

INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO PRI BF

KDAJ UPORABITI BULDOŽER
IN KDAJ BAGER PRI
GRADNJI GOZDNIH CEST

Borut BITENC

LJUBLJANA, 1986

oxf. 383.7

e-339

INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO LJUBLJANA

KDAJ UPORABITI BULDOŽER IN
KDAJ BAGER PRI GRADNJI
GOZDNIH CEST

Raziskovalna naloga

Nosilec naloge:
Borut BITENC, dipl. inž.



Ljubljana, 1986

Direktor:
Marko KMECL, dipl. inž.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Marko Kmecl".



e-339

A v t o r : Borut BITENC, dipl.inž.gozdarstva,
raziskovalni sodelavec Inštituta za
gozdno in lesno gospodarstvo v Ljubljani

Oxf. 383.7

Izvleček:

**BITENC, B.: KDAJ UPORABITI BULDOŽER IN KDAJ BAGER
PRI GRADNJI GOZDNIH CEST**

Kot osnovni stroj za zemeljska dela se na gozdni cesti namesto buldožerja vse pogosteje uporablja bager . Omejenjena raziskava tako odgovarja na vprašanje, kdaj je ustrenejša uporaba buldožerja in kdaj bagra, kakšna je najprimernejša tehnika dela in katere so prednosti uporabe enega ali drugega stroja predvsem iz vidika varovanja okolja.

Synopsis:

**BITENC, B.: PLANIERRAUPE ODER HYDRAVLIKBAGGER IN
FORSTSTRASSENBAU**

In Forststrassenbau wird zunehmend Hydraulikbagger statt Planiererraupe verwendet. Die vorliegende Untersuchung soll vor allen die Frage klären, in welchen Fällen die eine oder die andere Baumaschine vorteilhafter ist, wie lassen sich Bauschäden im Walde am besten vermeiden und welche Arbeitstechniken dabei verwendet werden.

VSEBINA	Stran
1. UVOD	1
2. DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA IZBIRO STORJA	3
2.1. VPLIV NAKLONA TERENA GLEDE NA RAZMEJITEV PODROČJA DELA BULDOŽERJA OZIROMA BAGRA	3
2.2. VRSTA HRIBINE IN IZBIRA USTREZNE TEHNOLOGIJE	7
3. TEHNIKA GRADNJE GOZDNE CESTE Z BAGROM	9
4. OCENA EKONOMIČNOSTI GRADNJE GOZDNE CESTE Z BAGROM	24
5. ZAKLJUČEK	26
6. LITERATURA	28

1. UVOD

Gradnja gozdnih prometnic predstavlja poseg v prostor, pri katerem nastane rana, ki je lahko majhna in jo narava sama dokaj hitro zaceli, lahko pa je to rana, katere posledice so vidne daljši čas. Ob takšni gradnji prihaja predvsem v težkih in strmih terenih pogosto do poškodb na sestoju in okolju, ki nas vodijo v razmišljanje, kako naj v bodoče sploh še gradimo, da omenjene poškodbe kolikor je le mogoče omilimo. Pri gradnji gozdnih cest v skalnatem terenu se tako srečujemo s problemom drobljenja hribine, ki ga najpogosteje izvajamo z miniranjem z vsemi posledicami. Tudi odstranitev materiala pri sami gradnji spodnjega ustroja je bila do nedavna največkrat rešena kar s stranskim odrivom, pri čemer je prihajalo predvsem v strmem skalnatem terenu še do dodatnih poškodb zaradi kotalenja materiala po pobočju. Ob tem so velike količine materiala nešteto krat zasipavale celo struge vodotokov, že obstoječe prometnice ali druge plodne površine.

Da torej čim bolj zmanjšamo nezaželene učinke, ki jih pri naša gradnja gozdnih prometnic v gozdu in gozdnem prostoru je nujno, da je že sama trasa primerno položena, predvsem pa cesta ustrezno grajena. Tako imamo pri sami gradnji na razpolago vrsto različne mehanizacije, za katero pa vemo, da njena uporaba povsod ravno ni najbolj primerna. Zaradi tega je nujno, da pri izbiri samega stroja poznamo njegove dobre in slabe strani, saj le na ta način lahko upamo, da bo takšna gradnja tudi uspešna.

Kot osnovni stroj za zemeljska dela se pri nas pri izvedbi spodnjega ustroja gozdne ceste še vedno uporablja buldožer, ki pa ga vse pogosteje zamenjuje bager. Če si samo pogledamo, kako se je spremenjalo število, moč in opravljene ure v lasti gozdnogospodarskih organizacij Slovenije v zadnjih 18 letih (lit.8), vidimo sledeče (tabela 1):

Tabela št.1

leto	B u l d o ž e r			B a g e r		
	število	moč(kW)	Opr.ure	število	moč(kW)	Opr.ure
1966	24	-	-	-	-	-
1968	15	-	-	-	-	-
1970	24	1.576	25.416	-	-	-
1972	27	1.750	32.804	-	-	-
1974	31	1.887	36.363	-	-	-
1976	45	2.934	44.129	1	41	-
1978	48	2.916	55.879	3	93	1.707
1980	51	3.803	55.856	6	375	6.172
1982	66	4.977	76.408	12	1.038	11.614
1984	68	5.508	78.783	17	1.345	14.472

Medtem, ko se število buldožerjev v zadnjih letih povečuje razmeroma počasi, pa število bagrov narašča vse hitreje, kar kaže na njegovo vse večjo uporabo. Seveda moramo vedeti, da gre tu le za številčno stanje v lasti gozdarskih delovnih organizacij, da pa je danes pri gradnji gozdnih prometnic dejansko število bagrov znatno večje. Tu gre predvsem za usluge drugih podjetij in privatnikov, ki na ta način pokrivajo trenutne potrebe gozdarstva. Sama gradnja se namreč vse bolj odmika v težke strme terene, kjer je gradnja gozdnih cest z bagrom iz vidika varovanja okolja trenutno najprimernejša in v posameznih primerih edina še upravičena.

Da torej ugotovimo, kdaj je pri gradnji gozdne ceste ustreznejša uporaba buldožerja in kdaj bagra, kakšna je najprimernejša tehnika dela in kakšne so prednosti uporabe enega ali drugega stroja, je zastavljena omenjena naloga.

2. DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA IZBIRO STROJA

Uvajanje novih strojev v gozdnem gradbeništvu ima za posledico tudi spremembo tehnologije same gradnje, pri čemer je potrebno upoštevati predvsem dva glavna dejavnika in sicer naklon terena in vrsto hribine.

2.1. VPLIV NAKLONA TERENA GLEDE NA RAZMEJITEV PODROČJA DELA BULDOŽERJA OZIROMA BAGRA

Glede na način gradnje gozdnih prometnic lahko rečemo, da na izbiro ustrezne tehnologije gradnje v največji meri vpliva naklon terena. Od naklona terena je namreč odvisna količina izkopa, oblika cestnega telesa pri izkopu, širina planuma v raščeni-
nih tleh, širina celotnega cestnega telesa, višina in naklon odkopne in nasipne brežine, širina izsekanega pasu gozda, ki izgubi lesnoproizvodno funkcijo itd..

Kot najpogostejša oblika prečnega profila gozdne ceste na pobočju se pojavlja mešani profil, pri čemer leži del cestnega telesa v raščeni-
nih tleh, del pa v nasipu. Naša želja pri sami gradnji je namreč ta, da čimveč materiala iz izkopa porabimo za izvedbo nasipa (izravnava mas) seveda ob tem, da tak nasip še omogoča varno vožnjo. S tem, ko del cestnega telesa postavimo na raščena tla, del pa na sam nasip, namreč v znatni meri zmanjšamo kubaturo izkopa in še vrsto drugih negativnih strani same gradnje. Seveda je možnost take gradnje odvisna predvsem od vrste tal in naklona terena, pri čemer je stabilnost nasipa pri naklonu nad 60% in ob neustrezni gradnji že celo vprašljiva. V takem primeru moramo os ceste premakniti bolj v pobočje, s čimer se znatno poveča kubatura izkopanega materiala, s tem v zvezi pa tudi stroški same gradnje. Materiala iz izkopa namreč v takem primeru ne smemo enostavno odriniti po pobočju navzdol, posebno ko gre za trdo hribino, kajti poškodbe na stoječem drevju so v takem primeru neizogibne, kakšna pa je

prihodnost tako poškodovanega sestoja pa vemo. Seveda pa takšen način gradnje ne pomeni nevarnosti samo za gozd, temveč se pod tako grajeno cesto pogosto nahajajo še drugi objekti, kot so naselje, cesta, železnica ipd., spremeni se izgled krajine, neizogibne so motnje v hidrološkem ravnotežju, do trajnih poškodb lahko torej pride v celotnem ekosistemu.

Da torej čim bolj zmanjšamo negativne posledice, ki jih prinaša gradnja gozdnih prometnic v pobočju, lahko glede na naklon terena napravimo pri uporabi stroja za zemeljska dela sledeče omejitve.

Naklon terena do 45 %

Pri gradnji gozdne ceste v terenu z naklonom do cca 45%, kjer material iz izkopa ob prečnem odzivu formira stabilen nasip že po nekaj metrih lahko torej brez večje nevarnosti uporabimo kot osnovni stroj za zemeljska dela ustrezen buldožer. Tu gre namreč v glavnem za gradnjo cest v položnem do zmerno strmem terenu, kjer še ne prihaja do kotaljenja materiala po pobočju. Ob tem, ko buldožer (angledozer) material iz izkopa enostavno odrine prečno v nasip le tega ob svojem nekajkratnem prehodu že tudi delno utrdi.

Naklon terena od 45 do 60 %

Gradnja gozdne ceste v terenu z naklonom med 45 in 60% že zahteva znatno bolj kontroliran premik materiala iz izkopa v nasip. Ob stranskem odzivu materiala iz izkopa se namreč v tem primeru vse težje samostojno formira ustrezen nasip, vedno daljša je nasipna brežina, nevarno pa je tudi, da se večji del materiala (predvsem v trdi hribini in pri večjem naklonu) ustavi šele na dnu pobočja.

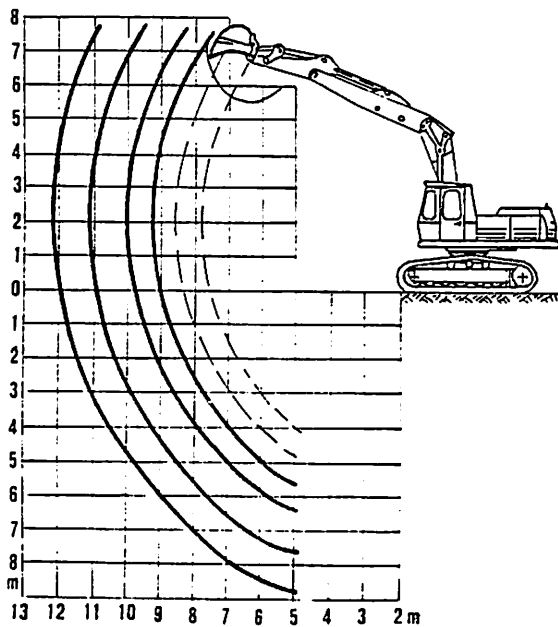
Kot najustreznejši stroj, ki nam omogoča kontroliran premik materiala ob gradnji gozdne ceste, je pri nas trenutno vsekakor bager. Za razliko od buldožerja, ki svoje delo opravlja s tem, da se premika s svojo težo po trasi sem ter tja in ob tem odri-va material iz izkopa prečno v nasip, pa deluje bager v glavnem iz svojega stojišča. S svojo gibljivo ročico in veliko močjo obvlada razmeroma široko delovno območje (skica 1).

Skica 1

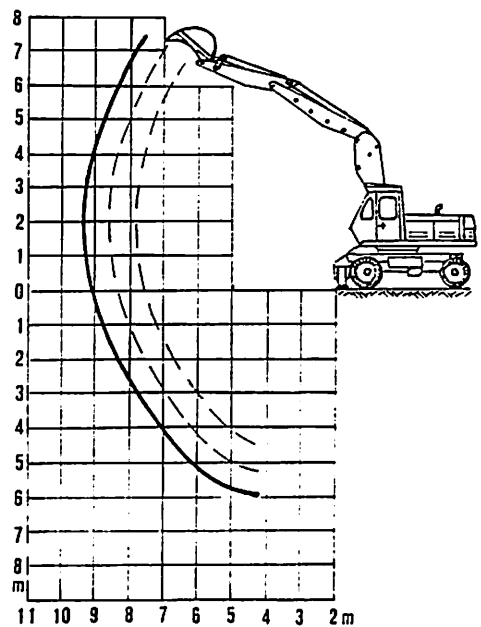
Doseg ročice pri delu z bagrom

Radoje Dakić

G - 800 C



G - 600 B



Bager tako lahko sam izkoplje material, ga naloži ali pa sam transportira, preloži ali vgradi. Predvsem v strmini, kjer je nevarnost poškodb vsled kotaljenja materiala, lahko dober strojnik kontrolirano izvaja premik malodane vsega materiala. Poleg tega izkopani material lahko tudi sortira, v kolikor ni predhodno odstranjen les iz trase ga preloži na ustrezno mesto, izkopava panje na trasi in si z njimi pod njo dela zaščitno bariero. Mnogo bolj načrtno lahko oblikuje odkopno in nasipno brežino, s čimer doseže pri prečnem transportu veliko izravnavo mas. Ob tem pri enaki širini planuma bager v primerjavi z buldožerjem manj zareže v pobočje, brežine so nižje, s čimer se porabi manj gozdne površine, kar je v strmem terenu še kako pomembno.

Naklon terena nad 60 %

Hribina z naklonom nad 60% pa predstavlja zelo strmo pobočje, kjer gradnja gozdne ceste ob kakršnem koli nekontroliranem premiku materiala iz izkopa ni več opravičljiva. Tu nam naklon terena onemogoča izvedbo stabilnega nasipa (razen v primeru predhodne izgradnje podpornega zidu), zaradi česar je potreben odvoz vsega materiala iz izkopa na za to ustrezno mesto. Seveda gre tu za ogromne količine materiala, saj mora biti zaradi velikega naklona terena in kasnejše varne vožnje celotna trasa pomaknjena v raščena tla.

Kot stroj, ki je pri takšni gradnji pri nas trenutno najprimernejši je vsekakor bager, ki poleg tega, da lahko kontrolirano izvaja sam izkop, ves material sproti že tudi naloži na kamion. Seveda je odvoz materiala v nekaterih primerih potreben že pri nižjih naklonih terena, posebno ko vrsta terena onemogoča izravnavo materiala iz izkopa z nasipom in s tem uporabo ustrezne tehnike dela, če obstoja možnost kakršnihkoli večjih poškodb na gozdu ali če so zahtevani izredno strogi varovalni ukrepi zaradi kakih drugih vzrokov, kot so naselje, železnica, cesta.

Kot nam naklon terena omejuje uporabo določene tehnologije odnosno uporabo določene vrste stroja pri gradnji gozdne ceste, tako nam naklon terena omejuje tudi upravičenost same gradnje. Področje z naklonom nad 70% namreč predstavlja mejo, po katerem razen v izjemnih primerih gozdne ceste praviloma ne gradimo. V kolikor pa je takšna gradnja iz kateregakoli vzroka le potrebna, je nujen odvoz vsega izkopanega materiala.

2.2. VRSTA HRIBINE IN IZBIRA USTREZNE TEHNOLOGIJE

Vsekakor pa na izbiro ustrezne tehnologije gradnje gozdne ceste v znatni meri vpliva tudi vrsta same hribine. Povsem drugače namreč poteka gradnja v mehki hribini, kjer celoten izkop materiala opravi ustrezen stroj za zemeljska dela brez predhodnega miniranja, medtem ko je predpogoj za izkop v trdi hribini njeno predhodno drobljenje, za kar so potrebni dodatni stroji, potrebna pa je tudi drugačna organizacija dela, itd.

Izkop trase gozdne ceste v mehkem terenu razen v izjemnih primerih (slabo nosilna tla, plazovit teren, velik naklon..) ne predstavlja večjega problema. Kot najprimernejši stroj za zemeljska dela v terenu z naklonom do cca 45% je vsekakor buldožer, medtem ko je pri večjih naklonih primernejši bager. Povsem drugačna situacija pa nastopi tedaj, ko gre za izkop v trdi hribini, kjer brez predhodnega drobljenja same hribine ne gre. Srečamo se s problemom miniranja, torej uporabo razstreliva, poškodbami in nevarnostmi, ki jih omenjeno delo prinaša, kar vse nas vodi v razmišljanje, na kakšen način eventuelno zamenjati tudi omenjeno tehniko dela in s tem zmanjšati uporabo razstreliva na minimum.

Poleg klasičnega načina drobljenja trde hribine z uporabo razstreliva se v novejšem času tudi na gozdni cesti in vlaki vse pogosteje uporablja hidravlično kladio, ki omogoča takšen način drobljenja, kjer je uporaba razstreliva minimalna, v določenih primerih celo nepotrebna. Bistvo njegovega delovanja je v tem, da s posebnim dletom udarja po skali in le-to tudi zdrobi. Velika prednost uporabe omenjenega kladija je predvsem v tem, da predstavlja neke vrste priključek na bagru ali njemu podobnem stroju za zemeljska dela, da le ima ustrezne hidravlične karakteristike, katere potrebuje kladio za normalno delovanje (hitrost pretoka olja pri maksimalnem tlaku, maksimalna obremenitev na najdaljši ročici ...).

Na osnovi naših dosedanjih opazovanj lahko predpostavimo, da predstavlja uporaba bagra in hidravličnega kladija takšno tehnologijo gradnje, kjer je celotno delo, to je drobljenje in sam premik materiala opravljeno najpogosteje z enim samim strojem in to brez večjih poškodb na sestoji in okolju. Dosedanji ustaljeni način gradnje s predhodnim miniranjem in s tem uporabo razstreliva namreč zahteva več dodatnih strojev, več vrtalcev, večje so poškodbe, že najmanjša neprevidnost pa lahko povzroči pravo katastrofo. Seveda pa uporaba bagra in hidravličnega kladija v določenem primeru tudi odpove, posebno ko gre za zelo trdo in slabo lomljivo kamenino. Ima pa uporaba hidravličnega kladija tudi svoje slabe strani. Poleg tega, da je njegova nabavna vrednost silno visoka namreč zahteva za svoje normalno delovanje zelo kvaliteten in dovolj močan bager, kajti v nasprotnem primeru so razne okvare in lomi na bagru malodane neizogibni.

3. TEHNIKA GRADNJE GOZDNE CESTE Z BAGROM

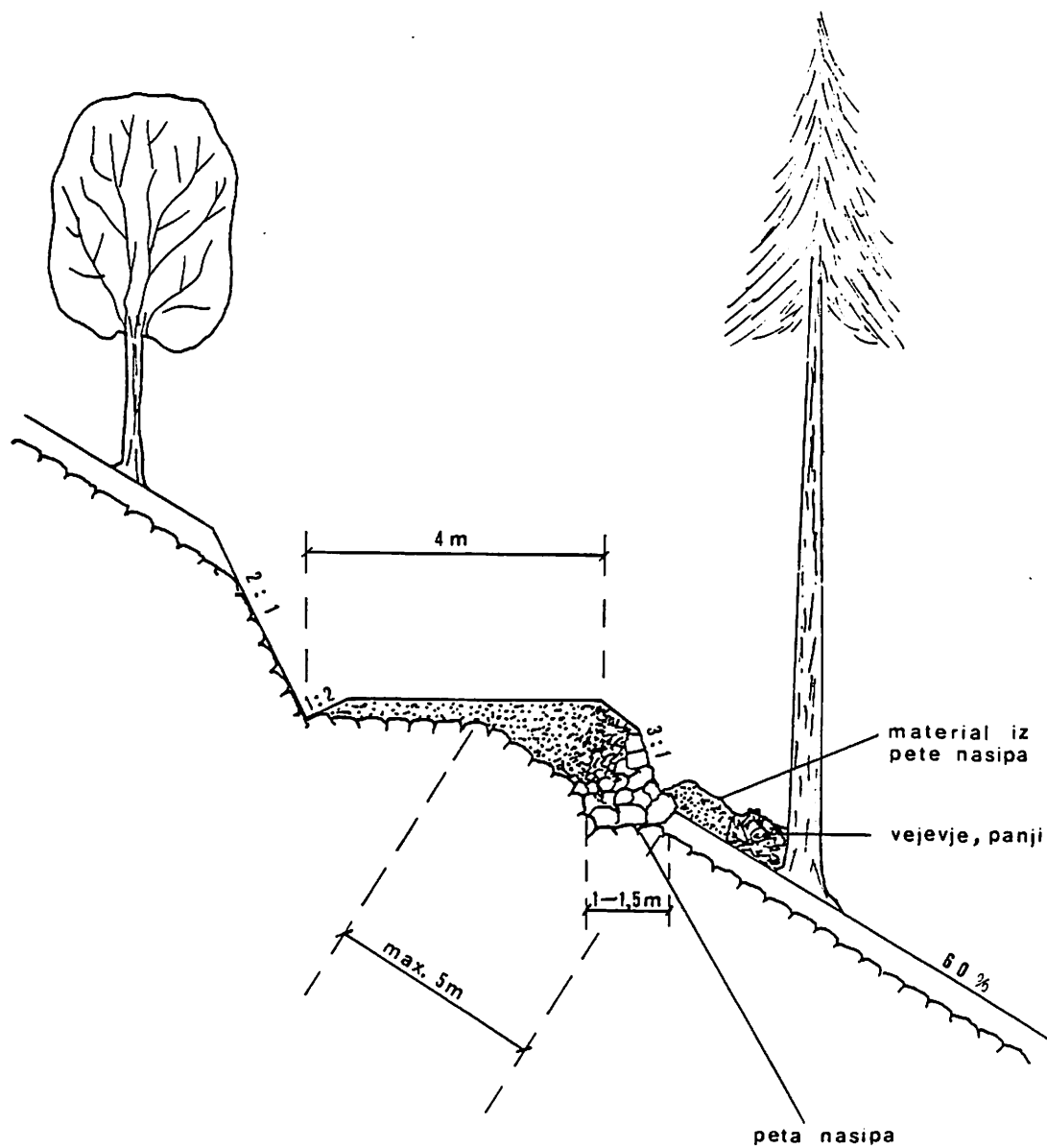
V današnjem času se pri gradnji gozdne ceste tudi pri nas vse pogosteje uporablja bager, pa si zato oglejmo samo tehniko dela.

Celotno tehniko dela z bagrom lahko razdelimo v 5 faz. Shematski prikaz tako grajenega prečnega profila gozdne ceste z bagrom je prikazan na skici 2.

Faza 1: Odstranitev lesa iz trase

Da ne pride pri gradnji gozdne ceste do nepotrebnega zasi-pavanja ali zdrsa podrtega drevja po pobočju si strojnik pomaga na ta način, da pripne posamezne dele drevesa z verigo na za to privarjeno kljuko na nakladalni žlici, in jih prenese na ustrezno mesto na rob že zgrajenega dela ceste. Seveda je storilnost bagra pri takem načinu spravila manjša od storilnosti traktorja, kljub temu pa je tak način umika lesa iz trase najustreznejši in tudi najcenejši. V nasprotnem primeru bi moral biti namreč ves čas prisoten ustrezen traktor, ki bi moral čakati, da mu bager naredi pot, vemo pa, kaj pomeni, ko tak stroj stoji. Seveda ima bager tudi to prednost, da les lahko dvigne tudi nekaj metrov visoko, s čimer se umakne eventualnim oviram, medtem, ko traktor les lahko samo vlačí. Iz svojega stojišča lahko tako bager pobere les tudi 10 do 12 metrov daleč, kar mu omogoča predvsem njegova izredno dolga ročica.

Prečni profil gozdne ceste
grajene z bagrom



Faza 2: Odstranitev vejevja, panjev in humusa

Po odstranitvi lesa, uporabnega za nadaljno predelavo, ostane na trasi vejevja in drugi tanjši lesni odpadki, ki jih bager preloži na spodnji rob bodoče nasipne brežine in iz njih naredi zaščitno pregrado za gozdni sestoj pod cesto. V to pregrado preloži tudi ves ostali material, ki ne sme v sam nasip, izkopane panje pa nato položi preko pregrade, s čimer jo še dodatno utrdi. Na celotnem profilu nato odstrani travno rušo in humus in ju polaga odnosno posipava po že urejeni nasipni brežini, ali pa vse skupaj prelaga na ustrezno mesto poleg sebe in posuje po brežini šele potem, ko je le-ta dokončno oblikovana. V kolikor gre ob izkopu za večjo količino humusa je njegova odstranitev iz nasipa nujna, saj je s tem znatno zmanjšana stabilnost samega nasipa. Je pa njegova prisotnost po površini nasipa v manjši količini zelo priporočljiva, saj so s tem podani znatno boljši pogoji naravne ozelenitve brežine kot sicer.

Faza 3: Izkop jarka - pete nasipa

Na dnu nasipne brežine bager izkoplje cca 1 - 1,5 metra širok jarek, tako imenovano peto nasipa, ki predstavlja podnožje bodočega nasipa. Izkopani material prenese na spodnji rob jarka in to nad zaščitno pregrado iz vejevja in panjev, s čimer si znatno poveča koristno širino samega jarka. Seveda z imenovano peto nasipa lahko računamo le v primeru, ko gre za gradnjo v mehki hribini. V trdi hribini namreč gradnja pete nasipa ni racionalna.

Faza 4: Izvedba nasipa

Bager prelaga izkopani material v nasip in to najprej v izkopan jarek - peto nasipa, na katerem nato gradi ostali nasip.

V kolikor gre za gradnjo v terenu, kjer se pojavljajo tudi manjše skale, ki jih je potrebno predhodno razdrobiti, polaga v podnožje nasipa najprej večje kose kamenja, ki nastanejo ob takšnem drobljenju, nanje pa nato nalaga drobnejši material.

V kolikor torej vrsta hribine in naklon terena omogočata izvedbo pete nasipa in s tem izgradnjo stabilnega nasipa, os ceste ni potrebno toliko premakniti v samo pobočje kot sicer, s čimer se znatno zmanjša sama kubatura izkopa. V primeru, da se vsega izkopanega materiala le ne da vgraditi v sam nasip, da pa je nujen odvoz, strojnik lahko izmenoma gradi nasip in naklada višek materiala na kamion. Stabilnost tako zgrajene ceste je seveda zelo odvisna tudi od spretnosti samega strojnika.

Faza 5: Zaključna dela

Kot zadnja faza važnejših del, ki jih na gozdni cesti opravi bager je izravnava planuma, ureditev odkopne in nasipne brežine in ureditev sistema odvodnjavanja.

V zvezi z izravnavo planuma je še do nedavna prevladovalo mišljenje, da se planum ceste lahko uredi v glavnem le z buldožerjem. V današnjem času pa lahko govorimo, da v ta namen pogostokrat ni več potreben dodaten stroj temveč omenjeno delo opravi strojnik bagra kar s samim bagrom odnosno njegovo silno gibljivo ročico. Seveda na uporabo ustreznega stroja pri omenjenem delu vsekakor vpliva spretnost strojnika kot tudi zahtevana kvaliteta same gradnje, zahtevnost terena itd.

Tudi za ureditev brežinje vsekakor najustreznejši bager. Njegova dolga in gibljiva ročica mu namreč omogoča izredno

velike manevrske sposobnosti. Le-te s pridom izkoristi pri dokončnem oblikovanju odkopne in nasipne brežine, ureditvi zgornjega roba odkopne brežine, ki predstavlja neke vrste rak rano same odkopne brežine in je najpogostejši vzrok zasipavanja koritnice, jarka, jaška itd., posipovanju nasipne brežine s humusom itd. Ob tem je seveda stroj tudi v nenehnem premikanju sem ter tja, s čimer še dodatno utrjuje sam nasip.

Seveda si v današnjem času na gozdni cesti brez bagra tudi ne moremo zamišljati ureditve odvodnjavanja. Ravno bager je namreč zelo primeren za izkop jarkov, skorajda nepogrešljiv pa je pri izdelavi propustov.

Sama gradnja gozdnih cest se že tudi pri nas vse več izvaja z bagrom, pa si zato na eni od teh oglejmo nekaj važnejših zapažanj.

Gre za gradnjo gozdne ceste Zala v predelu Rakitna, vse v gravitacijskem območju potoka Zale, ki je pritok Iške. Celotno območje je dokaj strmo (50 - 70%) in poraščeno z gozdovi jelke in bukve. Geološka podlaga je dolomit, ponekod tudi dolomitiziran apnenec. Zaradi velike strmine in še razmeroma kvalitetnih sestojev, ki ležijo pod traso gozdne ceste je bila predvidena gradnja z bagrom in hidravličnim kladivom.

Kot osnovni stroj za zemeljska dela je tokrat uporabljen bager goseničar MF 450 D, izdelek tovarne Massey-Ferguson-Hanomag, medtem ko je za drobljenje trše hribine uporabljeno hidravlično kladivo japonske izdelave, tip NPK K6x. Poleg imenovanega bagra in hidravličnega kladiva je na trasi uporabljen tudi nakladalnik JCB 3 C in sicer z nalogo, da dokončno uredi odkopno brežino, koritnico, propuste in poravna planum.

Osnovni tehnični podatki za imenovani bager so naslednji:

Tip motorja:	Perkins 6.354.1
Moč motorja:	63 kW
Maks.del.pritisk olja:	280 barov
Radij obračanja vrtilne platforme:	2650 mm
Vsebina nakladalne žlice:	0,90 m ³
Masa stroja:	17 ton

Vidimo torej, da se pri omenjeni gradnji gozdne ceste pojavljata na delovišču hkrati dva stroja za zemeljska dela, pri čemer je naloga bagra predvsem osnovni proboj trase oziroma izvedba glavnega izkopa same trase, naloga nakladalnika pa predvsem dokončna ureditev same ceste (poravnava nivelete, ureditev odkopne in nasipne brežine, odvodnjavanje ...) . Glede na to, da sam teren omogoča tudi izvedbo nasipa, poteka delo po predhodno opisanih fazah tehnike gradnje gozdne ceste z bagrom (faze 2 - 4), medtem ko fazo 5 opravi nakladalnik . Analizirani podatki omenjene ceste pred gradnjo in po njej kažejo naslednje :

Na celotni dolžini ceste (2377 m) je bilo od skupno 110 profilov analizirano 73 profilov. Za omenjene profile je bila iz načrta ugotovljena kubatura izkopa, kubatura nasipa in povprečna širina planuma v raščeni tleh. Za iste parametre so bile ugotovljene vrednosti tudi po končani gradnji s tem, da so bile le-te izmerjene neposredno na terenu.

Rezultati so naslednji:

	Kubatura izkopa m^3	Kubatura nasipa m^3	Šir.plan.v rašč.tleh m	Dejanska šir.cestišča m
Iz načrta	8950	1560	3,3	-
Po gradnji	6700	4100	2,9	4,7

Glede na razdaljo 1480 metrov, kolikor je bila dolžina pro-
učevanega odseka, lahko ugotovimo, da znaša povprečna kuba-
tura izkopa (iz načrta) kar $6,0 m^3/m'$ trase, kubatura nasi-
pa pa le $1,1 m^3/m'$, pri čemer je treba poudariti, da je
načrt delan za gradnjo z buldožerjem. Sam načrt tudi pred-
videva, da se zaradi velike strmine pobočja cestišče skoraj
v celoti pomakne v raščen teren (3,3 metra), pri čemer se
nato del tako izkopanega materiala na posameznih mestih
vgradi v nasip (17%), višek pa porabi pri izvedbi izogi-
bališč in v kolikor bo primeren material za izdelavo zgor-
njega ustroja ceste. Ker gre torej v našem primeru za grad-
njo v zelo strmem pobočju in ogromno količino materiala iz
izkopa je razumljivo, da bi se tako velik del materiala ob
neustrezni gradnji ustavil šele v dnu doline.

Povsem drugačne vrednosti pa kažejo meritve na omenjeni tra-
si po končani gradnji, kjer je bil kot osnovni stroj za
zemeljska dela uporabljen bager. Pri delu z bagrom se je
namreč kubatura izkopa zmanjšala kar za 25%, znatno pa se
je povečala kubatura materiala, vgrajenega v nasip. Glede
na celotno kubaturo izkopa le-ta znaša kar 61%, pri čemer
je upoštevana tudi stopnja razrahljanosti 15%. Ostanek ma-
teriala iz izkopa je bil nato delno porabljen pri izvedbi
zgornjega ustroja omenjene ceste, delno za razširitve v
konkavnih krivinah, le neznaten del pa se je seveda skota-

lil po pobočju vendar ob tem ni prišlo do kakih večjih poškodb na gozdnem drevju. Seveda se je ob takšnem načinu gradnje zmanjšala tudi širina planuma v raščeni tleh in znaša v povprečju vsega 2,9 metra. Izmerjena je bila tudi širina dokončno zgrajene ceste (celotna širina planuma), ki znaša v povprečju 4,7 metra ob tem, da so upoštevane tudi krivine in s tem v zvezi ustrezne razširitve. V kolikor pa upoštevamo le širine v premi, pa znaša povprečna širina imenovane ceste le 4,4 metra. Seveda omenjen način gradnje vpliva tudi na naklon odkopnih in nasipnih brežin. Med tem, ko iz načrta lahko ugotovimo, da znaša na celotni trasi naklon odkopne brežine 2:1 (izjema je le večja stena, kjer je predviden naklon 3:1), pa je stanje po gradnji povsem drugačno. Nakloni odkopnih brežin se namreč z vrsto hribine spreminjajo, tako da znaša povprečni naklon v hribini III. kategorije 1,25:1 (51°), v IV. kategoriji 1,7:1 (59°) in v V. kategoriji 2,4:1 (67°).

Tudi kar zadeva naklon nasipne brežine načrt predvideva na celotni trasi naklon 1:1 (45°). Meritve po sami gradnji pa so pokazale, da znaša povprečni naklon nasipne brežine le 40° in da se glede na vrsto materiala iz izkopa bistveno ne spreminja.

Po končani gradnji je bila vzdolž celotnega proučevanega odseka analizirana tudi vrsta hribine. Po vizuelni oceni predvideva načrt 20% izkopa v hribini III. kategorije, 30% v IV. kategoriji in 50% v V. kategoriji. Po gradnji pa je ugotovljeno, da predstavlja cca 25% izkopa hribino III. kategorije, kar 60% hribino IV. kategorije in le 15% hribino V. kategorije. Ves izkop je bil opravljen z bagrom, pri čemer je bil pri dokončni ureditvi odkopnih brežin, koritnice in propustov uporabljen še nakladalnik. Za drobljenje hribine V. kategorije je bilo uporabljeno izključno hidravlično kladivo. V okviru proučevanja omenjene gradnje so bile na večih mestih opravljene tudi meritve glede

ocene storilnosti imenovanega stroja. Ugotovljeno je, da potrebuje bager za preboj 100 metrskega odseka trase v hribini III. in IV. kategorije, pri čemer je 40% III. in 60% IV. kategorije in ob povprečnem izkopu $4,5 \text{ m}^3$ po tekočem metru trase, cca 450 minut, torej 1 dan (8 urni delovnik). Pod pojmom preboj namreč razumemo izkop trase do tolikšne mere, da je možno napredovanje samega stroja ob še zado - voljivo izvedeni niveletih.

Seveda prikazan način in rezultate omenjene gradnje ne moremo jemati kot neke končne vrednosti takšnega načina dela. Ob vsem se namreč pojavlja toliko različnih vzrokov (vrsta hribine, naklon terena, vrsta sestoj, tehnika dela, izvežbanost strojnika ...) , da je zelo težko podati neke natančnejše meje. Dosedanja opazovanja že zgrajenih gozd - dnih cest z bagrom so pokazala, kako zelo je odvisna širina ceste že samo od vrste uporabljenega stroja. Tako ima cesta, zgrajena z bagrom domače izdelave (14.oktobar, Radoje Dakić - cca 100 kW) najpogosteje širino med 5 in 5,5 metra, medtem ko je širina ceste, zgrajene s podobnim bagrom tuje izdelave (O & K, Poclain, Caterpillar...) najpogosteje v mejah med 4,5 in 5 metra. Vzroke za to je treba iskati predvsem v konstrukcijski izvedbi posameznega stroja.

Vidimo torej, da gradnja gozdne ceste z bagrom znatno zmanjša kubaturo izkopa in s tem poseg v raščeno tlo, omogoča kontroliran premik materiala iz izkopa v nasip in s tem preprečuje možne poškodbe na gozdu in okolju, drobljenje hribine z razstrelivom zamenjuje z uporabo hidravličnega kladiiva, skratka takšna gradnja predstavlja znatno manj grob poseg v sam gozdni prostor. Zatorej lahko rečemo, da so prednosti omenjenega načina gradnje gozdne ceste iz vidika varovanja okolja, manjših poškodb itd., v strmih terenu z bagrom v primerjavi z buldožerjem velike.

Če si torej pogledamo, kako je s storilnostjo gradnje gozdne ceste z bagrom v primerjavi z buldožerjem vidimo naslednje (tabela 2, lit.5):

Tabela št.2

Nagnjenost terena	0-40%	40-60%	Nad 60%
Širina planuma	6m	5m	4,5 m
Bul.Caterpillar D 6C	18,0m'/h	12,9m'/h	8,2m'/h
Bag.Liebherr R 921	12,5m'/h	9,5m'/h	7,2m'/h
Bag.Liebherr R 922	14,7m'/h	10,9m'/h	8,5m'/h

Iz omenjene tabele lahko razberemo, da je v blago do srednje nagnjenem terenu (0-40%) delo buldožerja res uspešnejše da pa v zelo strmem terenu (nad 60%) njegova prednost ni več tako očitna .

Pri gradnji gozdne ceste pa se pogostokrat srečamo tudi s problemom, kam z materialom iz izkopa, saj nam naklon terena in vrsta hribine čestokrat onemogočata izvedbo nasipa. Prečni profil ceste iz oblike mešanega profila preide v obliko zaseka , pri čemer se celotna širina planuma pomakne v raščena tla, s tem pa se znatno poveča sama kubatura izkopa. Dobimo torej ogromno količino materiala, ki bi v primeru stranskega odziva, posebno še če gre za trdo hribino , na gozdnem sestoju in okolju naredila veliko škodo. Zato je edini še upravičen način takšne gradnje odvoz takega materiala.

Za prevoz materiala iz izkopa pri omenjenem načinu gradnje lahko uporabimo vrsto različnih kamionov, vendar pa se pojavljajo težave pri samem nakladanju. Najustreznejši stroj za omenjeno opravilo pri nas je vsekakor bager, ki ob tem, ko material izkoplje le-tega tudi naloži . Smo pa

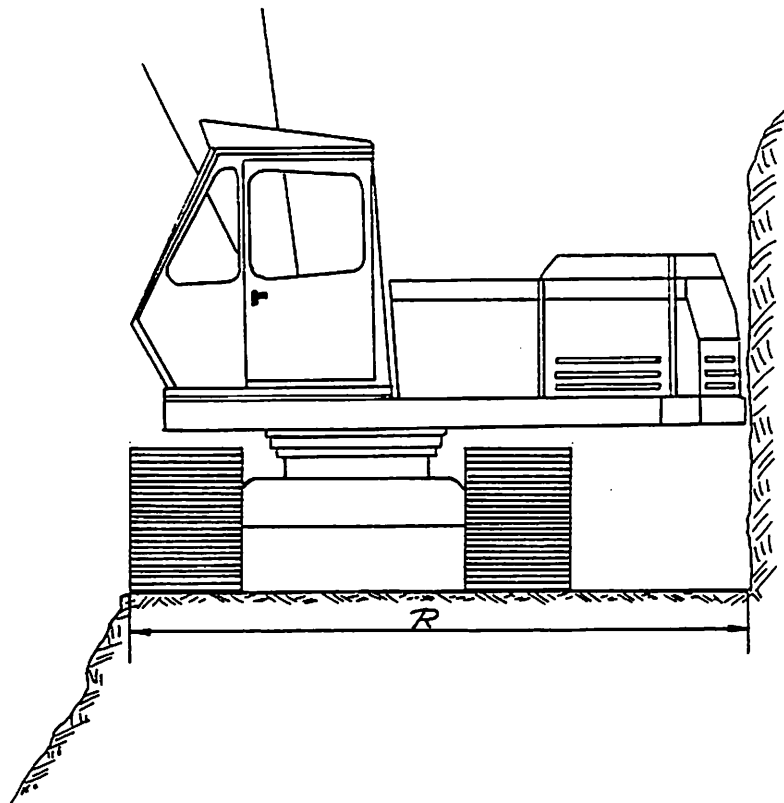
pri izbiri primernega bagra za tako delo do neke mere omejeni. Pri sami gradnji gozdne ceste v zelo strmem terenu (nad 60%) mora biti namreč celotna trasa pomaknjena v raščena tla, kar je nujno za varno delo in kasnejšo varno vožnjo.

Problem, s katerim se torej srečujemo pri samem nakladanju materiala iz izkopa in pri tem v znatni meri vpliva na širino planuma predstavlja konstrukcijska izvedba samega bagra. Le-ta namreč potrebuje za svoje normalno delo določen delovni prostor, saj mora material, ki ga zajame z nakladalno žlico pri izkopu, prenesti na drugo stran, kjer stoji kamion. Pri tem mora s svojim zgornjim vrtljivim delom (vrtilno platformo) narediti obrat okoli osi minimalno za 180° . Glede na to, da imajo različne vrste bagrov omenjeno vrtilno platformo različno oblikovano, in da je del te pri nekaterih pomaknjen daleč nazaj, mora biti zato delovno območje stroja tako veliko, da omogoča obrat najbolj oddaljene točke na taki platformi. Kako različno delovno širino potrebujejo nekateri bagri kažejo številna merjenja. Tako potrebuje bager domače izdelave G- 1000 HD (Radoje Dakić) za obrat zgornjega vrtljivega dela okoli osi za 180° ob tem, da je na eni strani kot ovira vertikalna stena, drugo stran pa omejuje zunanji rob gosenice, od 4,4 do 4,6 metra, bager BGH 1000 C (14.oktobar) pa celo 5,0 metra. Za podoben obrat potrebujejo bagri tuje izdelave znatno manjšo širino kot na primer Caterpillar 215 le 3,7 metra, RH 6 - 3,8 metra, RH 9 - 4,2 metra, MF 450 D - 3,9 metra. Način merjenja potrebne širine obračanja (R) zgornjega vrtljivega dela je prikazan na skici 3.

Vse to nam torej jasno pokaže, kako pomembna je pri sami gradnji gozdne ceste že sama izbira primernega stroja, da pa je kvaliteta dela v največji meri odvisna predvsem od vestnosti in usposobljenosti strojnika je jasno.

Skica 3

Minimalna potrebna širina obračanja (R)
zgornjega vrtljivega dela



V primeru, ko nakladanje materiala z bagrom iz kakršnega-koli vzroka ni možno po spodnji strani (nad nasipno brežino) je možen način prenosa materiala tudi po zgornji strani torej nad odkopno brežino, vendar le v primeru, ko ta ni previsoka (do cca 2,5 metra) in ko naklon terena ni prevelik (do cca 60%) . Zaradi večje varnosti je takšno nakladanje predvsem pri večjem naklonu priporočljivo ob

uporabi najkrajše ročice, saj je v takem primeru pot bremena najkrajša, boljši pa je tudi nadzor nad bremenom.

Seveda na širino planuma v raščelih tleh pri omenjenem delu vpliva med drugim tudi to, kakšen bager je uporabljen, kolesnik ali goseničar. Res je pri kolesniku zgornji vrtljivi del (platforma) višji kot pri goseničarju, kar ima ob obratu le-te pri pravilni obliki odkopne brežine določeno prednost. Zahteva pa kolesnik v primerjavi z goseničarjem kar za cca 10 - 15% (lit.9) večjo širino zaradi stabilizacije samega stroja, kar je v strmem terenu še kako pomembno. Ker ima delo z goseničarjem tudi vrsto drugih prednosti (ob premiku ni izgube časa zaradi ponovnega stabiliziranja stroja, tudi manjša neravnost terena ga ne ustavi, možnost dela ob vsaki terenski situaciji...), je torej pri gradnji gozdne ceste vsekakor primernejša uporaba bagra goseničarja.

Iz vsega omenjenega lahko zaključimo, kako zelo pomembno je, kakšen bager bomo izbrali pri gradnji gozdne ceste, v kolikor želimo, da bo naš poseg v hribino čim manjši ob še normalnem in varnem delovanju samega stroja. Seveda se moramo pri vsem tem zavedati, da nam še tako idealen stroj na terenu ne pomeni veliko, v kolikor z njim ne upravlja dobro izurjen in vesten strojnik.

Ker se pri gradnji gozdnih cest v današnjem času pogostokrat srečamo tudi s problemom odvoza materiala iz izkopa, si oglejmo osnovne podatke merjenj ene izmed takih gradenj in sicer gradnje gozdne ceste Kukovnica nad Tržičem.

V zelo strmem terenu (povprečni naklon 65%) je bager kolesnik gradil gozdno cest, ki zahteva popolen odvoz vsega izkopanega materiala. Sama hribina je razmeroma trd apnenec, ki se vzdolž trase izmenjuje s pobočnim gruščem in po-

sameznimi žepi zemlje. Za drobljenje trde hribine je bilo uporabljeno izključno hidravlično kladivo Montabert BRH-250. Sam izkop in nakladanje materiala je delal bager kolesnik znamke Poclain tip 90 P, medtem ko je kamion Mercedes 1418 odvažal material na najbližje ustrezno mesto za odlaganje.

Celoten izkop, nakladanje kot tudi drobljenje trde hribine je torej vezano na delo bagra. V primeru, da med samim izkopavanjem materiala naleti na trdo hribino, ki mu onemogoča nadaljnje delo, namreč nakladalno žlico zamenja z hidravličnim kladivom, s katerim takšno hribino predhodno razdrobi. Tako se izmenjuje (z žlico - s kladivom) pomika po trasi naprej, pri čemer material iz izkopa sproti naklada na kamion. Ker gre torej ob nakladanju za obrat zgornjega vrtljivega dela za 180° je torej nujno, da je širina planuma vsaj tolikšna, da omogoča normalno, predvsem pa varno delo.

V zvezi z delom bagra so že bila opravljena številna proučevanja in sicer pri nakladanju posipnega materiala ob mehanizirani izvedbi zgornjega ustroja gozdne ceste (lit.2). Ob omenjenem delu je bila ugotovljena storilnost bagra goseničarja RD - 800 C in bagra kolesnika RD - 600 B (R. Dakić), ki znaša za bager goseničar povprečno 2 m^3 naloženega materiala v minuti, za bager kolesnik pa $1,4 \text{ m}^3$ v minuti. Omenjeno delo sicer lahko primerjamo tudi z delom bagra ob izkopu trase gozdne ceste, pri čemer je potreben odvoz izkopanega materiala, vendar bo takrat storilnost bagra zaradi vrste drugih dejavnikov, ki spremljajo takšno delo vsekakor nižja.

Po končani gradnji je bila na 300 metrskem odseku omenjene ceste izmerjena povprečna širina planuma v raščelih tleh.

Ugotovljeno je, da ta znaša v povprečju 4,5 metra, pri čemer so upoštevane tudi vse razširitve v krivinah. Seveda je na posameznih mestih, kjer je teren zelo strm ($> 70\%$) in hribina kompaktna skala, omenjena širina le 4,0 metra, pri čemer je odkopna brežina skorajda vertikalna. Čim manjši poseg v hribino v strmem in težkem terenu pa je še kako pomemben, kajti v nasprotnem primeru se takoj srečamo z ogromno količino dodatnega izkopa, za katerega pa vemo, kaj takšen izkop pomeni (povečan obseg dela, povečani stroški, ...).

Poteka pa sama gradnja gozdne ceste v primeru odvoza materiala iz izkopa razmeroma počasi. Na osnovi večdnevni opazovanj lahko tako pri določenih delovnih pogojih podamo naslednjo oceno takšne gradnje.

Delovni pogoji:

- povprečen izkop po tekočem metru trase znaša 6 m^3
- izkop in nakladanje izvaja bager Poclain 90 P z nakladalno žlico $0,9 \text{ m}^3$
- odvoz materiala izvaja 1 kamion
- povprečno breme kamiona znaša $4,0 \text{ m}^3$
- razdalja prevoza znaša 200 metrov
- za drobljenje trše hribine je uporabljeno izključno hidravlično kladivo BRH - 250
- celotno delo strojnika na bagru ocenjeno kot povprečno.

V primeru, ko gre torej za izkop in odvoz materiala v hribini III. kategorije znaša povprečna dolžina takšnega odseka cca $35 \text{ m}'$ trase na dan (8 ur). Takoj, ko je potrebno tudi drobljenje hribine in s tem v zvezi uporaba hidravličnega

kladiva (40% III.kategorije - 60% V.kategorije), je učinek takšnega dela znatno nižji in znaša le 13 m' trase na dan. Ko pa gre za izkop v trdi hribini (razmeroma trd apnenec) pa znaša učinek takšnega dela le 8 m' trase na dan. Vidimo torej, kako močno vpliva na učinek celotnega dela takšne gradnje prisotnost trde hribine, torej njeno drobljenje. Poleg tega na omenjen učinek vpliva tudi odvoz materiala, posebno ko gre za vzvratno vožnjo, kot tudi zamenjava nakladalne žlice s hidravličnim kladivom ob spremembi vrste hribine, ki znaša od 10 - 15 minut (enkratna zamenjava).

4. OCENA EKONOMIČNOSTI GRADNJE GOZDNE CESTE Z BAGROM

Ker se torej pri gradnji gozdnih cest namesto buldožerja kot osnovni stroj za zemeljska dela tudi pri nas vse pogosteje uporablja bager, se zastavlja vprašanje, koliko takšna gradnja seveda stane. Kljub temu, da je od uporabe prvega bagra pri nas preteklo že kar 10 let lahko rečemo, da njegova uporaba pridobiva na pomenu predvsem v nekaj zadnjih letih, ko se gradnja gozdnih cest vse bolj odmika v strma skalna pobočja, pri čemer je dan vse večji poudarek tudi na samem varovanju okolja. Glede na to, da je tehnika dela z omenjenim strojem pri nas v glavnem šele v proučevanju je razumljivo, da nekih natančnejših podatkov o tem, koliko takšna gradnja seveda stane še nimamo. Poleg tega je tudi zelo težko dati odgovor v nekih konkretnih vrednostih, saj moramo pri vsem tem upoštevati tudi številne druge dejavnike (škoda zaradi gradnje, tehniko dela, ...), ki pa jih zelo težko ovrednotimo. Lahko pa v zvezi z delom bagra v primerjavi z buldožerjem (primerjava izkopa po m³) že damo približno oceno stroškov takšne gradnje. Na osnovi podatkov stroškov

takšne gradnje po posameznih gozdnih gospodarstvih namreč ugotavljamo, da je gradnja z bagrom v strmem terenu (do cca 60%) in mehki hribini za 20 - 40 % dražja od gradnje z buldožerjem (gre za primerjavo strojev približno iste moči).

Seveda je tehnologija gradnje gozdnih cest z bagrom v svetu, predvsem v Avstriji in Švici, že znatno bolj poznana. Različni avtorji tako na osnovi dolgoletnih izkušenj dajejo že tudi svoje podatke glede omenjene gradnje. Tako na primer Neuber (lit.6) ugotavlja, da je gradnja z bagrom (primerjava dela izkopa po m^3), v položnejšem terenu za 15 - 20% dražja od običajne gradnje z buldožerjem. Za gradnjo v strmem terenu pa smatra, da je z bagrom ugodnejša, če upoštevamo, da le-ta ne povzroča večjih škod. Isti avtor pa med drugim tudi navaja, da je gradnja z bagrom v primeru odvoza materiala kar za 50 - 100% dražja od gradnje, ko bager material, pridobljen ob izkopavanju vgrajuje v nasipno brežino. Gorton (lit.5), med drugim ugotavlja, da se v primeru gradnje v zelo strmem terenu (nad 70%), kjer je potreben odvoz celotnega materiala iz izkopa, povečanje stroškov takšne gradnje giblje kar od 50 pa tja do 400%.

Seveda pa navedene podatke ne moremo prenašati k nam, saj gre za delo v povsem drugačnih razmerah. Kljub vsemu pa iz njih že lahko razberemo prednosti uporabe bagra in s tem nadaljnjo smer razvoja gozdnega gradbeništva.

5. ZAKLJUČEK

Pogoj za uspešnost gradnje gozdnih cest predstavlja uporaba ustreznega stroja in ob tem pravilna tehnika dela. Ker se omenjena gradnja pri nas vse bolj odmika v strma pobočja, kjer se kot osnovni stroj za zemeljska dela uporablja tudi bager je torej jasno, da gre za tehnologijo gradnje, ki seveda zahteva tudi določeno tehniko dela. Le na ta način namreč lahko izkoristimo prednosti, ki jih takšno delo prinaša. Seveda moramo vedeti, da na uspešnost takšne gradnje deluje še vrsta drugih dejavnikov, na katere v določenem primeru lahko, na nekatere pa tudi ne moremo vplivati. Zavedati pa se moramo, da izmed treh osnovnih vidikov (tehnični, ekonomski, ekološki), s katerimi se srečujemo pri gradnji gozdnih cest, predstavlja trenutno ravno zadnji ekološki vidik problem št.1, čemur morata biti ostala dva vsekakor podrejena.

Za gradnjo gozdnih cest v strmem terenu je tako kot najustreznejši stroj trenutno vsekakor bager. V primerjavi z buldožerjem ima gradnja z bagrom vrsto prednosti, od katerih določene ne moremo podati z nekimi konkretnimi vrednostmi. Tu so mišljene predvsem poškodbe na sestoju in krajini, kjer trenutno edino pravilna uporaba bagra omogoča takšen način gradnje, kjer so le-te zares minimalne. Ob takšni gradnji se znatno zmanjša poseg v raščeno hribino, kontrolirano se prenaša in koristi material iz izkopa, ki omogoča hitrejšo sanacijo takšnega posega v prostor. Veliko prednost pomeni tudi uporaba bagra in hidravličnega kladiva kot stroja za drobljenje hribine. Ravno bager ima namreč to možnost, da nakladalno žlico zelo hitro lahko zamenja s hidravličnim kladivom, s katerim nato razdrobi določen del trše kamenine. S tem obvaruje sestoj pred negativnimi posledicami, kakršne

prinaša drobljenje hribine z uporabo razstreliva.

Vedeti pa moramo, da se kot osnovni člen omenjenega dela pojavlja človek in da je predvsem od njega odvisno, kakšna bo kvaliteta dela. Zaradi tega moramo težiti za tem, da bo na ustreznem stroju zaposlen predvsem ustrezno izvežban in vesten strojnik.

6. LITERATURA

1. BITENC, B.: Bager in hidravlično kladivo na trasi gozdnih prometnic, Gozdarski vestnik, 1984, št.10
2. BITENC, B.: Sinhronizacija strojev pri mehanizirani izvedbi zgornjega ustroja gozdne ceste. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Ljubljana, 1985
3. DOBRE, A.: Oblikovanje cestnega telesa in ozelenitev brežin pri gradnji gozdnih cest. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Ljubljana, 1978
4. DOBRE, A.: Novi stroji za gradnjo gozdnih cest. Sodobno kmetijstvo, 1982, št.2
5. GORTON, F.: Praxis und Kosten einer landschafts-schonenden Bauausführung von Forststrassen . Allgemeine Forstzeitung, 1985, št.8.
6. NEUBER, B.: Pfleglicher Forstwegebau im steilen und felsigen Terrain. Allgemeine Forstzeitung, 1977, št.8
7. NEUBER, B.: Landschaftsgerechter Forststrassenbau im Gebirge. Internationaler Holzmarkt, 1980, št.11
8. REMIC, C.: Stanje mehanizacije v gozdarstvu. Splošno združenje gozdarstva Slovenije, Ljubljana, 1968-1984
9. * Prospektni material.

