

UDK 634.0.383.3

MINIRANJE NA TRASI GOZDNE CESTE V TRDNI HRIBINI

Andrej DOBRE

Sinopsis

V razpravi je podana problematika miniranja pri gradnji gozdne ceste na pobočju iz dolomitiziranega apnenca. Postavljen je cilj miniranja in temu prilagojena geometrija miniranja, ki upošteva stanje geološke podlage in naklon terena. Za proučevanje delovnega procesa pri miniranju je izdelana posebna metodika. Podrobneje je proučena struktura delovnega časa pri vrtanju in odstreljevanju. Obdelani so pomembnejši parametri, ki vplivajo na učinek vrtanja minskih vrtin. Grafično so prikazani za prakso koristni normativi za dolžino minskih vrtin in porabo razstreliva pri različnih naklonih terena ter odgovarjajoči stroški.

MINING ON THE LINES OF FOREST ROADS ON SOLID ROCK SUBSTRATUM

Andrej DOBRE

Synopsis

The treatise presents the complex of mining problems arising during the construction of a forest road on a slope of dolomitic limestone. The objective of mining is fixed, and the geometry of mining adapted to it taking into account the condition of the geological underground and the sloping of the terrain. To study the working process of the mining, a special method has been developed. The structure of the working time during boring and blasting has been studied more thoroughly. Important parameters influencing the effect of boring of mine holes are dealt with. The normatives for the length of mine holes and the consumption of explosive means at different degrees of sloping as well as the corresponding expenses are illustrated graphically.

Prispelo: 5. 12. 1975

Avtorjev naslov:

mag. Andrej DOBRE, dipl. inž. gozd., višji raziskovalni sodelavec

**Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
pri biotehniški fakulteti univerze v Ljubljani**

61000 Ljubljana, Večna pot 30

Razprava je del raziskovalne naloge z naslovom:

Tehnika dela pri gradnji gozdnih cest v plitkih izkopih in trdni hribini

Nalogo sta financirala:

- SKLAD BORISA KIDRIČA in**
- POSLOVNO ZDRUŽENJE GOZDNOGOSPODARSKIH ORGANIZACIJ LJUBLJANA**

VSEBINA

1. UVOD IN PROBLEM	84
2. POSTAVLJENI CILJ PRI MINIRANJU	85
3. ZNAČILNOSTI HRIBINE	86
4. VRTANJE MINSKIH VRTIN	87
4.1. Struktura delovnega časa	87
4.1.1. Metodika snemanja	87
4.1.2. Rezultati snemanj	87
4.2. Parametri učinka vrtanja	90
4.3. Povprečni učinki vrtanja	93
4.4. Geometrija miniranja	93
5. ODSRELJEVANJE	101
6. ODVISNOST STROŠKOV MINIRANJA OD NAKLONA TERENA	103
7. POVZETEK GLAVNIH UGOTOVITEV	107
LITERATURA	108

1. UVOD IN PROBLEMI

Z gozdovi je mogoče uspešno gospodariti šele tedaj, če so dostopni s sodobnimi in racionalnimi transportnimi sredstvi. Ta sredstva pa potrebujejo svojo prometnico. Kot sodobno prometnico štejemo danes cesto, ki povezuje človeka 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 gozdnogospodarskih organizacij je znašala gostota cestnega omrežja v gozdovih Slovenije konec leta 1974 le 10,3 m/ha; to je komaj polovico gostote, ki naj bi veljala za srednjeevropske razmere kot osnova za primerno odprtost gospodarskih gozdov.

Podatki nam tudi kažejo, da se obseg gradenj cest v Sloveniji v zadnjih letih zelo zmanjšuje. Vzrok za to so povečani stroški gradenj, hkrati pa se zmanjšujejo tudi 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 prihodnje obdržati vsaj sedanji obseg gradenj gozdnih cest, moramo iskati rešitev le v zniževanju gradbenih stroškov. To pomeni, da moramo iskati način dela, ki bo v določenih terenskih razmerah najbolj ustrežal tako v tehničnem kot v ekonomskem pogledu.

Gozdovi v Sloveniji pokrivajo predvsem gričevnate in gorate predele, kjer gradimo veliko prometnic na trdni podlagi. Pri gradnji na takih terenih gre največji del celotnih stroškov na stroške za izvedbo spodnjega ustroja, in sicer od 45 - 65%. Med stroški spodnjega ustroja pa zajemajo stroški za miniranje kar okoli 80%. Zato je povsem opravičeno, da smo se lotili proučevanja tiste faze dela pri gradnji gozdnih cest v trdni hribini, ki zahteva od delavcev in organizatorjev dela največ naporov.

Zaradi preobsežne problematike smo naša proučevanja omejili le na tisto območje, ki zajame v slovenskem merilu največ gozdnih cest na trdni podlagi, to je območje dolomitiziranega apnenca. V naši razpravi bomo to območje imenovali prehodno kraško območje, ker mejl na eni strani na pravi kras, na drugi strani pa na hriblne drugačnih geoloških formacij. Geografsko zajema obravnavano območje širši pas srednje in zahodne Slovenije in sega od Julijskih Alp do Roga in Snežnika.

V obravnavani tematiki bomo proučili tale vprašanja:

- katere so tiste posebnosti gozdne ceste, ki zahtevajo prilagojeno tehniko miniranja in je ni mogoče preprosto prenesti z gradbišč javnih prometnic;
- kako poteka celotni delovni proces pri miniranju za izdelavo spodnjega ustroja gozdne ceste;
- ugotoviti najustreznejšo tehniko dela pri nadaljnji stopnji mehanizacije;

- ugotoviti pomembnejše normative v odvisnosti od raznih parametrov, predvsem od naklona terena.

2. POSTAVLJENI CILJ PRI MINIRANJU

V trdni hribini, to je v terenu V. - VII. kategorije, po veljavnih gradbenih normah (GN 200) za zemeljska dela ni mogoče uporabljati običajnega delovnega orodja ali strojev (buldožerje, traxcavatorje, bagre in druge). Hribino, ki jo bomo zaradi posebnih fizikalnih lastnosti imenovali kamnino, je treba prej razdrobiti. Odkar je švedski inženir Alfred Nobel leta 1867 iznašel razstrelivo, ki je za uporabo razmeroma varno, je postalo drobljenje kamnine z razstrelivom najracionalnejši način dela v kompaktni hribini. Razstrelivo so začeli uporabljati tudi pri gradnji gozdnih prometnic.

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

Če hočemo, da bo miniranje v redu potekalo in da bodo rezultati uspešni, si moramo prej jasno postaviti cilj: vedeti moramo, kaj želimo z miniranjem doseči. Od jasno postavljenega cilja bo odvisna pravilno izbrana tehnika miniranja in manj bo presenečenj. Pri gradnji gozdnih cest je lahko postavljeni cilj miniranja zelo različen. Odvisno je od terenskih razmer, v katerih poteka posamezni odsek trase, in od zahtev, ki jih postavlja način gradnje prometnice. Te zahteve so lahko zelo skromne ali pa tudi zelo velike.

Pri gradnji gozdne ceste so najpogosteje postavljene te zahteve:

- Hribino na trasi je treba zdrobiti tako, da bo material iz izkopa rabil kot gradivo za nasip; material po miniranju naj bi bil torej take granulacije, da bo mogoče pri vgrajevanju v nasip čim boljša zgotitev.
- Hribina naj bo tako razdrobljena, da bo razminirani material na vsej širini ceste rabil kot nosilna plast zgornjega ustroja. To pomeni, da mora biti plast okoli operativne nivelete take granulacije, kot jo zahteva zgornji ustroj; pri tem je treba upoštevati prihodnji način vzdrževanja ceste s stroji. Od ravni planuma navzdol, to je v globino temeljnih tal, pa naj granulacija materiala postopoma narašča, da bi se tako 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.

- Pri miniranju in kasneje pri odzivu 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 je treba doseči minimalni normativ minskih vrtin ter specifično porabo razstreliva na enoto opravljenega dela in kar najbolje uporabiti mehanizacijo).

Našteli smo najpomembnejše zahteve, ki jih pri praktičnem delu na terenu ni mogoče povsem doseči. Pomembno je že to, da vemo h kakšnemu cilju moramo usmeriti celotno delo pri miniranju.

3. ZNAČILNOSTI HRIBINE

V našem primeru nas hribina na obravnavanem območju zanima predvsem z vidika miniranja, in sicer kakšna je pri vrtanju in odstreljevanju. Naj ugodoma povemo, da imamo opraviti s hribino, ki je z minerskega stališča zelo zahtevna. Kamnina je masivna, ponekod pa plastovita. Sledovi površinskega preperevanja segajo različno globoko; to je 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, 14). Pri vrtanju in odstreljevanju nastopa posebna nevšečnost v primerih, kadar se v kamnini pojavljajo zaglinjene razpoke. Te plasti so ponavadi različno debele in razporejene v različnih smereh. Pri vrtanju minskih vrtin povzročajo take zaglinjene razpoke zaklinjevanje vrtalnega svedra in s tem zastoje pri delu. Podobne težave nastajajo, kadar potekajo plasti približno v smeri vrtin. Zaglinjene razpoke pa zmanjšujejo tudi učinek odstreljevanja. Udarni val, ki nastane pri detonaciji razstreliva, se v kompaktni kamnini pojemajoče, vendar enakomerno širi po masi, na prehodu skozi plasti gline pa se skoraj prekine. Zaradi take nehomogenosti hribine je drobljenje zelo neenakomerno, ostanejo celo večji kamniti bloki.

Nehomogenost hribine, in nekompaktnost same kamnine povzročata mnoge nevšečnosti prav 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. Kamnina je ponavadi prekrita z različno debelo plastjo humusa, zemlje, z drobirjem in podobnim. 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 tako minsko polje zasnovano precej nenačrtno, kar vodi do neenakomernega drobljenja, zahteva obsežnejša sekundarna miniranja in s tem večjo porabo razstreliva in vžigal; vse to zvišuje stroške gradnje.

Prav zaradi posebnosti izkopa na trasi gozdne ceste je tudi problematika miniranja na tej trasi specifična. Če jo hočemo rešiti, moramo dobro poznati temeljne načine tehnike miniranja, zahteve, ki jih narekuje gozdna prometnica, in razmere terena, kjer ta prometnica poteka.

4. VRTANJE MINSKIH VRTIN

Pod pojmom vrtanje minskih vrtin razumemo tista dela v sklopu miniranja, ki so potrebna, da z vrtalnim 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.

4.1. Struktura delovnega časa

4.1.1. Metodika snemanja

Zato da poznamo potek celotnega dela na gradbišču, moramo poznati strukturo delovnega časa za posamezna delovna opravila. Prav struktura delovnega časa nam omogoča resničen vpogled v časovno obremenitev delavca - v našem primeru vrtalca in minerja in nam daje možnost za nekatere organizacijske izboljšave.

Podatki o strukturi delovnega časa so bili zbrani na temelju terenskih snemanj pri praktičnem delu vrtanja minskih vrtin ter pri odstreljevanju. Uporabljeni so bili posebni snemalni listi, ki so bili sestavljeni prav v ta namen. Pri snemanju časovnih vrednosti je bila pri strukturi delovnega časa uporabljena kontinuirana metoda, pri podrobnem snemanju samega vrtanja pa ničelna metoda z natančnostjo 5/100 minute.

4.1.2. Rezultati snemanj

Po analizah 9 celodnevnih snemanj na dveh deloviščih smo dobili strukturo delovnega časa pri vrtanju z naslednjimi povprečnimi vrednostmi:

Elementi delovnega časa	Čas v minutah	Delež v %
- priprav. in sklepni čas	26	4,9
- odmori	38	7,3
- zastoji kompresorja	51	9,8
Skupaj neproduktivni čas	115	22,0
- produktivni čas vrtnja	407	78,00
Skupni delovni čas	522 min.	100%

Pripravljalni in sklepni čas v povprečju vseh snemanj je trajal 26 minut. V posameznih primerih je bil ta čas različno dolg, in sicer od 8-52 minut; to je bilo odvisno od obsega dela. Odmori so v delovnem dnevu trajali od 28-45 minut in so zajeli le glavni odmor. Med drugim delovnim časom nismo zabeležili dodatnega časa za odmore, kar si lahko pojasnimo iz načina dela pri vrtnju. Pri enoročnem vrtnem kladivu delata dva delavca - vrtalca. Za samo delo z vrtnim kladivom zadostuje sicer samo en delavec. Ker pa je delo z vrtnim kladivom izredno naporno zaradi močnih vibracij kladiva, vdihavanja prahu in težkega dviganja, je nujno, da sta v delovnih razmerah, ki vladajo na trasi gozdne ceste, za neprekinjeno obratovanje vrtnne garniture pri vsakem vrtnem kladivu zaposlena dva vrtalca. V času, ko en vrtalec dela z vrtnim kladivom, drugi opravlja lažja dela, ki so povezana z vrtnjem (prenaša svedre, pretočne cevi, če je potrebno, pripravlja mesto za naslednjo vrtino itd.). V resnici pa je ta čas uporabljen za odmor drugega vrtalca od izredno težkega fizičnega napora pri vrtnju.

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

- Na gradbišču tako organizirati delo, da bo glavno odstreljevanje opravljeno samo enkrat na dan in to na koncu delovnega časa vrtalcev.
- Število sekundarnih miniranj kar najbolj zmanjšati in jih časovno združiti.

Produktivni čas vrtnja, ki je zajemal v povprečju 78% delovnega časa, smo še podrobneje analizirali. Ugotovili smo, da je treba v povprečnih terenskih razmerah za premik vrtnega kladiva od ene do druge vrtine 0,1 - 0,3 minute, čas za nastanitev nove vrtine pa traja od 0,1 - 3,3 minute (povprečno 1,3 minute). Poraba

časa za nastavitve nove vrtine je odvisna od stopnje preperelosti kamnine ter nje-
ne oblike na mestu, kjer je predvidena vrtina. Merili smo tudi čas, potreben za
zamenjavo vrtnega svedra. Ta čas je trajal od 0,4 - 1,6 minute, v povprečju
0,6 minute.

Zastoji pri samem vrtnanju so nastali največkrat zaradi zagozditve svedra v min-
ski vrtini. Trajanje zastojev je bilo zelo različno, v mejah od 0,2 - 10,5 minut.
Zastoji so se pojavljali med vrtnanjem zelo neenakomerno. Na temelju vseh sne-
manj smo ugotovili, da je na čas čistega vrtnanja treba dodati še 6,7% časa za
zastoje, ki nastajajo pri samem vrtnanju.

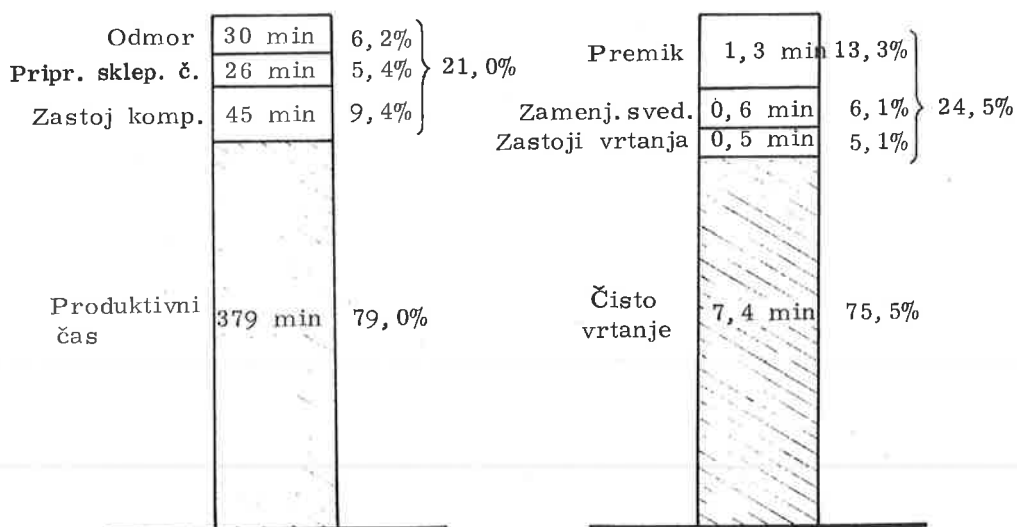
V celotni strukturi delovnega časa je najpomembnejši tisti čas, ko se opravlja
efektivno delo. V našem primeru smo ta čas imenovali čisto vrtnanje. Le med
čistim vrtnanjem vrtnice v resnici vrta minsko vrtino in samo v tem času pridejo
do veljave parametri učinka vrtnanja, ki jih bomo obravnavali kasneje.

Iz podatkov terenskih snemanj smo ugotovili, da odpade povprečno v enem delov-
nem dnevu na čisto vrtnanje le 59,9%, približno 60% delovnega časa ali na enega
vrtalca le 30%.

Na temelju proučevanja dela pri vrtnanju podajamo naslednjo strukturo delovnega
časa v 8-urnem delavniku, prikazano v obliki sheme:

Struktura dnevnega
delovnega časa

Struktura časa za vrtnanje
minske vrtine globine 150 cm



4.2. Parametri učinka vrtnja

Na gradbiščih gozdnih cest s povprečnim izkopom 2-3 m³ po tek. metru trase uporabljajo lahke vrtnalke stroje z monoblok svedri (premer 34 mm). Na učinek čistega vrtnja pri izbranem vrtnalnem kladivu vplivajo tile parametri:

- tlak komprimiranega zraka v vrtni glavi vrtnega kladiva (obratovalni pritisk);
- osni pritisk na dno vrtine;
- 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 vrtnega kladiva

Z vrtnim kladivom določene konstrukcije bomo pri vrtnju v dani kamnini dosegli optimalni učinek takrat, kadar bomo dosegli optimalni dotok energije v glavo kladiva ter optimalni osni pritisk na dno vrtine. Oba navedena pogoja pa je na gradbišču gozdne ceste zelo težko doseči. Gradbišče gozdne prometnice ima obliko ozkega dolgega pasu, kar onemogoča najustreznejšo razporeditev strojev. Zaradi tega so vrtnalke 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 vrtnega kladiva. Posledico tega je, da se učinek vrtnja zmanjšuje. V posebni študiji (DOBRE, 4) je bila ugotovljena odvisnost med učinkom vrtnja in dolžino pretočnih cevi. V tem prispevku navajamo samo končne rezultate tozadevnih raziskav, kjer je bilo ugotovljeno, da se učinek vrtnja z vrtnim kladivom (tip RK-18) zmanjša za 15%, če smo pretočno cev podaljšali od 60 na 90 m ali se zmanjša za 20% pri podaljšanju od 90 na 120 m. Meritve so bile opravljene pri uporabi pretočne cevi premera 1 cola. Take cevi zaradi lažjega prenašanja največ uporabljajo v praksi. Zgornji podatki zgovorno kažejo, kako velik vpliv ima dolžina pretočne cevi na učinek vrtnja. Žal pa temu vprašanju pri vsakodnevem delu na gradbiščih ne posvečajo dovolj pozornosti.

b) Osni pritisk na dno vrtine

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 kladiva. Mehanske lastnosti kamnine se posebno pri nekompaktni kamnini hitro spreminjajo in jih ni mogoče vnaprej ugotovljati. Prilagajanje stanju kamnine je odvisno le od sposobnosti vrtnalca, da po občutku o poteku vrtnja (zvok svedra, enakomernost vrtnja) uravnava potreben pritisk

na sveder. Iz podatkov, navedenih v literaturi (BERTAPELLE, 2), je razvidno, da učinek vrtnja s povečevanjem osnega pritiska raste le do določene vrednosti, nato pa hitro upade. Optimalni in konstantni osni pritisk na dno vrtine je mogoče doseči le s pomočjo lafete ali podporne noge, nikakor pa ne tedaj, kadar izvaja pritisk na sveder vrtalec s svojimi rokami prek ročajev vrtalnega kladiwa. Pri tlaku komprimiranega zraka 6 atm je optimalni osni pritisk na dno vrtine 80 kp. Ta pritisk povzroča teža kladiwa in samega svedra (skupaj okoli 21-28 kp) ter pritisk vrtalca na ročaje, ki naj bi znašal kar 52-59 kp. Razumljivo, da še tako fizično močan delavec ne zmore dalj časa izvajati takega pritiska. Naj pri tem omenimo, da nastane veliko okvar na vrtalnem kladiwu prav zato, ker kladiwo ne obratuje pri zadostnem osnem pritisku. Zato, da bi vrtalcu 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 vrtalnim kladivom in z zagotovljenim konstantnim delovnim in osnim pritiskom imajo mehanske lastnosti kamnine najmočnejši vpliv na učinek vrtnja. 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 vrtnju. Ta odpor je zelo spremenljiv tako po globini vrtine kot po mestu vrtine v minskem polju. Močno nihanje odpora kamnine se kaže v veliki spremenljivosti podatkov pri ugotavljanju učinka vrtnja pri sicer enakih pogojih dela. V naši nalogi nismo podrobneje proučevali mehanskih lastnosti kamnine, ker so te z lego trase na terenu po naravi že dane in jih ne moremo spreminjati.

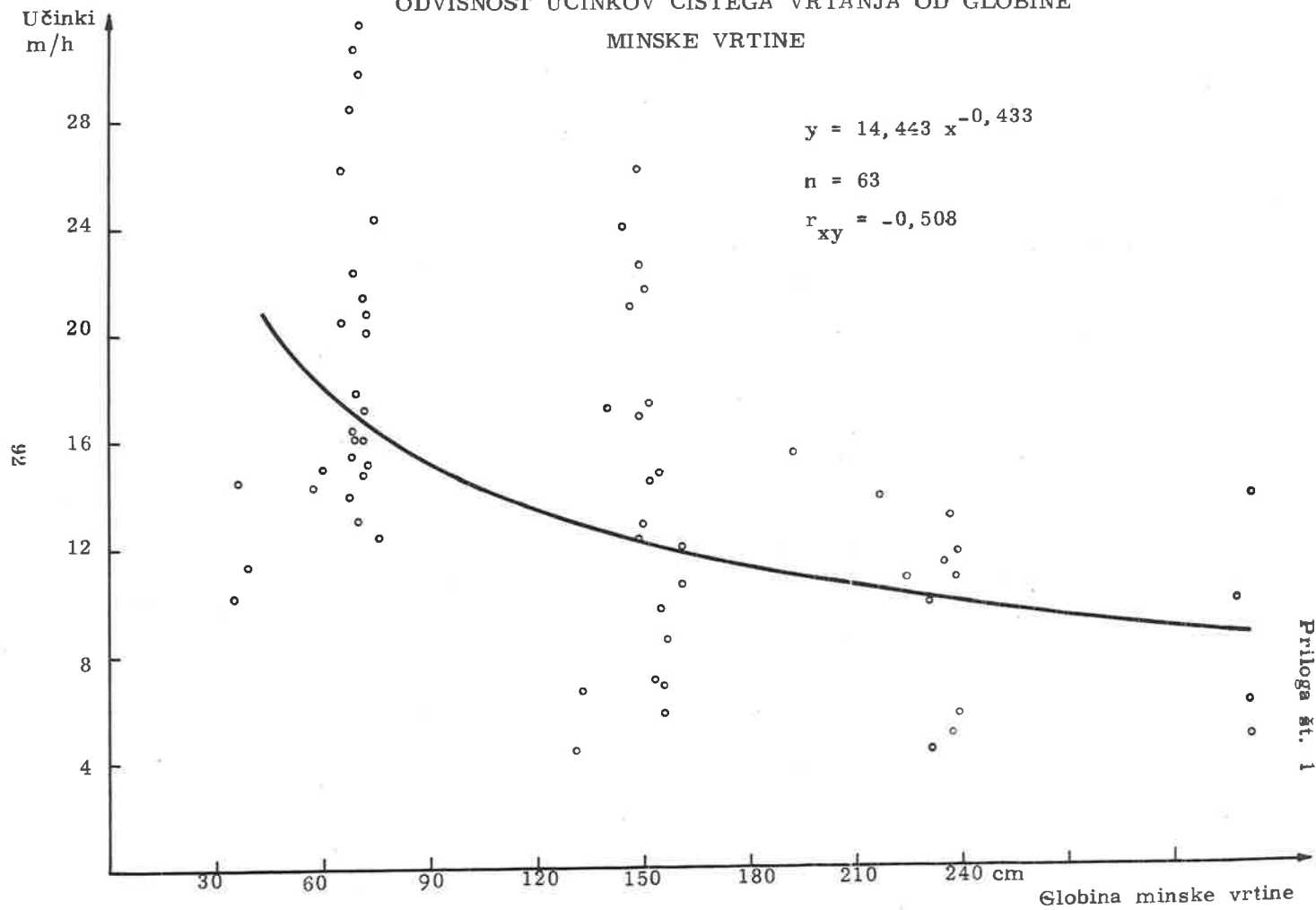
d) Globina minske vrtine

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 posebno zanimalo, kako se spreminja učinek vrtnja z globino vrtine. Da bi dobili čimbolj stvarne podatke, smo terenske meritve opravili na krajšem odseku enega delovišča, s čimer smo želeli zagotoviti čimbolj homogene terenske razmere. Snemanje je bilo opravljeno pri delu le ene skupine vrtalcev.

Statistično obdelani podatki so prikazani na prilogi št. 1, kjer nam regresijska krivulja pojasnjuje odvisnost med učinkom vrtnja in globino vrtine. Regresijska krivulja ima obliko parabole in je podana z enačbo:

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

ODVISNOST UČINKOV ČISTEGA VRTANJA OD GLOBINE
MINSKE VRTINE



Zelo nizek indeks korelacije nas ne preseneča, saj so v nepojasnjeni varianci skriti različni in zelo močni individualni vplivi (odpor kamnine pri vrтанju, osni pritisk na dno vrtine idr.), ki jih pri snemanju ni bilo mogoče izločiti. Pri grafikonu na prilogi števil. 1 je treba pojasniti, da odčitek na ordinati predstavlja povprečni učinek vrтанja vse vrtine od vrha do določene globine, označene na abscisi.

4.3. Povprečni učinki vrтанja

Da bi kasneje lahko izračunali porabo časa za vrтанje minskih vrtin pri gradnji gozdne ceste v povprečnih terenskih razmerah, smo na temelju terenskih meritev izračunali povprečne učinke vrтанja.

Tabela št. 1

Vrtanje pri dolž. svedra	Povprečni učinki vrтанja	
	Čisto vrтанje	Vrtanju v delovnem času
80 cm	13,7 m/h	8,5 m/h
160 cm	10,8 m/h	7,3 m/h
240 cm	9,1 m/h	6,8 m/h
320 cm	8,1 m/h	6,4 m/h
400 cm	7,3 m/h	6,1 m/h

Zgornji podatki veljajo za naslednje delovne razmere:

Vrtalno kladivo: RK-18

Kompresor: FAGRAM 700

Število priključenih vrtalnih kladiv na kompresorju: 1

Dolžina pretočne cevi: 90 m

Kamnina: delno preperel dolomitizirani apnenec

4.4. 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 tile:

- cilj miniranja oziroma zahtevana granulacija razdrobljene kamnine kar vpliva na izbor premera minskih vrtin;
- vrsta in stanje kamnine;
- karakteristični profil izkopa.

Upoštevajoč te osnovne dejavnike in izkušnje, ki smo jih pridobili pri praktičnem delu na toronu, smo sestavili sheme geometrije miniranja za karakteristične profile gozdne ceste s 3 m širokim utrjenim voziščem (priloga št. 2 a, b, c). Sheme veljajo za povprečne terenske razmere v delno preperelem dolomitiziranem apnenecu in so prilagojene za naklone terena od 20% - 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.

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.

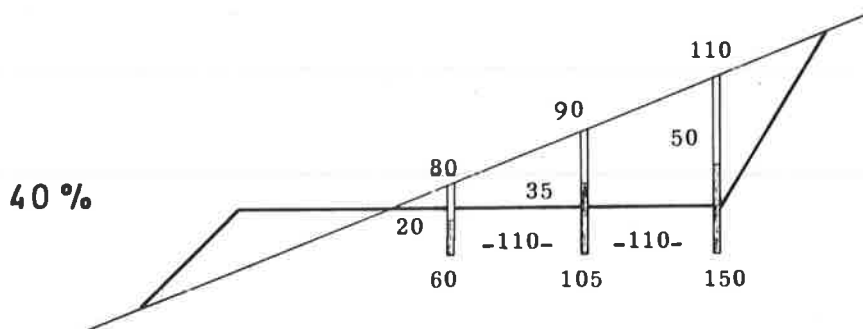
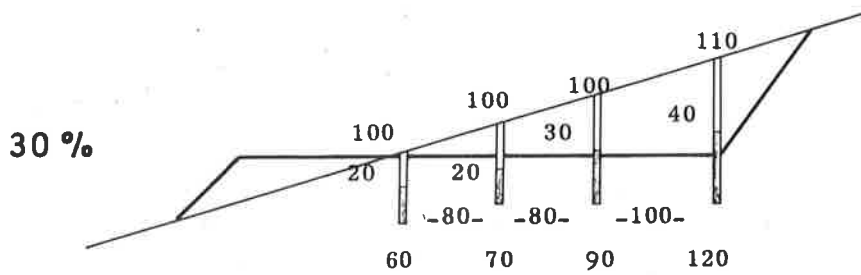
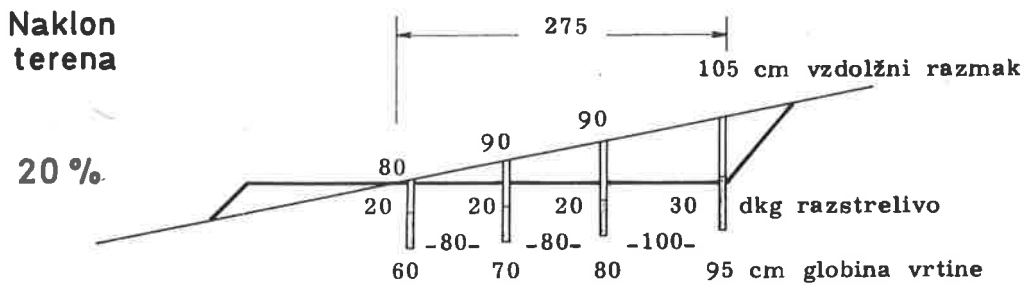
b) Smer vrtanja minskih vrtin

Vrtine so vrtane vertikalno, čeprav je s teoretičnega vidika pravilno, da so minske vrtine za določen kot ($10-15^{\circ}$) nagnjene od vertikalne lege, usmerjene pa so proti smeri predvidenega odriva materiala (IVANETIČ, 9; RADANOVIČ, 14). 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 vrtalnim strojem na lafeti, nikakor pa ne z ročnim vrtalnim strojem, katere največ uporabljajo na gradbiščih gozdnih prometnic. Glede na razmere, kakršne so na obravnavanih trasah, zagovarjamo vertikalno smer vrtanja, predvsem zaradi naslednjih razlogov:

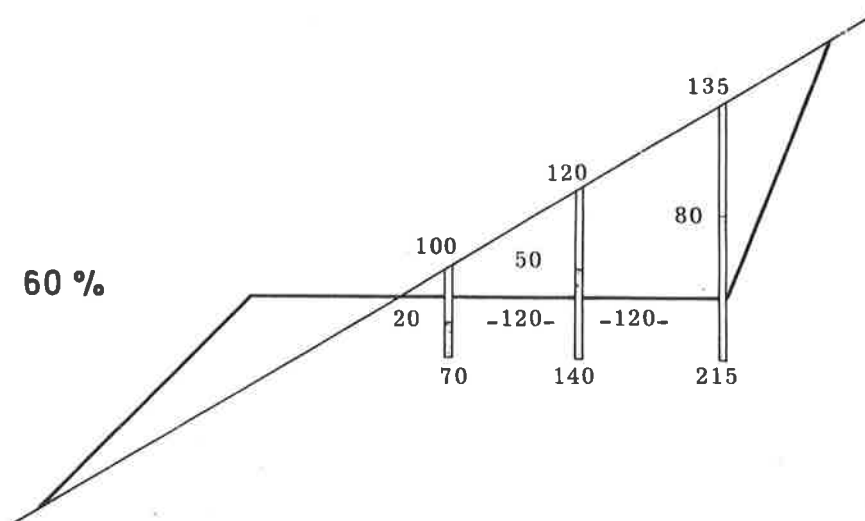
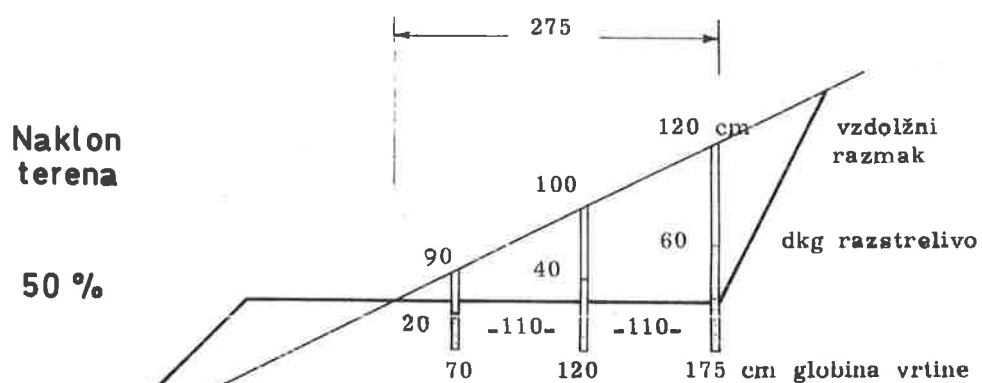
- Vrtine so kratke (0,8 - 1,5 m) in zajemajo pretežno zgornjo, nehomogeno plast hribine, kjer prednosti nagnjenih vrtin ne bi prišle do popolne veljave.
- Pri vrtanju z ročnimi vrtalnimi stroji brez podpornih nog ali lafet je mogoče paralelnost vrtin doseči le pri vertikalni smeri vrtanja. Paralelnost vrtin pa je pogoj za enakomernejše drobljenje.

Priloga št. 2a

GEOMETRIJA MINIRANJA NA KARAKTERISTIČNEM
PROFILU GOZDNE CESTE



GEOMETRIJA MINIRANJA NA KARAKTERISTIČNEM
PROFILU GOZDNE CESTE



- Vrtanje v vertikalni smeri mnogo manj utruja vrtalca in omogoča, da vrtalec prek ročajev izvaja večji osni pritisk na dno vrtnice; s tem dosega večji učinek vrtanja.
- Pri vertikalnih vrtnicah je lažje polnjenje vrtnic z razstrelivom, ker se vrtnice manj zasipavajo.

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

c) Podvrtavanje

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

- ker karakteristični profil izkopa zajema zgornje, v glavnem nehomogene plasti hribine, želimo z globljimi vrtnicami doseči enakomernejšo drobljenjce in zmanjšati zamudno in drago sekundarno miniranje;
- pri zelo plitkih vrtnicah želimo s podvrtavanjem doseči večjo dolžino čopa, kar poveča učinek mine in zmanjša poškodbe zaradi razmeta;
- ker je zgornji ustroj na gozdni cesti s trdno podlago razmeroma zelo tanek, želimo s podvrtavanjem doseči intenzivnejše drobljenje v zgornjih plasteh pod ravnjo planuma.

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

d) Vrsta razstreliva

Pri odstreljevanju v terenih z bolj ali manj preperelim dolomitiziranim apnencem se je po dolgoletnih izkušnjah izkazalo, da je najbolj primerno uporabljati razstrelivo kamnokit I. Tudi sheme geometrije miniranja so sestavljene na podlagi uporabe te vrste razstreliva. Vse minske vrtnice so po globini polnjene z istim razstrelivom zaradi praktičnosti dela na gradbišču. Pri trši in kompaktniji kamnini ter pri globljih vrtnicah bi veljalo preskusiti uporabo močnejših razstreliv (amonal).

e) Vrsta vžigal

Za aktiviranje minskega polja pri masovnem miniranju pridejo v poštev električni detonatorji ali detonatorska vrstica. Zaradi nižjih stroškov, predvsem pa zaradi večje varnosti so se pri delu na gradbiščih gozdnih prometnic uveljavili električni detonatorji, in sicer TED (trenutni elek. deton.) in MSED (milisekundni elek. deton.). Številne prednosti pri uporabi MSED pa ni mogoče vselej izrabiti 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 nadzorovano usmerjanje učinka detonacije, posebno v kamnini z zaglinjenimi razpokami;
- zaradi značilnega profila izkopa so minske vrtine neenakomerne tako po globini kot po razmaku v florisu, kar seveda otežuje pravilno povezovanje posameznih min v skupino z isto oznako MSED.

Pri naših poskusih na terenu smo uporabljali TED in MSED, vendar ne moremo zanesljivo govoriti o prednosti MSED, ker uspeha miniranja ni mogoče eksaktno določiti in ker ni bilo v ta namen napravljenih dovolj poskusov.

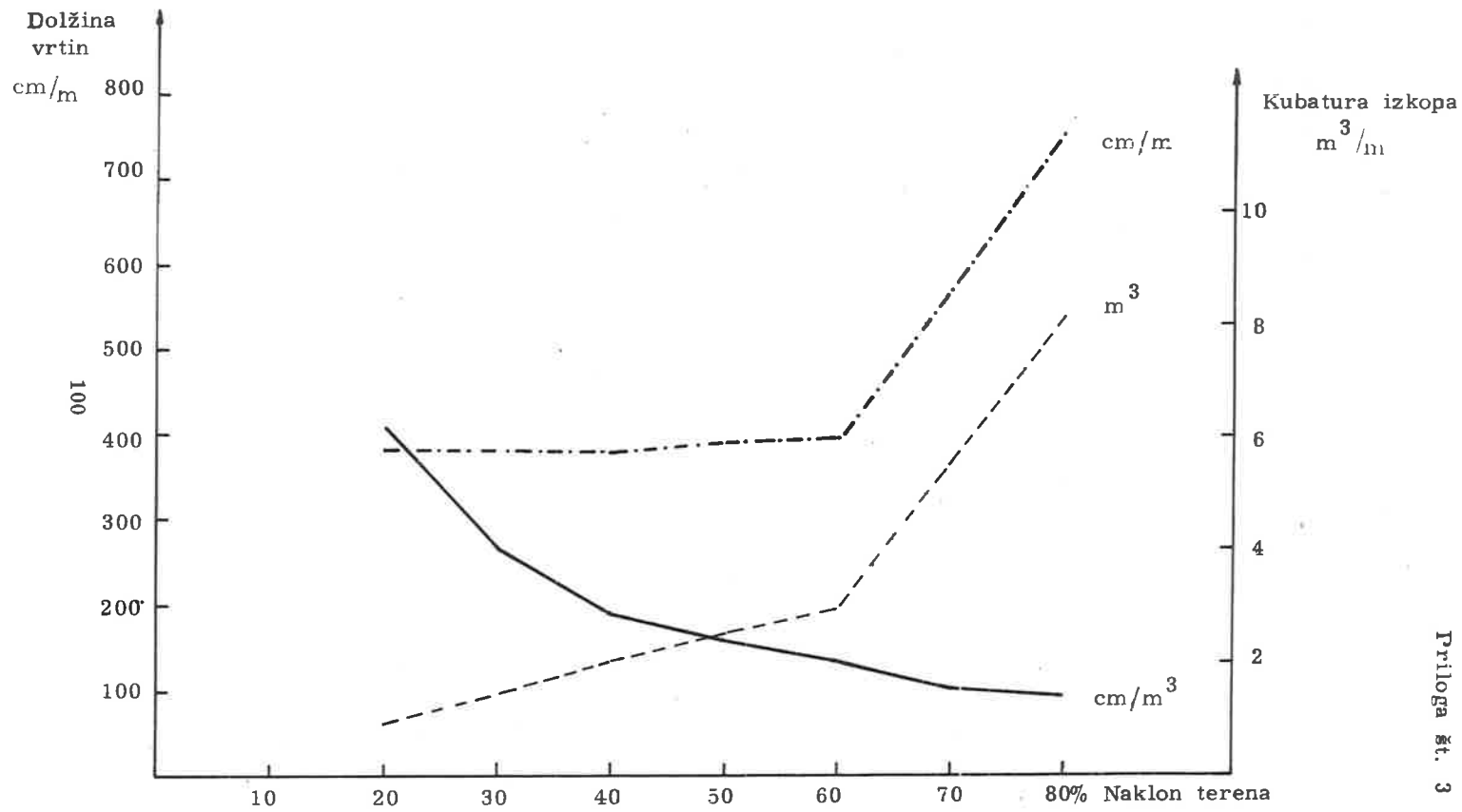
Naj omenimo, da zahteva aktiviranje minskega polja z MSED večje strokovno znanje minerja in večjo pazljivost pri delu na gradbišču.

f) Normativi dolžine minskih vrtin na tekoči meter trase in kubik izkopa

Na temelju shem geometrije miniranja so bili za karakteristične profile na posameznih naklonih terena izračunani normativi za dolžine minskih vrtin na tekoči meter trase in kubik izkopa. Podatki so prikazani grafično (priloga št. 3). Iz poteka posameznih krivulj je razvidno, kako je potrebna dolžina minskih vrtin močno odvisna od naklona terena. Normativ dolžine vrtin na kubik izkopa z večanjem naklona terena parabolno pada. To je povsem razumljivo, ker kubatura z večanjem naklona terena zelo hitro narašča. Potek krivulje za normativ na tekoči meter 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: pri naklonu terena 70% znaša 350 cm, pri 80% pa 400 cm.

Normativ dolžine minskih vrtin na kubik izkopa je pomemben parameter miniranja, saj najmočneje vpliva na stroške drobljenja kamnine. Lahko nam rabi za primerjavo ekonomičnosti miniranja, seveda pri primerjanju istih uspehov pri enako postavljenem cilju miniranja. Vrednosti, podane v prilogi št. 3, so razmeroma

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



zelo visoke, posebno če jih primerjamo z normativi, dobljenimi pri drugačni tehniki miniranja (masovno miniranje z globokimi minskimi vrtnami večjega premera). Treba 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 posebnost gozdnih cest, 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, odvisen je bil predvsem od stanja kamnine. Na dolžini vseh snemanih odsekov smo ugotovili, da je bilo za sekundarno miniranje potrebno v povprečju še 64 cm vrtin na tekoči meter trase. V teh podatkih so zajete tudi dolžine, nastale zaradi neustrezne geometrije pri vrtnanju na opazovanih deloviščih. Ocenjujemo, da je v povprečnih terenskih razmerah in pri strokovnem delu treba dodati 50 cm vrtin zaradi sekundarnega miniranja; to smo pri naših izračunih tudi upoštevali.

5. Odstreljevanje

Na osnovi shem geometrije miniranja smo izračunali specifično porabo razstreliva in vžigal na tekoči meter trase in kubik izkopa. Podatki so za posamezni profil na določenem naklonu terena grafično prikazani v prilogi št. 4. Potek obeh krivulj je zelo podoben kot pri normativih minskih vrtin (priloga št. 3), 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 15 dkg na tekoči meter trase. Za aktiviranje sekundarnih min se ponavadi uporablja vžigalna kapica in počasi goreča vžigalna vrstica.

Pri naših proučevanjih nas je zanimala tudi poraba časa minerja za posamezna opravila pri odstreljevanju, ker smo tako želeli dobiti podatke za časovno usklajevanje posameznih delovnih operacij pri gradnji spodnjega ustroja gozdne ceste. Na temelju terenskih snemanj smo izračunali povprečne časovne vrednosti za posamezne postopke, in sicer preračunane ne eno mino. Podatki so navedeni v naslednji tabeli.

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

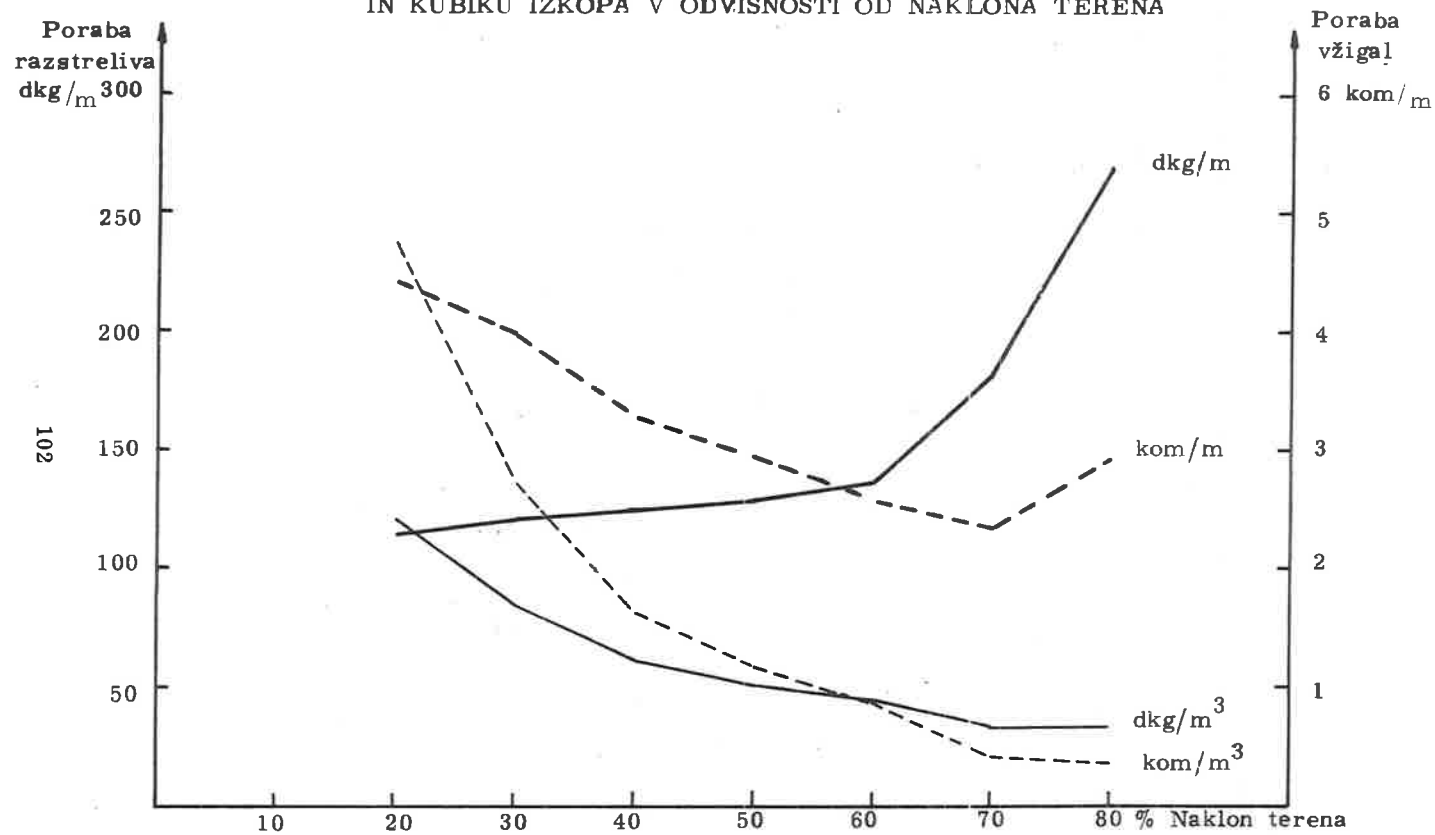


Tabela št. 2: Delo minerja za eno mino

Način aktiviranja	Poraba časa minerja za eno mino						Vsota časov brez polnjenja	Povpr. globina min. vrtine
	Postopki							
	Donašanje	Pripr. vžigal	Polnjenje	Veza-nje	Vžig	Ogled		
	minute							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 kakovosti nabijanja čepa. Pri snemanjih praktičnega dela minerjev smo ugotovili razmeroma majhno porabo časa za polnjenje vrtin. Premalo časa so porabili za izdelavo solidnega čepa. Čepi so bili veliko prekratki in še slabo nabiti.

Iz podatkov terenskih meritev ter na temelju shem geometrije miniranja smo izračunali čas, potreben za minerjevo delo na tekoči meter trase na posameznem profilu pri določenem naklonu terena. Zbrani podatki so grafično prikazani na prilogi št. 5.

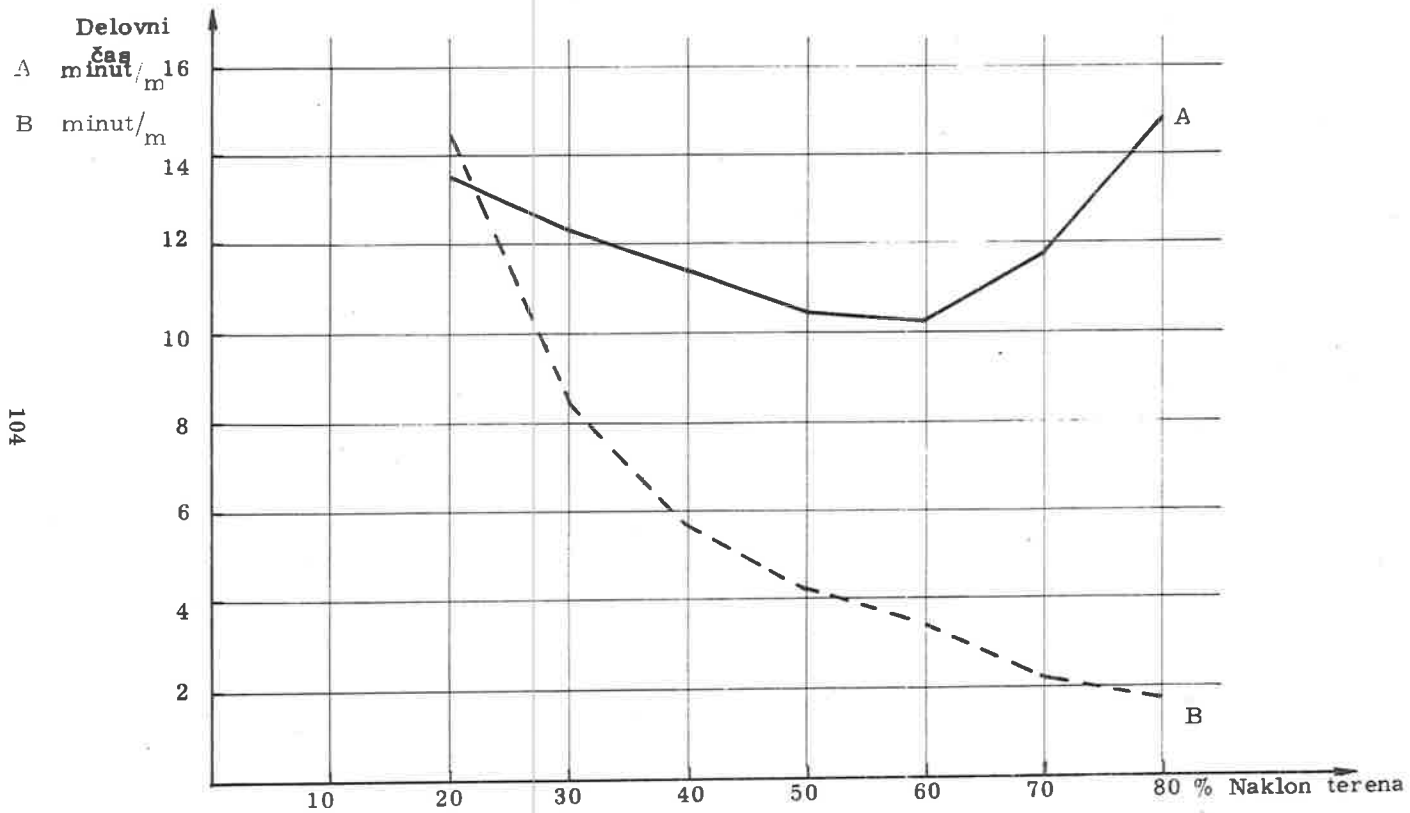
6. ODVISNOST STROŠKOV MINIRANJA OD NAKLONA TERENA

Celotni stroški miniranja 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 vrtanja z vrtalnim strojem, ki ga najpogosteje uporabljajo na gradbiščih gozdnih prometnic, in sicer za vrtalno kladivo RK-18, priključeno na kompresor FAGRAM 700. V izračunani ceni so zajeti le stroški gradbenega obrata, ni pa upoštevan faktor podjetja.

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



Iz podatkov o porabi časa za vrtanje ter z upoštevanjem kalkulativne cene vrtanja smo izračunali stroške vrtanja. Račun je bil izdelan za stroške vrtanja na tekoči meter trase in kubik izkopa. Na grafikonu (priloga št. 6) iz poteka krivulje zasledujemo, koliko so stroški vrtanja odvisni od spreminjanja naklona terena. Na položnejših terenih vse do naklona 60%, se stroški vrtanja na tekoči meter trase bistveno ne spreminjajo. Skokovito naraščanje pa zasledimo nad tem naklonom. Pri naklonu 80% se stroški že podvojijo. Stroški vrtanja na kubik izkopa parabolno padajo, čimbolj se strmina veča.

b) Stroški odstreljevanja

Za račun stroškov odstreljevanja so nam rabili 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.

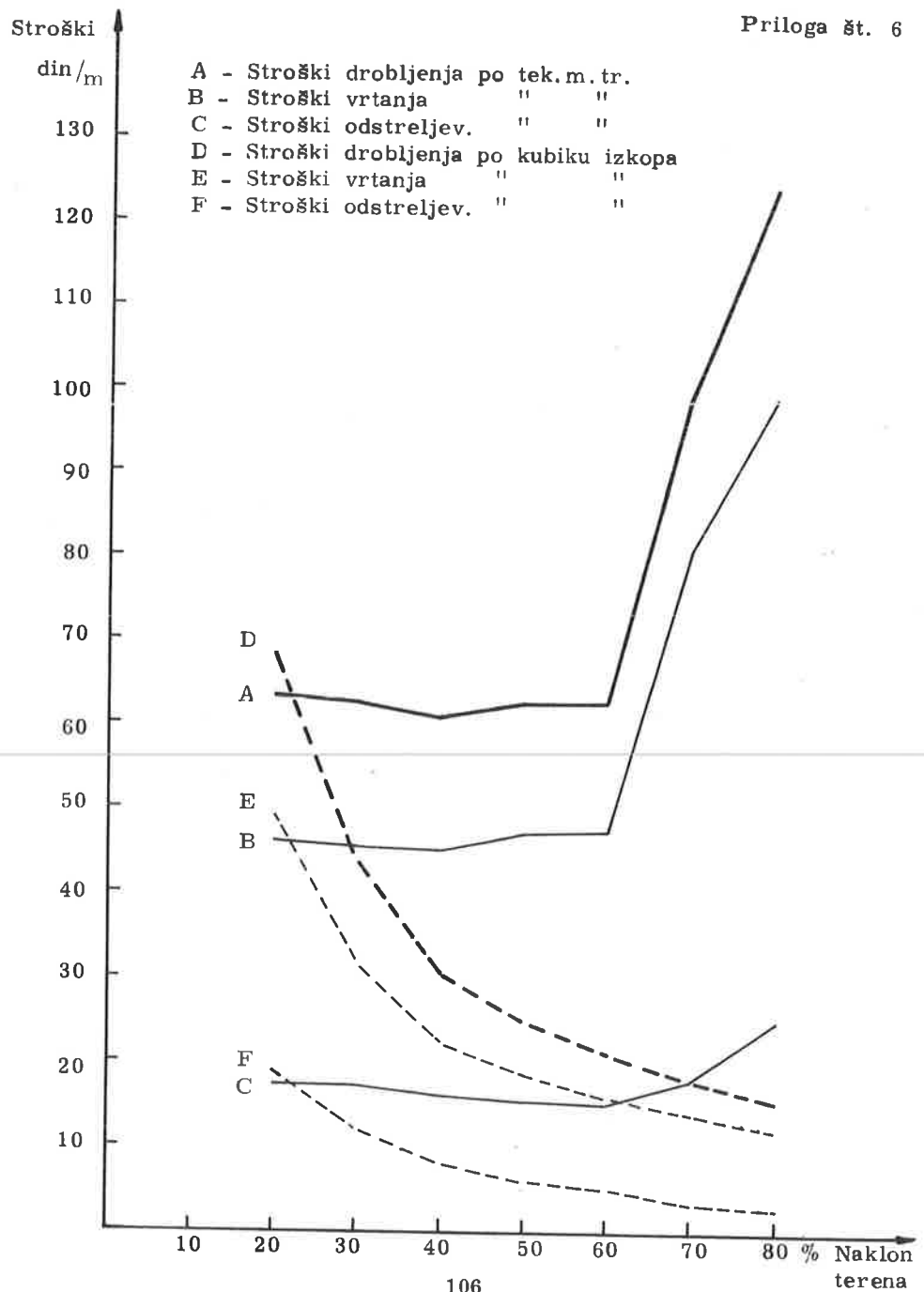
c) Skupni stroški miniranja

Seštevek stroškov vrtanja in odstreljevanja nam da skupni strošek miniranja, kar je grafično prikazano na prilogi št. 6. Potek krivulje skupnih stroškov, ki nakazujejo odvisnost med stroški miniranja in naklonom terena, je zelo podoben poteku krivulje za vrtanje. Pomembna je ugotovitev, da stroški miniranja na tekoči meter trase niso bistveno odvisni od naklona terena na položnejših terenih vse do strmine 60%; od tega naklona dalje 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 miniranja hribine. Tako velik 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

Priloga št. 6



7. POVZETEK GLAVNIH UGOTOVITEV

Glavne ugotovitve obravnavane tematike:

- Težišče proučevanja in iskanja izboljšav je smotrno usmeriti na tisto fazo dela, ki v celotnem delovnem procesu zahteva največ naporov delavcev in je najdražja. Pri gradnji gozdnih cest na trdni podlagi je taka faza miniranje.
- Pred samim izvajanjem miniranja je potrebno izdelati jasno opredeljen cilj miniranja, ki mora upoštevati vse značilnosti uporabljene tehnike dela in terenske razmere.
- Kot osnova za uspešnost miniranja je pravilno izbrana geometrija miniranja, kar je za traso gozdne ceste na različnih naklonih terena prikazano na prilogah 2 a, b in c.
- Pri vrtanju minskih vrtin je učinek odvisen od mnogih parametrov. Podrobneje je proučena odvisnost učinka vrtanja od globine vrtine. Učinek vrtanja z globino vrtine parabolčno pada.
- Normativ minskih vrtin in poraba razstreliva na tekoči meter trase se z naklonom terena bistveno ne spreminja vse do strmine 60%, na strmejšem terenu pa oba normativa hitro naraščata. Normativ, preračunan na kubik izkopa, z večanjem strmine parabolčno pada.
- Pri miniranju na trasi z najpogostejšim naklonom terena 40% odpade 74% stroškov na vrtanje minskih vrtin in le 26% na odstreljevanje.
- Normativov, ki jih uporabljajo v splošnem gradbeništvu, ni mogoče nekritično uporabljati pri gradnji gozdnih cest, ker le-ti ne upoštevajo dovolj tistih specifičnosti, ki so na trasah gozdnih prometnic odločilne.

SPRENGARBEITEN BEI FORSTSTRASSENBAU IN HARTEN GESTEINEN

Zusammenfassung

Die ungenügende Walderschliessung in Slovenien ruft nach weiterem Forststrassenbau, vor allem im schwierigem Gelände mit hartem Grundgestein. In solchem Gelände ist die Sprengung von allen Bauarbeiten am teuersten und am anspruchvollsten. Noch vor Beginn der Bauarbeiten ist das Ziel der Sprengung genau zu definieren. Beim heutigen Forststrassenbau soll dabei folgendes erfasst werden:

- das gesprengte Gestein soll soweit zerkleinert werden, dass beim Einbau in Aufschüttungen eine genügende Verdichtung möglich ist;

- die Zerkleinerung des Grundgesteins soll am grössten im Niveau des Planums sein;
- durch eine einmalige Sprengung ist der definitive Profil des Aushubs und stabile Böschungen zu erreichen;
- bei optimaler Wirtschaftlichkeit soll Schädigung der Umwelt minimal sein.

Um diese Ziele zu erreichen, muss eine entsprechende Sprengungsgeometrie mit Berücksichtigung von Art und Zustand der Gesteinsgrundlage und Geländeneigung angewandt werden. Sprengungsgeometrie für eine geplante Forststrasse im dolomitisiertem Kalkgestein mit Geländeneigung 20-80% wird angegeben.

Der Arbeitsablauf bei der Sprengung wurde durch eine eigene Methodik untersucht. Dabei wurde unterschieden: Sprenglochbohrung und die Sprengung. Die Leistung bei der Sprenglochbohrung hängt von manchen Faktoren ab, genauer wurde nur die Tiefe der Bohrung untersucht. Mit zunehmender Tiefe der Bohrung nimmt die Bohrleistung in Form einer parabolischen Kurve ab.

In einem 8 stündigem Arbeitstag bei durchschnittlichen Arbeits- und Geländebedingungen entfällt auf die effektive Bohrung 60% der Arbeitszeit. Der Rest wird für Verschiebungen des Arbeitsplatzes, Pausen, Pannen usw. verbraucht. Wichtig ist die Feststellung, dass die normierte Tiefe der Bohrlöcher und für die Menge des Sprengstoffes bis zu einer Geländeneigung von 60% ziemlich gleich bleiben und in steilerem Gelände dann rasch zunehmen. Die gleichen Aufwände bezogen auf 1 m³ Aushub nehmen mit der Geländeneigung in Form einer parabolischen Kurve ab. Ähnlich verhält es sich auch mit den Kosten der Bohrung und Sprengung, bzw. mit den Kosten für die ganze Spreng - Arbeit.

LITERATURA

1. AUBÖCK, F.: Der Felsvortrieb im Forststrassenbau, Allgemeine Forstzeitung, Wien 1968/7
2. BERTAPELLE, A.: Ekonomika bušenja perkusionim čekićima, Bušenje i miniranje, Ravne 1968/2
3. BERTAPELLE, A.: Delo z vrtnim orodjem in faktorji, ki vplivajo na ekonomiko vrtnja, Gradivo za posvetovanje o miniranju pri gradnji gozdnih cest, Kočevje 1972
4. DOBRE, A.: Vpliv dolžine cevi na učinek pri vrtnju minskih vrtin, Gozdarski vestnik 1969/9-10

5. DOBRE, A.: Problematika miniranja pri gradnji gozdnih cest, Gradivo za posvetovanje o miniranju pri gradnji gozdnih cest, Kočevje 1972
6. GRIMŠIČAR, A.: Geološki problemi pri gradnji sodobnih cest, Sodobna gradnja cest, Ljubljana 1969
7. HACKERMÜLLER, W.: Bohrlafetten im Forstwegebau, Allgemeine Forstzeitung 1973/3
8. HAFNER, F.: Regelprofile zur Massenermittlung beim Nulllinienverfahren, Allgemeine Forstzeitung 1965/7
9. IVANETIČ, J.: Masovno odstreljevanje na odseku Unec - Postojna nove ceste Vrhnika Postojna, Rudarsko-metalurški zbornik 1971/4
10. IVANETIČ, J.: Tendence razvoja tehnike miniranja pri površinskih delih, Gradivo za posvetovanje o miniranju pri gradnji gozdnih cest, Kočevje 1972
11. KLEMENČIČ, I.: Stičnice in njihov pomen pri gradnji gozdnih cest, Gozdarski vestnik 1961
12. MOČEVIČ, M.: Minerski radovi na šumarskim komunikacijama, Narodni šumar 1958/4-6
13. NEUBER, B.: Praktische Erfahrungen beim "Mechanisierten Felsvortrieb", Allgemeine Forstzeitung 1973/3
14. RADANOVIĆ, Z.: Masovna miniranja na iskopu trase autoputa Rijeka - Karlovac dionice Orehovica-Kikovija, Informator 1973/32
15. SCHILDER, R.: Erfahrungen über Sprengmethoden und Längstransporte beim Forstwegebau in der Steiermark, Allgemeine Forstzeitung, Wien 1964/15-16
16. VYPLEL, K.: Die Sprengtechnik beim forstlichen Wegebau, Allgemeine Forstzeitung 1962/1-2
17. VUKASANOVIĆ, Ž.: Paljenje minskih punjenja, Beograd 1965