko poševnega trikotnika smo ugotovili kar na 93 % vseh prečnih profilih.
- Na povprečnih terenskih razmerah je 43 % dolžine gozdne ceste v premi in 57 % v krivini. Zaradi velikega deleža ostrih krivin / z

radijem manjšim od 50 m/ je potrebna razširitev vozišča v povprečju za 61 cm in to kar na 22,7 % celotne dolžine trase.

- Naklon odkopne brežine je odvisen od naklona terena in sicer narašča z večanjem strmine terena. Dejanska odkopna brežina se mnogo bolj položno oblikuje, kot to predvidevajo načrti.
- Pri današnji tehniki gradnje gozdnih cest je pri miniranju postavljen naslednji cilj:
  - hribino v izkopu zdrobiti v taki meri, da bo pri ugraditvi v nasip mogoča najboljša zgostitev;
  - najintenzivneje drobljenje naj bo v nivoju okoli planuma;
  - z enkratnim miniranjem naj bi dosegli dokončni profil izkopa s stabilnimi brežinami;
  - doseči največji ekonomski učinek pri najmanjših poškodbah na okolju.
- Postavljeni cilj miniranja je mogoče doseči s pravilno izbrano geometrijo miniranja, kar je za traso gozdne ceste na različnih naklonih terena prikazano na prilogah št. 11 a, b, c.
- Pri vrtanju minskih vrtin učinek parabolično pada z globino vrtine.
- Pri primerjanju učinkov dveh vrtalnih kladiv je učinek z RK-21 glede na RK-18 boljši, iz higijensko varnostnih vidikov pa je to vrtalno kladivo slabše.
- Normativ minskih vrtin in specifična poraba razstreliva po tekočem metru trase se z naklonom terena bistveno ne spreminja do naklona 60%, na strmejšem terenu pa dolžina minskih vrtin in količina razstreliva hitro narašča. Normativ po kubiku izkopa pa z večanjem strmine para-

bolično pada.

- Pri drobljenju kribine odpade 74 % stroškov na vrtnje in le 26 % na odstreljevanje.
- Na učinek buldožerja pri odzivu materiala močno vpliva količina izkopa po kvadratnem metru pjanuma.
- Stroški odziva materiala so v veliki meri odvisni od naklona terena. Stroški po tekočem metru trase do naklona terena linearno rastejo s koeficientom 0,75, na večji strmini pa s koeficientom 1,6. Stroški po kubiku izkopa z večanjem strmine parabolčno padajo.
- Ustaljene normative v splošnem gradbeništvu ni mogoče nekritično uporabljati pri gradnji gozdnih prometnic, ker ti normativi ne upoštevajo dovolj tistih parametrov, ki so na trasah gozdnih prometnic odločujoči.

UPORABLJENI VIRI

1. ACKERMANN, E.: Wegebau - Planung im Frankenwald  
Allgemeine Forstzeitschrift 1973/27
2. ADAMEK, I.: Vystavba lesnich cest, Praha 1967
3. AUBÖCK, F.: Der Felsvortrieb im Forststrassenbau,  
Allgemeine Forstzeitung, Wien 1968/7
4. BACKMUND, F.: Maschineller Forstwegebau im Hochgebirge,  
Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen  
1962/6
5. BERTAPELLE, A.: Ekonomika bušenja perkusionim čekićima,  
Bušenje i miniranje, Ravne 1968/2
6. BERTAPELLE, A.: Delo z vrtalnim orodjem in faktorji, ki vpli-  
vajo na ekonomiko vrtanja, Gradivo za posve-  
tovanje o miniranju pri gradnji gozdnih cest,  
Kočevje 1972
7. BUTULIJA, S.,  
NENAD, B.: Izbor kategorija šumskih puta i vrste kolo-  
voza, s obzirom na troškove prevoza i mo-  
tornog vozila te dimenzioniranje kolovoza,  
Izdala privredna komora BiH, Sarajevo 1969
8. ČRNAGOJ, B.: Optimalna širina šumskih puteva, IGLGS,  
Ljubljana 1967
9. DOBRE, A.: Preučevanje normativov pri strojni gradnji  
gozdnih cest, IGLGS, Ljubljana 1968

10. DOBRE, A.: Vpliv dolžine cevi na učinek pri vrtanju  
minskih vrtin, Gozdarski vestnik 1969/9-10
11. DOBRE, A.: Problematika miniranja pri gradnji gozdnih  
cest, Gradivo za posvetovanje o miniranju  
pri gradnji gozdnih cest, Kočevje 1972
12. FISCHER, D.: Verdichtungsgeräte beim Waldwegebau,  
Waldwegebau - Praxis, 1964/2
13. GRIMŠIČAR, A.: Geološki problemi pri gradnji sodobnih cest,  
Sodobna gradnja cest, Ljubljana 1969
14. HACKERMÜLLER, W.: Bohrlafetten im Forstwegebau,  
Allgemeine Forstzeitung 1973/3
15. HACKL, W.: Der forstliche Wegebau in Österreich,  
Allgemeine Forstzeitschrift 1961/23-24
16. HAFNER, F.: Regelprofile zur Massenermittlung beim  
Nulllinienverfahren, Allgemeine Forstzeitung  
1965/7
17. HAFNER, F.: Zur Frage des Längtransportes von Material  
im forstlichen Wegebau, Schweizerische  
Zeitschrift für Forstwesen 1962/6
18. HAFNER, F.: Forstaufschliessung, Holzernte und Holz-  
transport in internationaler Sicht, Allge-  
meine Forstzeitung 1971/12

19. HAFNER, F.: Der forstliche Wegebau in Österreich - Ein Rückblick und ein Ausblick; Internationaler Holzmarkt 1972/22
20. HARTMANN, J.: Einfluss der neuzeitlichen Wegebauverfahren auf Projektierung und Bauleitung, Maschinen für den Bergwald, Chur 1956
21. HASLAUER, H.: Die Wirkungsweise der gebräuchlichsten Verdichtungsgeräte im Erdbau, Allgemeine Forstzeitung 1967/6
22. IVANETIČ, J.: Miniranje v gozdarstvu, Republiško posvetovanje o programiranju, gradnji in vzdrževanju gozdnih cest, Bled 1966
23. IVANETIČ, J.: Masovno odstreljevanje na odseku Unec - Postojna nove ceste Vrhnika - Postojna, Gozdarsko-metalurški zbornik 1971/4
24. IVANETIČ, J.: Tendence razvoja tehnike miniranja pri površinskih delih, Gradivo za posvetovanje o miniranju pri gradnji gozdnih cest, Kočevje 1972
25. JELIČIĆ, V.: Mehanizacija izgradnje donjega ustroja šumskog puta, Narodni šumar 1962/1-3
26. JENKO, R.: Zgornji ustroj cest; Dimenzioniranje I. del, teoretične osnove, Dimenzioniranje II. del, praktične metode, Ljubljana 1966
27. JERIN, A.: Fleksibilni zgornji ustroj v skalnatih usekih in na nasipih iz lomljenca, Gozdarski vestnik 1970/10

28. KLEMENČIČ, I.: Stičnice in njihov pomen pri gradnji gozdnih cest, Gozdarski vestnik 1961
29. KLEMENČIČ, I.: Razlika med gozdnimi in javnimi prometnicami pri njihovem trasiranju, gradnji in eksploataciji, Gozdarski vestnik 1964
30. KRAMER, H.: Wegebreite und Zuwachs im angrenzenden Bestand, Allgemeine Forst und Jagdzeitung 1958/6
31. KRIVEC, A.: Mehanizirano nakladanje pri prevozu lesa, IGLGS, Ljubljana, 1972
32. KUONEN, V.: Der forstliche Strassenbau im Jahre 2000, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, Zürich 1970/1
33. KUONEN, V.: Boden und Strassenunterbau, Zürich 1973
34. LOVRIČ, N.: Smjernice za izračunavanje srednjeg nagiba terena za potrebe analize privlačevanja, Šumarski list 1973/9-10
35. LOYCKE, H.: Zur Prognose der Entwicklungstendenzen forstlicher Mechanisierung, Der Forst und Holzwirtschaft, 1968/3
36. LOYCKE, H.: Rücken von Stammholz mit neuzeitlichen Maschinen und Wegebau, Allgemeine Forstzeitschrift 1970/46

37. MEYER, E.: Bau von Erdwegen und Forststrassen auf schwierigen Standorten des Fichtelgebirges, Allgemeine Forstzeitschrift 1973/27
38. MOČEVIĆ, M.: Minerski radovi na šumskim komunikacijama, Narodni šumar 1958/4-6
39. NÄGELI, G.: Einfluss von Wegbreite, Hangneigung und Böschungswinkel auf die Baukosten eines Waldweges, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 1950/7 - '8
40. NEUBER, B.: Leitzahlen für die Kosten im Forstwegebau, Allgemeine Forstzeitung, Wien 1966/3
41. NEUBER, B.: Praktische Erfahrungen beim "Mechanisier-ten Felsvortrieb", Allgemeine Forstzeitung 1973/3
42. PAHOLJČIŠIN, G.: Kak udeševit drožnoe stroiteljstvo v gorah, Lesnaja Promišlenost 1969/5
43. PESTAL, E.: Forstwegebau unter Berücksichtigung der Knickschlepperrückung und mechanischen Entrindung, Allgemeine Forstzeitung 1968/6
44. PESTAL, E.: Mechanisierungsphasen der Holzernte, Allgemeine Forstzeitschrift 1972/46
45. PIEST, K.H.: Wechselwirkungen zwischen Holzernte und Wegebau, Forsttechnische Informationen 1968/8



46. RADANOVIĆ, Z.: Masovna miniranja na iskopu trase autoputa Rijeka - Karlovac dionice Orehovica - Kikovija, Informator 1973/32
47. ROTHEMUND, H.: Der Lagerstreifen, Allgemeine Forstzeitschrift 1967/25
48. SCHÄFER, G.: Erdbau und Maschineneinsatz in der Forstwirtschaft, Allgemeine Forstzeitschrift 1971/7
49. SCHENDEL, G.: Forstwegebau nach neuartigen Arbeitsmethoden, Allgemeine Forstzeitschrift 1970/11
50. SCHILDER, R.: Erfahrungen über Sprengmethoden und Längstransporte beim Forstwegebau in der Steiermark, Allgemeine Forstzeitung, Wien 1964/15-16
51. SCHLEICHER, H.: Wirtschaftswegebau im Walde, Forsttechnische Informationen 1963/8
52. SCHNEIDER, E.: Beurteilung der Walderschliessung, Vorschläge, Pismeno poročilo za GG Bled 1972
53. SCHWAB, P.: Leistungsfähigere Forststrassen, Allgemeine Forstzeitschrift 1970/1-2
54. SEDLAK, O.: Zur Tragfähigkeit des Ländlichen Wegenetzes, Allgemeine Forstzeitung 1973/5
55. STREHLKE, B.: Technik für Wegebau, Allgemeine Forstzeitschrift 1970/46

56. STREHLKE, E.: Probleme der forstlichen Mechanisierung, Forsttechnische Informationen 1969/1
57. TANASKOVIĆ, S.: Primjena motornih bušilica za kamen tipa Cobra u gradnji šumskih puteva, Narodni šumar 1963/1-2
58. TURK, Z.: Metodika kalkulacije cene strojnega dela v gozdarstvu, IGLGS, Ljubljana 1963
59. UMEK, J.: Izbira strojev za komprimiranje zemeljskih nasipov, Naše ceste 1970/3
60. VOLKERT, E.: Wegebau - Typen und Instandhaltungskosten, Allgemeine Forstzeitschrift 1968/26
61. VOLKERT, E.: Grundlagen des Waldwegebau, Waldwegebau - Praxis, 1969/4
62. VYPLEL, K.: Die Sprengtechnik beim forstlichen Wegebau, Allgemeine Forstzeitung, Wien 1962/1-2
63. VUKSANOVIČ, Ž.: Paljenje minskih punjenja, Beograd 1965
64. WAGNER, F.: Soll der Baukörper der eingleisigen Waldstrassen einfach-konvex oder bi-konvex geformt sein?, Allgemeine Forstzeitschrift 1968/26
65. ŽNIDERŠIČ, B.: Sodobno projektiranje cest v razmerju do krajine, Ceste in krajina, Ljubljana 1970

66. - Predpisi o javnih cestah, Poslovno združenje cestnih podjetij SRS, Ljubljana 1972
67. - Smernice za sestavo investicijskih programov in glavnih projektov za gozdne ceste, Ljubljana 1962



Slika št. 1

Primer kompaktne  
kamnine



Slika št. 2

Primer plastovite  
kamnine