

INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO
PRI BIOTEHNIŠKI FAKULTETI

MAG. ANDREJ DOBRE

OBLIKOVANJE CESTNEGA TELESA IN OZELENITEV
BREŽIN PRI GRADNJI GOZDNIH CEST

LJUBLJANA, OKTOBER 1978

oxf. 383.1

Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
pri Biotehniški fakulteti

OBLIKOVANJE CESTNEGA TELESA IN OZELENITEV
BREŽIN PRI GRADNJI GOZDNIH CEST

Ljubljana, oktober 1978

Sestavil:

mag. Andrej DOBRE, dipl.ing. gozd.



Direktor:



Milan KUDER, dipl.ing. gozd.

Avtor: mag. Andrej Dobre, dipl.ing.gozd.
Tehnična izvedba: Borut Bitenc, dipl.ing.gozd.
Pedološki opis: Janko Kalan, dipl.ing.gozd.
Fitocenološki opis: Ivan Smole, dipl.ing.gozd.

Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
pri Biotehniški fakulteti
Ljubljana, Večna pot 2

UDK: 634.0.383.1

Naslov:

OBLIKOVANJE CESTNEGA TELESA IN OZELENITEV BREŽIN
PRI GRADNJI GOZDNIH CEST

Iz v l e č e k

Proučeno je vprašanje, kako oblikovati telo gozdne ceste na pobočju, da bo zagotovljena potrebna stabilnost vozišča in brežin. V ta namen so proučeni osnovni dejavniki, ki vplivajo na širino vozišča (vpliv prometa, stabilnost ceste in gospodarnost gradnje). Nadalje so obdelani elementi odkopne in nasipne brežine ter parametri cestnega telesa. Kot vzporedno vprašanje je obravnavana širina pasu za posek dreves zaradi trase. Navedene so izkušnje o občutljivosti drevesnih vrst na zasutje. Obširneje so obdelani glavni dejavniki, ki vplivajo na naravno ozelenitev brežin v razmerah, ki vladajo na trasi gozdnih cest. Prikazana je dinamika naravnega zaraščanja nasipnih in odkopnih brežin. Podan je tudi smoter sanacije brežin z ozelenitvijo ter opisane so tiste metode zatratitve, ki so najbolj ustrezne za potrebe gozdnih prometnic.

V S E B I N A

	Stran
1. UVOD	1
2. METODIKA PROUČEVANJA	3
3. OBLIKOVANJE CESTNEGA TELESA	7
3.1. Širina vozišča	7
3.1.1. Dejanska širina vozišča v premi	13
3.1.2. Širina vozišča v krivini	14
3.2. Širina planuma	16
3.2.1. Dejanska širina planuma	28
3.2.2. Širina planuma gozdne poti	36
3.3. Širina cestnega telesa	37
3.3.1. Elementi odkopne brežine	38
3.3.2. Elementi nasipne brežine	52
3.3.3. Dejanska širina cestnega telesa	55
3.4. Širina izsekanega pasu	59
3.4.1. Posek nad odkopno brežino	65
3.4.2. Posek na tlorisu nasipne brežine	66
3.4.3. Občutljivost dreves na zasutje	67
4. OZELENITEV BREŽIN	72
4.1. Potreba po ozelenitvi	72
4.2. Naravna ozelenitev	74
4.2.1. Dejavniki, ki vplivajo na ozelenitev brežine	74
4.2.2. Rezultati opazovanj naravne ozelenitve brežin	81

	Stran
4.3. Sanacija brežin z ozelenitvijo	107
4.3.1. Namen sanacije	107
4.3.2. Zatravitev brežin	110
4.3.3. Metode zatraitve	116
4.3.3.1. Enostavna setev	116
4.3.3.2. Setev v nastil	118
4.3.3.3. Vodna setev	121
4.3.3.4. Druge metode zatraitve	122
4.3.4. Rezultati opazovanj ozelenitve odkopne brežine z enostavno setvijo	123
4.3.4.1. Primerjava poteka ozelenitve odkopnih brežin na različnih objektih	135
5. SLIKOVNO GRADIVO	138
6. DISKUSIJA	141
7. POVZETEK GLAVNIH UGOTOVITEV	142
8. LITERATURA IN VIRI	145

1. UVOD

Pri gradnji gozdnih prometnic prihaja v zadnjem obdobju do precejšnjih sprememb. Te spremembe izhajajo iz zahtev, ki jih postavlja današnji in bodoči način prometa v gozdu ter današnja tehnika same gradnje prometnic. Prevoz dolgega lesa s težkimi vozili zahteva od gozdne ceste bolj izravnane elemente, večjo širino, predvsem pa večjo stabilnost vozišča. Vse te zahteve narekujejo drugačen potek trase po razgibanem terenu in globlje položitev vozišča v sam teren. Zaradi takega položaja trase prihaja pri gradnji do večjih premikov zemeljskih mas, na pobočju nastajajo višje odkopne in nasipne brežine, s tem pa obsežnejše gole površine, izpostavljene razdiralnim silam erozije. Tudi današnja tehnologija pri gradnji gozdnih cest ni naklonjena ozkim trasam in lepo oblikovanemu cestnemu telesu. Pri uporabi težkih strojev z veliko kapaciteto je večji poudarek na količini opravljenega dela, žal pa premalo na kakovosti. Kot posledica hitrega napredovanja gradnje pogosto ostaja cestno telo nepravilno oblikovano, kar povzroča kasneje večje vzdrževalne stroške in zelo počasno naravno saniranje brežin z vsemi neugodnimi učinki.

S pričujočo raziskovalno nalogo smo želeli proučiti osnovno vprašanje, kako naj oblikujemo cestno telo, da bo zagotovljena potrebna stabilnost vozišča in brežin ter da bomo pri tem kar najmanj posegli v gozdni prostor. Tematika je zelo obsežna, ker zajema številne probleme, ki se med seboj prepletajo, saj posegamo v prostor najbolj pestrega ekosistema.

Pri proučevanju zastavljene naloge smo se morali posluževati predvsem lastnih terenskih meritev, kajti literatura, ki obravnava ta vprašanja, je zelo skopa in največkrat ne zajema specifičnih razmer, ki nastopajo na trasah gozdnih cest. Razumljivo, da se pri gradnji gozdnih cest pojavljajo zelo različni pogoji dela, ki izhajajo tako iz pestrih terenskih

razmer kot iz različnih tehničnih in gospodarskih možnosti. V okviru naših proučevanj smo skušali zajeti predvsem tiste razmere, ki nastopajo v normalnih okoliščinah oziroma ki veljajo za povprečne terenske razmere. Nismo pa proučevali izjemnih primerov (cestno telo na labilnem terenu, sanacija visokih, nestabilnih brežin itd.), kajti za reševanje teh vprašanj je potrebno prilagoditi tehnične in biološke ukrepe konkretnim objektom, od katerih ima vsak svoje specifičnosti.

Osnovni namen naših razmotrivanj je bil v proučevanju tistih dejavnikov, ki so prisotni pri gradnji cest v gozdu in ki jih kot naravne danosti želimo čimbolj izkoristiti v procesu saniranja golih površin, ki so nastale s posegom človeka v okolje. V ta namen smo največ pozornosti posvetili naravnemu ozelenjevanju brežin oziroma tistim ukrepom, ki so enostavni, ceneni, vendar še dovolj učinkoviti. Čimprejšnja ozelenitev golih površin, bodisi naravnim potom ali s posredovanjem človeka, ima dvojen pomen in sicer estetski, še v veliko večji meri pa ekološki, ko se po sanaciji ponovno izpostavi naravno ravnotežje, ki je bilo z grobim posegom pri gradnji porušeno. Prav sanacija v ekološkem smislu pa ima tudi globoko gospodarsko utemeljitev.

2. METODIKA PROUČEVANJA

Za potrebe obravnavane raziskovalne naloge je bila pripravljena metodika dela, ki je prilagojena namenu in smotrom naloge. V literaturi nismo zasledili nekih izdelanih metod za proučevanje oblikovanja cestnega telesa na gozdnih cestah niti za proučevanje ozelenitev brežin. Ker namen raziskovalne naloge ni bil v tem, da bi podrobno proučili samo eno ozko in zaokroženo strokovno vprašanje, ampak smo želeli proučiti širši splet vprašanj, ki so povezana z oblikovanjem brežin in njihovo ozelenitvijo, zato smo temu cilju ustrezno prilagodili tudi obsežnost proučevanja.

Za proučitev v nalogi postavljenih vprašanj smo na terenu izbrali 4 trase gozdnih cest, ki smo jih uporabili kot stalne objekte proučevanja. Poleg sistematičnih meritev na teh večjih objektih smo posamezne podatke zbirali tudi z občasnimi meritvami na različnih trasah gozdnih prometnic v Sloveniji.

Objekti so bili izbrani po naslednjih kriterijih:

- dovolj velika pestrost hribine, ki je značilna za globino do 3 m v gričevnatem in predgorskem svetu;
- talna podlaga naj zajema karbonatna in kislata tla;
- teren naj po svoji razgibanosti zajema povprečne razmere, ki so značilne za gradnjo gozdnih prometnic (cest in poti) v pretežnem delu Slovenije.

Na trasi opazovanih objektov smo vse željene podatke zbirali na posameznih prečnih profilih. Prečni profili so bili izbrani na značilnih lomih terena in na značilnih oblikah brežin. Največkrat so bili prečni profili izbrani na istem mestu kot so bili izbrani pri zakoličevanju trase, saj smo tako najlažje primerjali podatke z glavnim projektom. Prečni profili so tako v statističnem smislu predstavljali vzorce za zbiranje terenskih podatkov.

Za zbiranje podatkov na posameznem profilu je bil izdelan snemalni list, ki je zajemal naslednje informacije:

- oznaka objekta
- številka profila
- lega profila: - ekspozicija
 - nadmorska višina
 - terenska oblika
 - naklon pobočja
- opis vegetacije nad cestnim telesom:
 - oddaljenost gozdnega roba
 - značilnosti gozda
 - značilnosti podrasti
 - značilnosti pasu do gozdnega roba
- geološka podlaga
- vodni režim: - propustnost tal
 - vodno zaledje
- elementi prečnega profila:
 - planum: - širina
 - odkopna brežina: - datum snemanja
 - osnovni naklon
 - poševna višina
 - koordinata profila
 - pedološki opis tal
 - stabilnost brežine
 - zasenčenost
 - zaščita
 - opis in pokrovnost vegetacije
 - nasipna brežina: - datum snemanja
 - naklon
 - poševna dolžina
 - sestava materiala
 - zasenčenost
 - zaščita
 - opis in pokrovnost vegetacije

Pojasnilo k nekaterim informacijam:

- terenska oblika: osnovna oblika pobočja, na katerem se nahaja profil (osnovne oblike so: ravno pobočje, konveksno in konkavno). Upoštevali smo le izrazitejše primere.

- naklon pobočja: nagnjenost pobočja nad odkopno brežino smo merili z žepnim padomerom Meridian. Pri meritvi smo upoštevali izravnani naklon v globini pasu, ki ima pomembnejši vpliv na obliko cestnega telesa.
- opis vegetacije nad cestnim telesom zajema pas širine okoli 10 m nad zgornjim robom odkopne brežine in do take globine, ki pomembneje vpliva na zarast odkopne brežine.
- elementi prečnega profila: pedološki opis tal, stabilnost brežine, opis in pokrovnost vegetacije, sestava hribine zajema opis povprečnega stanja na profilu, ki ga zajema pas širok 1 m. Pokrovnost vegetacije smo ocenjevali okularno in jo izrazili v odstotkih z vegetacijo pokrite površine. Z znakom + smo označili pokrovnost, kadar je bila brežina porasla le s posameznimi rastlinami.

Za stabilno brežino smo označevali tisto stanje na brežini, ko ni bilo opaziti posledic erozije, oziroma erozija ni ovirala ozelenitve in material ni zasipaval vznožja brežine.

Zasenčenost in zaščito brežine smo ocenjevali okularno. Zasenčenost smo delili v tri stopnje: 1 - zasenčen profil, 2 - delno zasenčen, 3 - nezasenčen profil.

Tudi zaščito brežine smo delili na tri stopnje: 0 - nezaščitena, 1/2 - delno zaščitena, 1 - zaščitena brežina.

Popis vegetacije na brežinah ter nad cestnim telesom je opravil fitocenolog; medtem ko je pedološki opis tal, geološko podlago in vodni režim opisal pedolog-gozdar.

Poleg meritev na terenu smo za 3 objekte proučili še nekatere podatke iz glavnih projektov zaradi primerjave, kolikšna so odstopanja podatkov v projektu od dejanskega stanja po izgradnji. Iz glavnih pro-

jektov smo analizirali naslednje podatke: naklon terena, širino planuma, naklone odkopnih in nasipnih brežin, višino odkopnih ter poševno dolžino nasipnih brežin.

Vsi podatki so bili obdelani po znanih statističnih metodah. Med samim zbiranjem in analiziranjem podatkov smo večkrat razmišljali o računalniški obdelavi; vendar smo končno iz določenega razloga od tega odstopili. Za računalniško obdelavo bi rabili mnogo več podatkov, ki bi bili za tako obdelavo ustrezno pripravljene. Predvidevali smo, da bi bili rezultati take obdelave preveč "statistični". Pri naših proučevanjih nam ni šlo toliko za točne matematično statistične izračune, ker bi bili za prakso manj uporabni, pač pa smo v vsakem podatku skušali spoznati njegovo vsebino.

3. OBLIKOVANJE CESTNEGA TELESA

Kadar hočemo pravilno oblikovati konstrukcijsko telo neke prometnice, v našem primeru gre za telo gozdne ceste, moramo predhodno podrobno proučiti vse osnovne elemente, ki tako telo sestavljajo. V ta namen smo v okviru zastavljene naloge proučili vse pomembnejše dejavnike, ki kakorkoli vplivajo na razsežnosti sestavnih elementov cestnega telesa. Razumljivo, da smo največ poudarka dali tistim elementom, ki imajo na cestno telo največji vpliv. Obenem smo skušali zajeti značilnosti prometa na gozdni cesti oziroma tiste specifičnosti, ki so prisotne pri gradnji gozdnih prometnic.

3.1. Širina vozišča

Vozišče je tisti del cestnega telesa, po katerem poteka promet, je torej namenska površina, zaradi katere pravzaprav gradimo vsako prometnico. V tem poglavju bomo obravnavali le eno dimenzijo vozišča in sicer širino vozišča, ne pa tudi debelino, čeprav se zavedamo, da sta si v določenih terenskih razmerah obe dimenziji v medsebojni odvisnosti.

Širino vozišča tokrat ne bomo podrobneje obravnavali s prometnega vidika, temveč v okviru širine planuma, ki ima odločujoč vpliv na oblikovanje cestnega telesa. Vozišče zajema v povprečnih terenskih razmerah najširši pas v cestnem telesu, zato ima tudi najmočnejši vpliv na širino planuma in s tem posredno tudi na dimenzije ostalih elementov cestnega telesa.

Predno bomo podali nekatere številčne vrednosti o širini vozišča, je potrebno naštetih osnovne dejavnike, ki imajo neposredni ali posredni vpliv na širino cestišča gozdne ceste.

Po vsebini bi dejavnike lahko združili v naslednje tri skupine:

- a) vpliv prometa
- b) stabilnost ceste
- c) gospodarnost gradnje

ad a) Vpliv prometa

V prvo skupino dejavnikov, ki izhajajo iz zahteve prometa, lahko štejeemo:

- širina vozila
- hitrost vozila
- gostota prometa

Širina vozila na enopasovni cesti vpliva na širino vozišča posredno preko razmaka zunanjih koles, ki na vozišču zapuščajo kolesno sled - kolesnico. Širina vozila je po mednarodnih predpisih omejena na maksimalno širino 2,5 m. Zaradi čimboljše stabilnosti naloženega vozila so kolesa čimbolj razmaknjena, tako da je zunanji rob koles praktično enak širini vozila. Razmak med zunanjim robom zadnjih koles pri močnejših vozilih, ki jih danes čedalje pogosteje uporabljamo za prevoz lesa, znaša 2,30 - 2,40 m. Močnejša in obenem tudi težja vozila zahtevajo zaradi varnejše vožnje tudi širši varnostni pas zlasti na slabo nosilni podlagi. Razvoj transporta pri prevozu lesa gre v smeri uporabe vse močnejših vozil, ki zahtevajo praviloma tudi širše vozišče, zato je potrebno to dejstvo upoštevati pri načrtovanju in gradnji novih gozdnih cest.

Hitrost vožnje vpliva na širino varnostnega pasu in s tem na širino vozišča. Na gozdnih cestah je hitrost prometa v primerjavi s prometom na javnih cestah razmeroma majhna (20-40 km/h). Zato sama hitrost enega vozila ni toliko odločujoča kot samostojni dejavnik, pač pa hitrost vozila nastopa kot pomemben dejavnik v sklopu gostote pro-

meta. Pri upoštevanju hitrosti le enega vozila lahko navedemo podatke prof. Hafnerja /13/ ko pravi, da je širina vozišča enaka širini vozila, pomnožena s koeficientom 1,3 za počasno vožnjo, za srednje hitro vožnjo pa ta koeficient znaša 1,6.

Gostota prometa pomembno vpliva tako na širino vozišča, na širino planuma kot na solidnost izvedb vseh elementov cestnega telesa. Nadalje je gostota prometa odločujoč dejavnik pri načrtovanju števila izogibališč oziroma pri odločitvi, ali naj bo cesta eno ali dvo pasovna. Večja gostota prometa zahteva večjo propustnost ceste, ki jo ja mogoče zagotoviti z večjim številom izogibališč in z večjo vozno hitrostjo vozil.

Kako različno so obremenjeni posamezni kraki gozdnih cest na istem gozdnem kompleksu nam lepo ilustrira primer analize cestnega omrežja na planoti Mežakla (gg Bled). Na prilogi števil.1 je prikazana situacija cestnega omrežja, ki ima to značilnost, da se vse ceste povezujejo v eno samo izvozno cesto medtem ko posamezni odcepi cest med seboj niso povezani in nastopajo kot prosti cestni kraki. Na prilogi števil.2 je shematično prikazano cestno omrežje s tem, da je vzdolž vsake ceste grafično podana tista površina gozda, ki kumulativno odpade na ustrezni del ceste. Površina gozda na ta način posredno predstavlja obremenitev ceste na posameznem odseku. Če nam je poznano, kolikšen promet tovornih in osebnih vozil zahteva gospodarjenje na 1 ha gozda, potem ni težko izračunati, kakšna bo gostota prometa oziroma kolikšna bo obremenitev ceste na posameznem odseku. Posamezni kraki so obremenjeni s 25-70 ha gozda po kilometru ceste ali povprečno 45 ha/km. Glavna izvozna cesta, ki vodi od kote 966 (sedež gozdnega revirja Mežakla) proti Bledu, je na začetku obremenjena z 800 ha gozda, ob izteku iz planote pa že s preko 1300 ha gozda. Povsem logično je, da mora biti glavna cesta, ki je približno 20 krat bolj obremenjena kot povprečno posamezni kraki, tudi drugače zasnovana in solidneje grajena. Cesto, ki odpira okoli



Omrežje gozdnih cest

MEŽAKLA

M 1 : 25 000

Stanje 1978

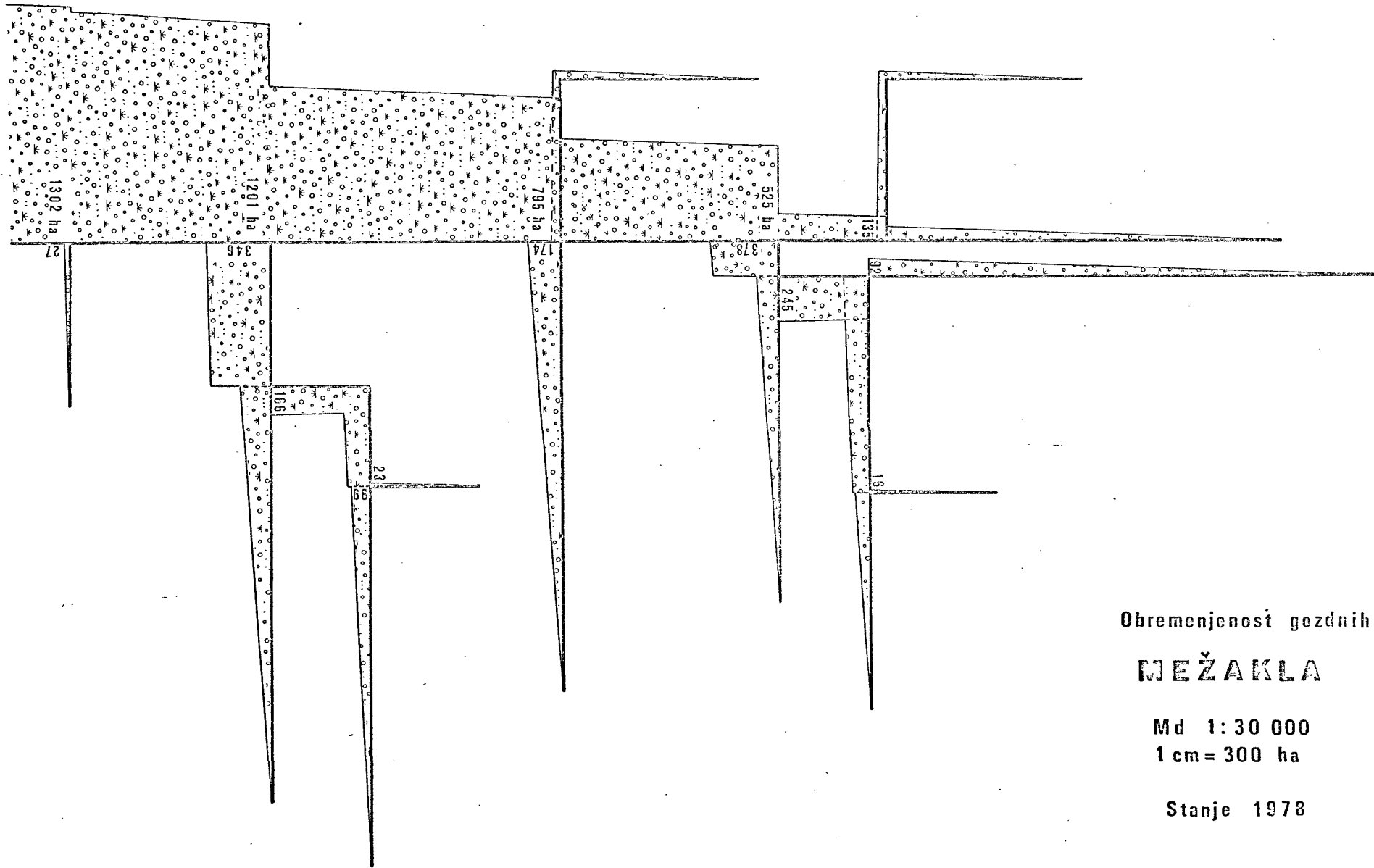
Obremenjenost gozdnih cest

MEŽAKLA

Md 1:30 000

1 cm = 300 ha

Stanje 1978



1000 ha gozda in več, uvrščamo med glavne gozdne ceste. Taka cesta mora omogočati hitrejšo in varnejšo vožnjo, zato morajo biti temu smotru prilagojene dimenzije vseh cestnih elementov.

ad b) Stabilnost ceste

Na širino vozišča ima določen vpliv tudi stabilnost, ki se zahteva pri posamezni cesti. Pod tem pojmom mislimo predvsem na nosilnost vozišča. Ta pa je odvisna od voziščne konstrukcije, torej od utrditve vozišča in od matične podlage, na kateri je vozišče zgrajeno. Če je matična podlaga dovolj nosilna, potem ob enaki utrditvi zgornjega ustroja prihaja le do manjših deformacij samega vozišča in vozila lahko vozijo po istih kolesnicah. Pri slabo nosilni podlagi oziroma pri slabem materialu za zgornji ustroj so deformacije lahko tako velike, da vozišče ne prenese večkratne vožnje po isti kolesnici, zato mora biti seveda vozišče širše. Pri določanju širine vozišča glede na stabilnost podlage je potrebno zopet upoštevati gostoto prometa. Gost promet na cesti obenem pomeni, da je cesta obremenjena v vseh vremenskih razmerah, tudi takrat, ko je cesta najbolj občutljiva na poškodbe (n.pr. v času spomladanske odjuge).

Zahtevana stabilnost ceste je pomemben dejavnik tudi pri določanju širine tistega dela planuma, ki je položen v raščeno tlo. Delež planuma v raščnem tlu v mešanem profilu pa ima svoj vpliv na ostale elemente prečnega profila ceste (širina planuma, višina odkopnih in nasipnih brežin, širina celotnega cestnega telesa), kar bo obravnavano pozneje.

ad c) Gospodarnost gradnje

Pri določanju širine vozišča nas mora voditi osnovno načelo, ki se glasi: vsota vseh stroškov, ki nastopajo v celokupnem kompleksu transporta, mora biti minimalna. V celokupnem kompleksu transportnih stroškov nastopajo trije elementi in sicer: stroški gradnje prometnice, stroški vzdrževanja te prometnice ter neposredni stroški samega prevoza tovora. Čim solidneje je zgrajena prometnica, manjši bodo vzdr-

ževalni in neposredni prevozni stroški, kar velja tudi obratno. Slabša gradnja in slabo vzdrževanje se vedno odrazi v večjih prevoznih stroških. Zato je med vsemi nastopajočimi elementi stroškov potrebno poiskati neko optimalno rešitev. Večja širina vozišča pomeni ugodnejšo, hitrejšo in varnejšo vožnjo, v določenih primerih tudi manjše poškodbe vozišča in s tem manjše vzdrževalne stroške. Večja širina vozišča pa nasprotno pomeni tudi več kubikov materiala za utrditev zgornjega ustroja, več kubikov za izkop in več kubikov za nasip. Večji obseg zemeljskih del praviloma pomeni tudi večje gradbene stroške, vendar pri današnji tehnologiji gradenj z močnejšo mehanizacijo so se ta razmerja bistveno spremenila. Vsekakor mora pri odločanju o širini vozišča dejavnik gospodarnosti zavzemati odločilno vlogo.

Previsoki gradbeni stroški, ki gospodarsko niso utemeljeni z ustreznim zmanjšanjem vzdrževalnih in voznih stroškov, se negativno odražajo v manjši dolžini zgrajenih cest in s tem v počasnejšem odpiranju gozdov.

Pri tehtanju posameznih dejavnikov iz ekonomskega vidika ponovno pride do veljave obremenitev prometnice, ki opraviči oziroma postavi pod vprašaj smotrnost večjih dimenzij za določene cestne elemente. V strmih terenih, kjer so običajno gradbeni stroški zelo visoki, je povsem gospodarsko utemeljeno, da so elementi ceste skromnejši, pa čeprav s tem zmanjšamo udobnost vožnje.

3.1.1. Dejanska širina vozišča v premi

Širina vozišča v premi na enopasovni gozdni cesti se praktično giblje v razmeroma ozkih mejah in sicer od 3,0 - 3,5 m. Ta širina ustreza za gozdne ceste, ki jih danes gradimo oziroma jih bomo gradili v bližnjem obdobju. Najustreznejšo širino vozišča med navedeno spodnjo in zgornjo mejo je potrebno določiti za vsako cesto posebej na osnovi upoštevanja vseh dejavnikov, ki so bili predhodno navedeni.

3.1.2. Širina vozišča v krivini

V krivini mora biti vozišče toliko razširjeno, kolikor se kolesnica zadnjih koles vozila odmakne od kolesnice prednjih koles. Razširitev vozišča je odvisna od velikosti radija krivine, od vrste vozila in od središčnega kota krivine. Podrobneje o razširitvah vozišča v krivinah glede na navedene parametre je obdelano v študiji / 5 /, na tem mestu navajamo samo zbirni grafikon o potrebnih razširitvah glede na radij krivine, vrsto vozila in širino vozišča v premi. Podatki na prilogi številka 3 veljajo za vožnjo v polnem krogu. Če pa je središčni kot krivine manjši od 120° , se ustrezno zmanjšuje tudi potrebna razširitev vozišča.

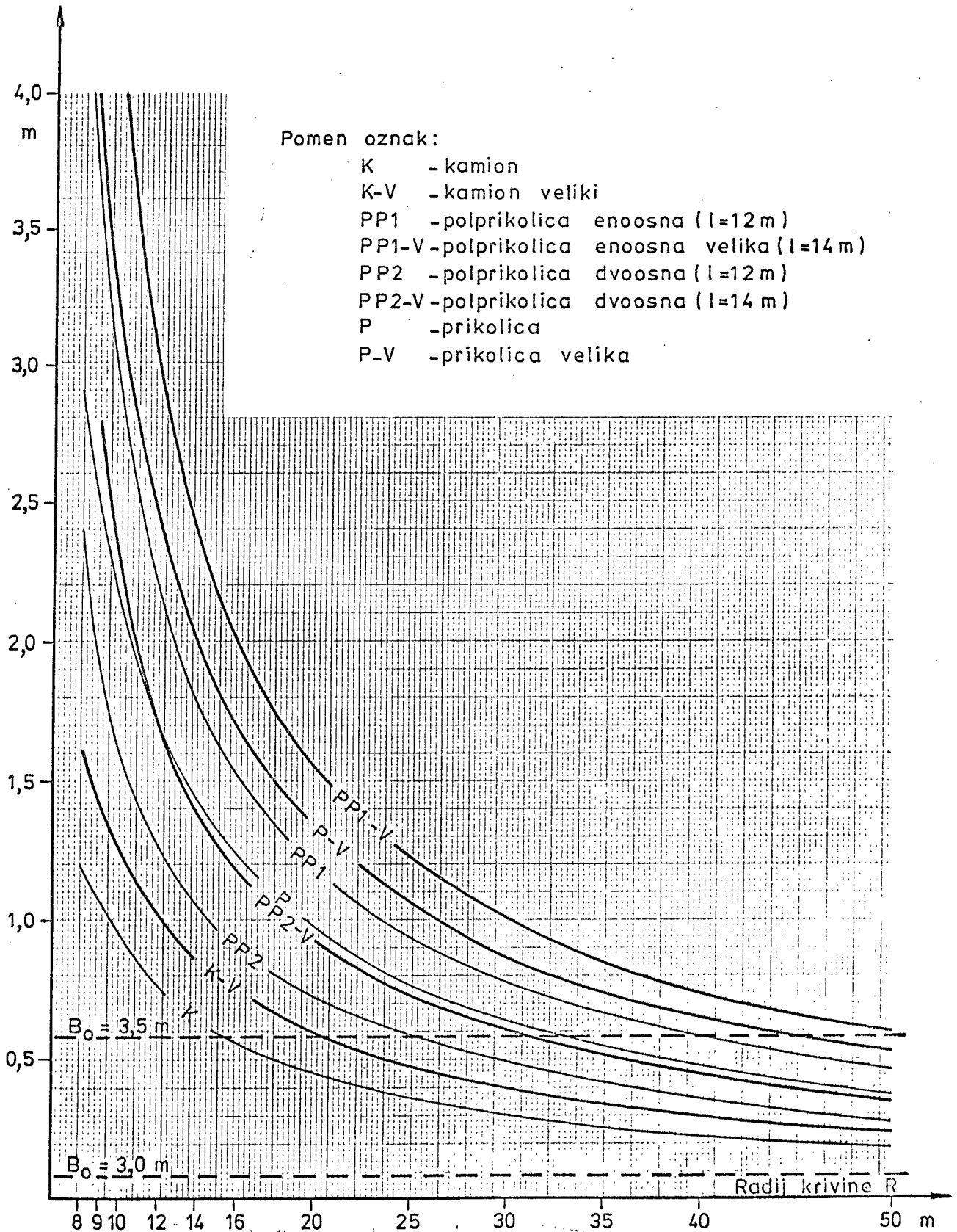
Obravnavanje razširitev vozišča v krivinah v okviru naše naloge je potrebno z utemeljitvijo, da gozdne ceste pri nas v veliki meri potekajo po pobočjih in da so kar najbolj prilagojene naravnim terenskim oblikam, kar ima za posledico, da je os trase zelo vijugasta. Naše predhodne študije / 5 / kažejo, da je v povprečnih terenskih razmerah od 55 - 65% celotne dolžine trase v krivinah, v bolj razgibanih terenih pa se ta delež povzpne celo do 80%. Za razširitev pridejo v poštev le tiste krivine, ki imajo manjši radij od 100 m pri širini vozišča 3,0 m in manjši radij od 40 m pri širini vozišča 3,5 m. To pomeni, da pri 3 m širokem vozišču v premi pride v poštev za razširitev od 15-50% celotne trase s povprečno vrednostjo razširitve 95 cm oziroma pri 3,5 m širokem vozišču od 10-40 % celotne trase s povprečno vrednostjo razširitve 35 cm. Izračun nam nadalje pokaže, da se na gozdni cesti v povprečnih terenskih razmerah površina vozišča poveča od 5-15 % pri 3 m širokem vozišču v premi oziroma od 1-4 % pri 3,5 m širokem vozišču v premi. Razširitev vozišča pa obenem pomeni povečanje širine planuma in s tem vseh ostalih elementov cestnega tele-
sa.

Razširitve vozišča v krivinah za različne vrste vozil

Razširitev
vozišča

Pomen oznak:

- K - kamion
- K-V - kamion veliki
- PP1 - polprikolica enoosna (l=12 m)
- PP1-V - polprikolica enoosna velika (l=14 m)
- PP2 - polprikolica dvoosna (l=12 m)
- PP2-V - polprikolica dvoosna (l=14 m)
- P - prikolica
- P-V - prikolica velika



3.2. Širina planuma

Planum predstavlja zgornjo ploskev spodnjega ustroja na katerem se zgradi zgornji ustroj. Z izvedenim planumom na trasi se zaključijo glavna zemeljska dela in cestno telo dobi svojo najosnovnejšo obliko. Pri naših proučevanjih nas zanima dvoje vprašanj, ki sta si v medsebojni odvisnosti in sicer:

- širina planuma na enopasovni gozdni cesti na pobočju
- delež širine planuma v raščnem tlu

Kadar leži cesta na pobočju, tedaj ima širina planuma odločujoč vpliv na višino odkopne in nasipne brežine ter na širino celotnega cestnega telesa, zato bomo tematiko o širini planuma nekoliko podrobneje proučili.

Na širino planuma ceste na pobočju vpliva več dejavnikov, od katerih so najvplivnejši naslednji:

- a) širina vozišča
- b) širina hodnikov oziroma koritnic
- c) način izvedbe odvodnjavanja
- d) širina planuma v raščnem tlu
- e) razrahljanost nasipnega materiala
- f) splošna zahteva po širšem planumu

V nadaljnjem bomo v kratkem razmotrili posamezne navedene dejavnike.

ad a) Vprašanje širine vozišča je bilo obravnavano v prejšnjem poglavju.

ad b) Širina hodnikov oziroma koritnic.

Hodnik ima dve nalogi in sicer:

- daje oporo zunanjemu robu vozišča in s tem omogoča boljši izkoristek širine vozišča, obenem pa daje občutek varnosti vozniku vozila;
- omogoča umik pešca pri srečevanju z motornim vozilom.

V useku oziroma v mešanem profilu na strani pobočja namesto hodnika zgradimo koritnice, kadar ni potrebno izvesti vzdolžnega jarka. Širina hodnika je delno pogojena s širino vozišča, širše vozišče praviloma zahteva tudi širši hodnik. Sicer pa se širina hodnika na gozdni cesti giblje v razmeroma ozkih mejah od 0,4 - 0,6 m. V največ primerih zadostuje širina 0,5 m, kar navajajo tudi Smernice /57/.

ad c) Način izvedbe odvodnjavanja

V primeru, da izvedba koritnice ne zadošča za dobro odvodnjavanje notranjega dela cestišča, posebno kadar se pojavi vprašanje osuševanja cestnega telesa zaradi prevelike talne vlage (nepropustna talna podlaga), tedaj je potrebno odvodnjevanje urediti z vzdolžnim jarkom. Zaradi jarka se delovni planum razširi za 0,8 - 1,2 m. Dodatni pas, ki ga zahteva jarek, je neugoden zato, ker je potreben precejšen dodatni izkop, kubatura tega izkopa se hitro večja z naklonom terena in s tem se zelo hitro večja tudi višina odkupne brežine. Kadar želimo maso izkopa prečno izravnati z maso prisipa, tedaj ravno širina jarka odmika lego vozišča bolj na stran prisipa, kar je iz vidika stabilnosti cestišča zelo neugodno.

ad d) Širina planuma v raščnem tlu

Obravnavanje tega vprašanja je potrebno iz dveh vidikov in sicer:

- zagotoviti zadosten izkop materiala za prečno izravnavo mas pri določeni širini planuma
- povečati stabilnost cestišča, kadar prisipa ni mogoče komprimirati do približno take mere, kot je komprimiran planum na raščnem tlu.

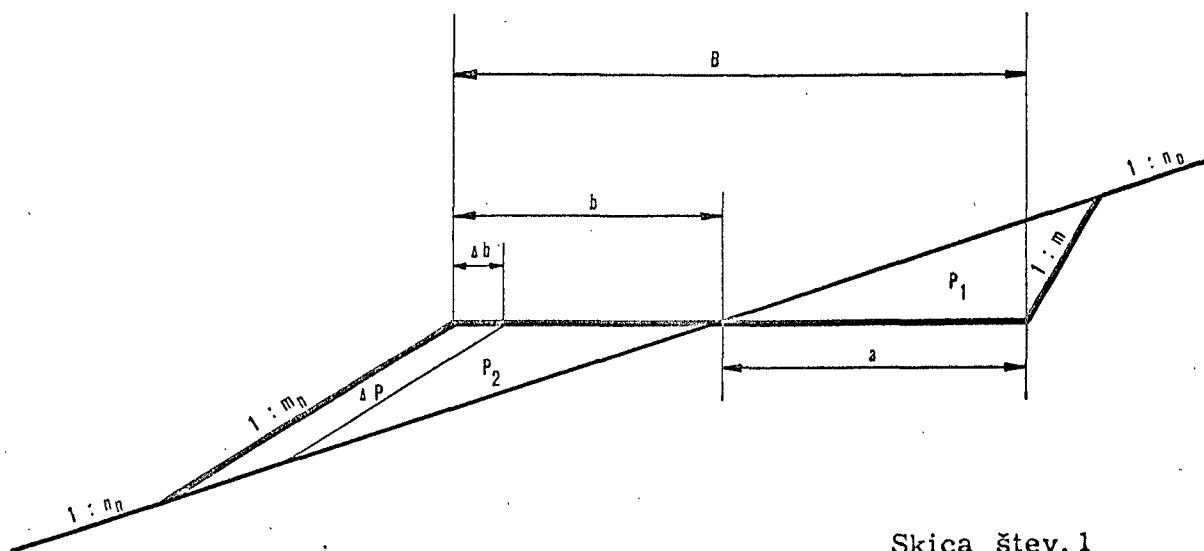
Najprej bomo obravnavali širino planuma v raščnem tlu glede na izravnavo mas. Pri naprej določeni širini planuma in pri pogoju, da se masa izkopa izravna z maso prisipa v prečni smeri, potem je pravilni izračun širine planuma v raščnem tlu osnova za izpolnitev postavljenih zahtev. Natančen matematični izračun za širino planuma

v raščnem tlu, kar bomo označevali z znakom "a", ima bolj teoretičen pomen, ker v praksi zaradi številnih prepletajočih vplivov dostikrat ne moremo uporabiti eksaktnih računskih rezultatov. Obenem pa izračunana vrednost "a" predstavlja spodnjo mejo širine zaseka, vsaka nadaljna zahteva po stabilnejšem cestišču oziroma širšem pasu ob zunanji strani cestišča zahteva večjo širino planuma v raščnem tlu z vsemi posledicami na ostale elemente cestnega telesa.

Širina planuma v raščnem tlu zavisi od naslednjih parametrov:

- širina celotnega planuma (delovni ali operativni planum)
- naklon terena
- naklon odkopne in nasipne brežine
- delež trajne razrahljanosti hribine

Matematični obrazec za izračun širine planuma v raščnem tlu "a" smo sestavili na osnovi spodnje skice števil. 1.



Skica števil. 1

Končna oblika obrazca, dobljenega preko več matematičnih operacij, se glasi takole:

$$a = \frac{B}{1 + K \sqrt{1,0 p}} \quad \text{obraz. šte. 1}$$

Oznake v obrazcu pomenijo:

B - širina celotnega planuma

K - koeficient naklonov

p - procent trajne razrahljanosti hribine

Koeficient naklonov izračunamo po obrazcu:

$$K = \sqrt{\frac{n_n - m_n}{n_o - m_o}} \quad \text{obraz. šte. 2}$$

Tudi obrazec za K je sestavljen na osnovi skice šte. 1 in izveden v okviru matematičnih izpeljav obrazca šte. 1.

Oznake v obrazcu za K pomenijo:

n_n	-	cotangens kota naklona terena na strani nasipa
n_o	-	" " " " " " odkopa
m_n	-	" " " nasipne brežine
m_o	-	" " " odkopne brežine

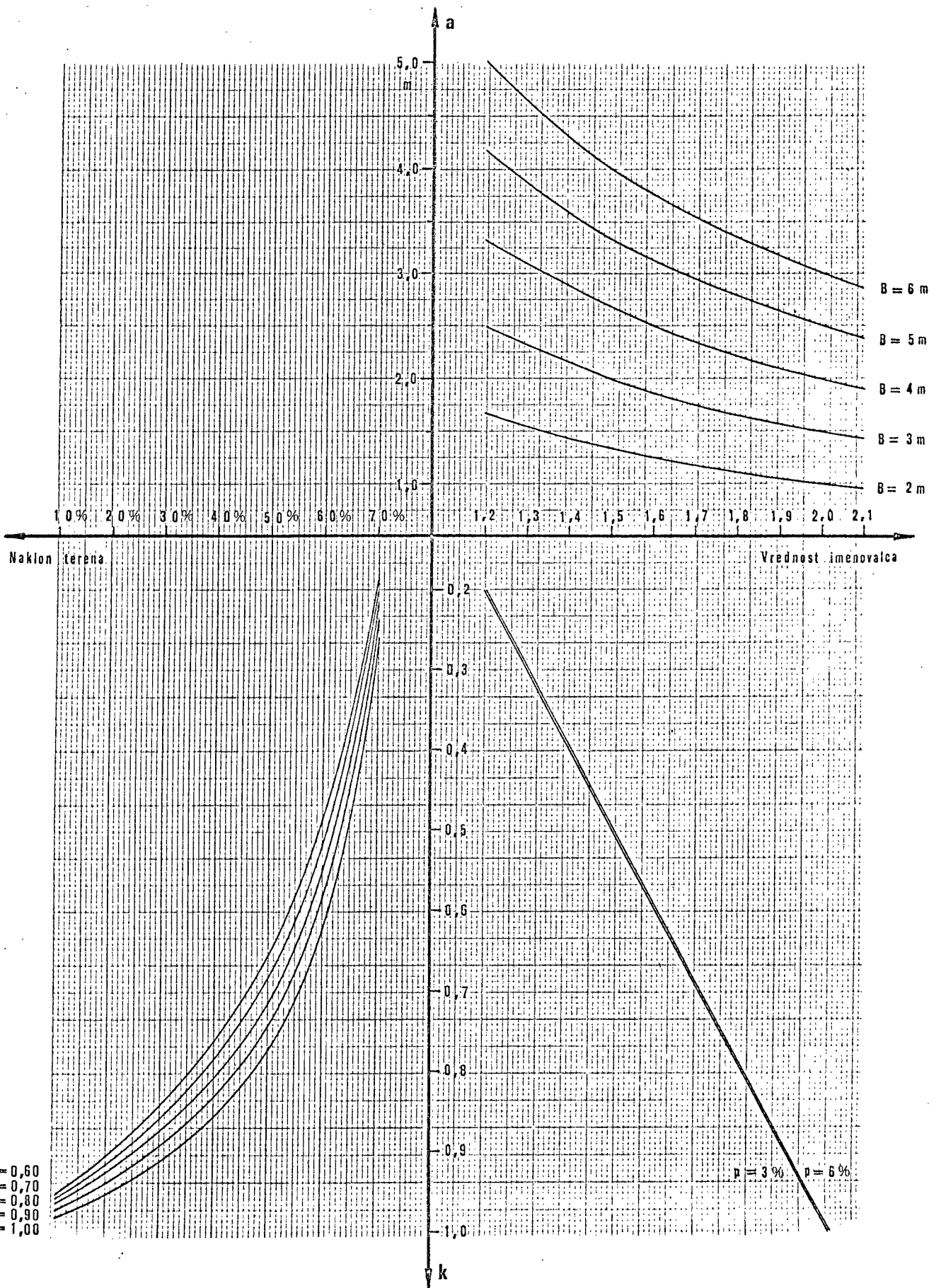
Vrednosti za n_n in n_o je mogoče izračunati iz podatkov o naklonu terenske črte na prečnih profilih ali pa ugotoviti iz terenskih podatkov o naklonu terena.

Vrednosti za m_n in m_o dobimo iz ustreznih podatkov o naklonih odkopnih in nasipnih brežin, prilagojenih za dejanske terenske razmere na obravnavanem odseku prometnice.

Za hitro določanje širine planuma v raščnem tlu pri upoštevanju prečne izravnave mas nam lahko koristno služi monogram na prilogi šte. 4, ki je sestavljen na osnovi obrazca šte. 1 in šte. 2. V priloženem monogramu, podanem kot primer za oblikovanje cestnega telesa v mehki hribini, je za vrednost m_n vzeta konstantna vrednost ($m_n = 1,4$) in

ŠIRINA PLANUMA V RAŠČENEM TLU PRI PREČNI IZRAVNAVI MAS

graf št. 1



upoštevana je trajna razrahljanost hribine $p = 3\%$ in $p = 6\%$. Iz lege obeh črt, ki označujeta vrednosti trajne razrahljanosti materiala, je razvidno, da ima razrahljanost materiala zelo majhen vpliv na končno velikost "a".

Nadalje nas zanima širina planuma v raščnem tlu, koder je postavljena zahteva za večjo stabilnost cestišča. Širino planuma, ki ustreza širini cestišča, je mogoče zagotoviti le v primeru, kadar je dosežena približno enaka stabilnost planuma po vsej širini, torej enaka na zunanji strani (na prisipu) in na notranji strani (na raščnem tlu). Ta pogoj bomo dosegli tedaj, kadar bo prisip solidno komprimiran z ustreznim strojem med samo gradnjo oziroma tedaj, kadar bo prisip zelo nizek in iz kvalitetnega materiala, ki po vgraditvi ne bo povzročil škodljivih deformacij zgornjega ustroja.

Današnja tehnologija gradnje gozdnih cest ni naklonjena solidnemu komprimiranju tal v času gradnje iz naslednjih razlogov:

- zaradi ozkega gradbišča je težko zagotoviti usklajeno delo osnovnega stroja za zemeljska dela (buldožer, traxcavator, bager) in stroja za komprimiranje;
- oblika prisipa na prerezu (poševni trikotnik) je najbolj neugodna, ker onemogoča enakomerno komprimiranje materiala po globini;
- material v prisipu ni homogene sestave, zato se zelo različno in neenakomerno komprimira.

Na osnovi navedenega lahko zaključimo, da bo material v prisipu po gradnji komprimiran le zaradi premikanja osnovnih strojev in zaradi zgoščevanja vsled svoje lastne teže. Komprimiranje zaradi premikanja strojev po gradbišču bo tem uspešnejše, čim tanjša bo plast prisipa, čim ustrežnejša bo struktura in vlaga materiala. Notranji pas prisipa ima največ pogojev za dobro komprimiranje, medtem ko zunanji rob ostane praktično nekomprimiran, zato ostane tudi slabo nosilen in ni sposoben prevzemati večjih obremenitev brez škodljivih po-

sledic močnejših deformacij. Nadalje je potrebno upoštevati, da pri gradnji s stroji na razgibanem pobočju ni mogoče predhodno odstraniti humusa, drobnejših korenin, odpadkov pri poseku in vse to deponirati izven cestnega telesa, ampak se pri zemeljskih delih neustrezen material pomeša s hribino, kar ima za posledico nehomogenost prisipa.

Z namenom, da bi dosegli stabilnejše vozišče, se pri praktičnem izvajanju spodnjega ustroja ne upošteva samo kriterij prečne izravnave mas, ampak tudi dejanske razmere na terenu glede na nosilnost prisipa. Zaradi upoštevanja tega drugega kriterija je planum globlje položen v raščeno tlo kot to zahteva matematični izračun za prečno izravnavo mas.

Pri oceni, kolikšna naj bo širina planuma v raščnem tlu, da bo zagotovljena zadostna stabilnost vozišča, navajamo podatke prof. HAFNERJA /11/, ki so zbrani na osnovi dejanskih razmer na terenu. Zaradi lažje preglednosti in medsebojnih primerjav podatke prikazujemo grafično na prilogi številki 5. Podatki so ločeno prikazani za položaj ceste v mehki kategoriji hribine in v trdni kategoriji hribine.

Zanimiv je potek krivulje, ki predstavlja širino planuma v raščnem tlu v mehki kategoriji hribine in pri določeni širini cestišča $B' = 4,0$ m.

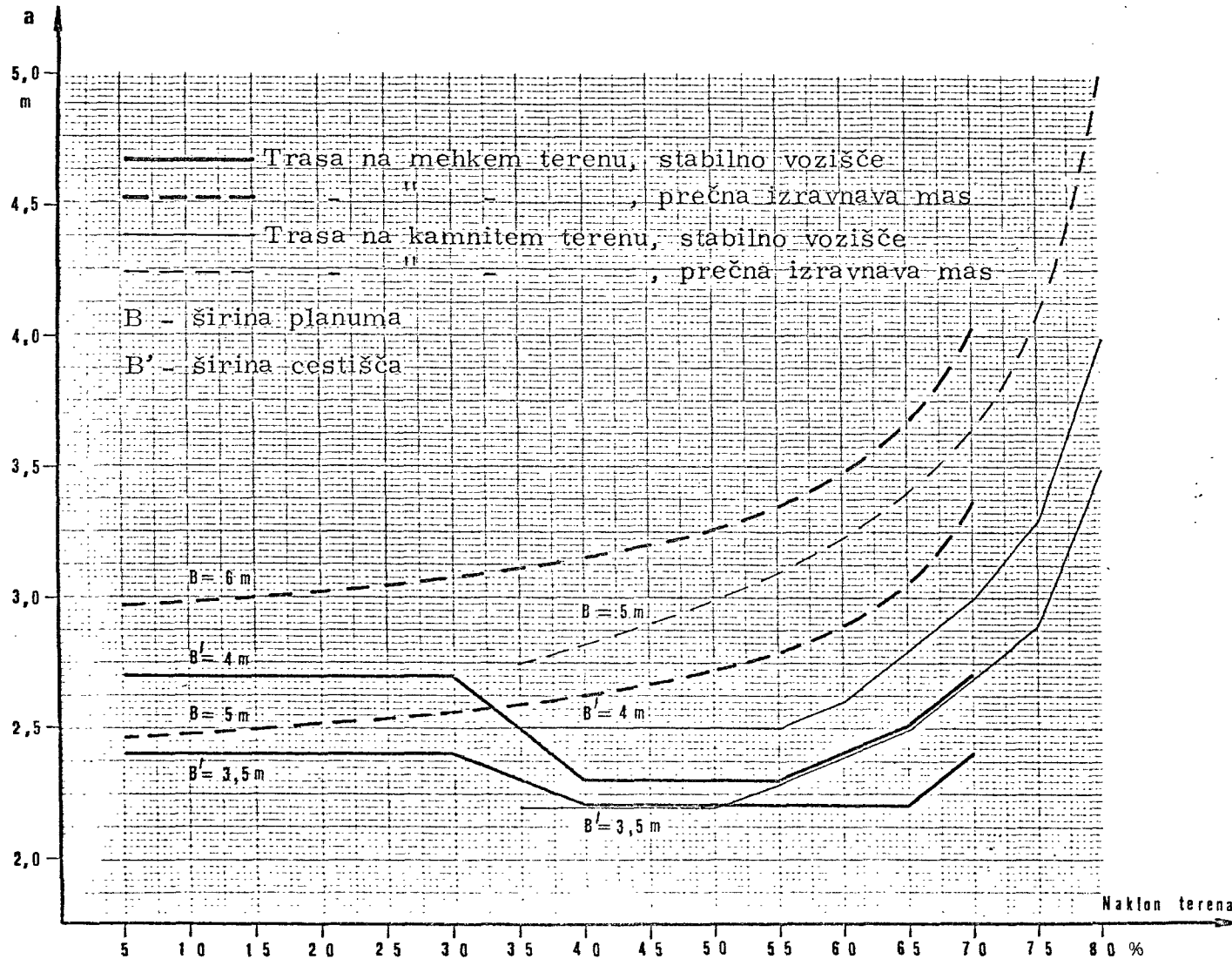
Na blagem terenu (5 - 30% naklona) je trasa le plitko vložena v raščeno tlo, izkop zajema zgornjo plast hribine z večjim deležem humusa in močnim koreninskim pletežem. Prisip, zgrajen iz takega nehomogenega materiala, je slabo nosilen. Pri gradnji z odstranitvijo pancev prihaja do velikih izgub materiala. Zaradi teh dejstev je potrebno traso položiti globlje v raščeno tlo, torej bo za širino cestišča $B' = 4,0$ m kar 2,70 m planuma v raščnem tlu.

Na srednje strmem terenu (30 - 50% naklona) je položaj cestnega telesa glede na delež planuma v raščnem tlu najbolj ugoden. Planum je le 2,3 m vložen v raščeno tlo in tedaj je pri naklonu terena 40%

ŠIRINA PLANUMA V RAŠČENEM TLU

(Po Hafnerju)

graf. št. 2



notranji rob planuma že več kot 90 cm pod površino terena, kar običajno zagotavlja boljši material za prisip. Na srednje strmem terenu je 55 - 60% širine cestišča v raščnem tlu in ta delež se z večjo širino cestišča bistveno ne spreminja.

Na zelo strmem terenu (čez 70% naklona) je celotno širino cestišča potrebno položiti v raščeno tlo, ker prisip ni sposoben prevzemati nobene večje prometne obremenitve.

Na grafikonu so prikazane tudi krivulje za širino planuma v raščnem tlu, koder se zahteva prečna izravnava mas pri naprej določeni širini planuma, ki je širši, kot ga zahteva cestišče.

Podatki na priloženem grafikonu veljajo za naslednje predpostavke:

- naklon terena je enak na strani izkopa in na strani prisipa;
- nakloni odkopnih brežin so zelo položni (v mehki hribini 1:1, v trdni hribini 5:1) in so vzeti kot konstantna vrednost ne glede na strmino terena oziroma višino brežine;
- nakloni nasipnih brežin so upoštevani v mehki hribini 1:1,33 in v trdni hribini 1 : 1,28;
- upoštevana je trajna razrahljanost materiala v mehki hribini za 6%, v trdni hribini za 16%.

Na širino planuma v raščnem tlu v veliki meri vpliva tehnika izvajanja zemeljskih del pri gradnji spodnjega ustroja. Pri ročni gradnji je sama gradnja potekala razmeroma počasi, z orodjem in pripravami majhnih dimenzij, zato je bila taka gradnja zelo natančna in je lahko zadovoljila naprej postavljenim oblikam. Strojna gradnja je v tem pogledu prinesla bistvene spremembe. Najbolj grobo delo lahko opazujemo pri izvajanju spodnjega ustroja na pobočju z angledozerjem. Pri tej tehniki dela stroj samo odriva material iz izkopa v nasip (na pobočju v prisip). Pri tem ni mogoče nobenega pomembnejšega sortiranja materiala v samem nasipu, ampak se material razporeja po naključju. Dno nasipa se oblikuje zelo neenakomerno in je pač odvisno od velikosti posameznih kosov ter od strmine terena, na katerem se

nasip oblikuje. Na večji strmini je kotalenje močnejše, zato je dno nasipa razpotegnjeno še daleč po pobočju, pri čemer se dosti materiala izgubi. Tudi zgornji rob nasipa je precej neenakomerno oblikovan. Vse to zahteva globljo položitev planuma v raščeno tlo, kot pokaže matematični izračun o prečni izravnavi mas.

Mnoge slabosti, ki se pojavljajo pri delu z angledozerjem na strmem terenu, je mogoče odpraviti, če zemeljska dela izvaja bager. Ta stroj so v zadnjem obdobju tehnično zelo izpopolnili. Široki gosenici in velik razmak med njima daje stroju pri delu veliko stabilnost. Premikanje žlice in ročice ter celotno upravljanje stroja s pomočjo hidravlike omogoča hitro delo in daje veliko moč za trganje, dviganje in prenašanje materiala.

Sama tehnika izvajanja zemeljskih del na trasi gozdne ceste se bistveno razlikuje pri bagru od načina dela z angledozerjem. Princip dela z angledozerjem je trganje hribine z odrivno desko, premik materiala z drsenjem po podlagi in sicer v diagonalni smeri na os trase, ter odriv materiala v nasip. Vse delo angledozer lahko opravi le s premikanjem osnovnega stroja. Povsem drugače poteka delo z bagrom. Osnovni stroj pri delu miruje in celotno opravilo se osredotoči na premikanje delovnega orodja - ročice z zajemalno žlico. Strojnik zaradi dolge ročice obvlada prostor v radiju 8 do 9 m, kar praktično pomeni, da obvlada celotno širino cestnega telesa in s tem tudi vso širino neposrednega delovišča. Prav ta lastnost stroja omogoča strojniku, da opravi mnoge operacije, ki jih z drugimi stroji ni mogoče. Najprej pred seboj očisti gradbeno površino vseh mogočih odpadkov, ki so ostali po poseku drevja in iz teh odpadkov zgradi v podnožju nasipa pregrado z naslednjim namenom:

- ob pregradi se ustavijo debelejši kosi kamenja, ki tvorijo v statičnem smislu solidno podlago za izvedbo nasipa;
- kamenje se ne kotali po pobočju, s čimer preprečimo poškodovanje drevja in ostale okolice pod trase, kar predstavlja

- pri delu z angledozerjem velik problem,
- ob pregradi se vzdolž trase izoblikuje enakomeren rob, s tem se skrajša nasipna brežina in zato se več materiala lahko izkoristi za vgraditev v nasip.

Sprotno postavljanje pregrade ima veliko prednost v tem, ker se njen položaj sprti prilagaja dejanskim razmeram na terenu in dejanski legi podnožja nasipa, saj strojnik vidi, kako se postopoma oblikuje cestno telo.

Po zgrajeni pregradi strojnik izruva cele panje, kadar so manjši, ali večje panje po delih, ter jih polaga na samo pregrado, torej izven bodočega cestnega telesa. Panji pregrado utrdijo in jo še povišajo. V podnožju nasipa si stroj sam izdelava peto nasipa, kamor skrbno polaga največje kose kamenja iz izkopa. Drobnejši material iz izkopa polaga v jedro nasipa. Ker strojnik vidi, kaj zajame v žlico, zato lahko deloma material sortira na posamezna mesta v nasipu. Kvalitetnejši material odlaga pod vozišče, slabšega na obod nasipa, s humoznim materialom lahko celo prekrije nasipno brežino za seboj.

Na tak način strojnik postopoma gradi nasip, ki ne nastaja z narivanjem materiala, ampak s polaganjem, zato je naklon nasipa lahko nekoliko strmejši, gornji rob nasipa je tudi lepše oblikovan. Iz navedenega lahko spoznamo, da je pri delu z bagrom bolje izkoriščen material iz izkopa za nasip, zato je celotni planum lahko ožji in tudi globlji planuma v raščnem tlu je lahko manjša.

ad e) Razrahljanost nasipnega materiala

Ko raščeno tlo odkopljemo, spremenimo njegovo kompaktnost. Po odkopu se naravno stlačeni hribini poveča volumen, torej material dobi svojo začetno razrahljanost. Ta je odvisna predvsem od vrste hribine in od intenzivnosti drobljenja. Poznavanje začetne razrahljanosti je toliko bolj pomembno, ker je v času gradnje pri oblikovanju nasipa po-

trebno računati s kubaturo materiala z začetno razrahljanostjo. Potrebno je pripomniti, da v praksi ne upoštevamo teoretične začetne razrahljanosti, ampak nekoliko manjšo, ker se material pri vgrajevanju v nasip deloma stlači zaradi lastne teže, zaradi zbijanja pri kotalenju ali stresanju, predvsem pa zaradi tlačenja pri premikanju strojev med samim delom. Delež komprimiranja nasipa med samo gradnjo je kar precejšen, posebno če upoštevamo, da stroji tlačijo naravno vlažno hribino, pri kateri se dosega najmočnejše zgoščevanje pri najmanjši uporabi energije.

Po namenskem komprimiranju nasipa oziroma po daljšem obdobju zaradi naravnega komprimiranja zaradi vzajemnega delovanja padavin, zmrzovanja in lastne teže materiala, se material v nasipu zgosti do določene mere, vendar ostane še trajna razrahljanost, katero upoštevamo pri dokončni obliki nasipov.

V literaturi je mogoče najti nekatere podatke o začetni in trajni razrahljanosti, vendar nam ti podatki za dejanske razmere v praksi lahko služijo le kot orientacija. Če povzamemo neko srednjo vrednost različnih podatkov, zbranih po literaturi / 8,11,13,16,53/, pridemo do naslednjih vrednosti:

kategorija hribine:	razrahljanost	
	začetna:	trajna:
III.	20 - 25%	3 - 5%
IV.	25 - 34%	4 - 7%
V.	32 - 40%	8 - 12%
VI.	40 - 50%	10 - 15%

Pri oblikovanju nasipa moramo upoštevati, da bo tik po gradnji nastal nasip s kubaturo, ki bo zajemala razrahljanost z vrednostjo neke med začetno in trajno razrahljanostjo. Zato bo tudi planum tik po gradnji nekoliko širši (okoli 10 cm pri nasipu iz mehkega materiala na naklonu terena 40% in pri širini planuma 5,0 m) od dokončne širine planuma. Podobno bo tudi nasipna brežina za nekaj stopinj (za 2° za gornji primer) strmejša od dokončno oblikovane brežine.

ad f) Splošne zahteve po širšem planumu

Do sedaj smo obravnavali širino planuma le iz vidika prometnega pasu. Gozdna cesta pa pri današnji tehnologiji pridobivanja lesa oziroma pri današnjem in bodočem načinu gospodarjenja z gozdom dobiva čedalje širše naloge. Poleg voznega pasu postaja zelo pomemben tudi razširjeni pas ob samem vozišču, saj služi za odlaganje lesa pri spravilu, za krojenje lesa, prevzema nalogo nekdanjega priročnega skladišča, nadalje služi za namestitvev strojev, za srečavanje lahkih vozil s tovarnjaki, za parkiranje lahkih vozil in podobno. Iz navedenih vidikov je zaželeno, da je planum na gozdni cesti na ustreznih mestih širši kot ga zahteva sam prometni pas. Velikost takih razširitev in njihova gostota vzdolž trase je odvisna od pomena same ceste in od možnosti izvedb na terenu.

3.2.1. Dejanska širina planuma

Z namenom, da bi ugotovili, kolikšna nastane dejanska širina planuma pri praktičnem delu na terenu pri današnji tehnologiji gradnje gozdnih cest, smo analizirali 5 proučevanih objektov. Objekti so bili izbrani in proučeni iz vidika treh osnovnih parametrov in sicer: naklon terena, kategorija hribine, tehnologija gradnje. Pri vseh petih objektih je bila v glavnem projektu predvidena širina vozišča 3,0 m, širina koritnice 0,5 m, širina hodnika 0,5 m, torej širina planuma brez razširitev naj bi po projektu znašala 4,0 m. Na nobenem objektu ni bilo predvideno odvodnjavanje z obcestnim jarkom, ampak le s koritnico.

Osnovni podatki o objektih:

Oznaka objekta	Naziv objekta	Predel	Štev. prouč. profilov
I.	Tinčkov maln - Prevalc	Polhov Gradec	33
II.	Rakitna - Zakotkar	Rakitna	33
IV.	Cesta na Dobrčo	Dobrča	98
V.	Mrzli log-Šajsna ravan	Nadrt	34
VI.	Požlek - Bohinjka	Jelovica	107

Rezultati statistično iz vrednotenih podatkov o širini planuma glede na različne terenske razmere so podani v spodnji tabeli.

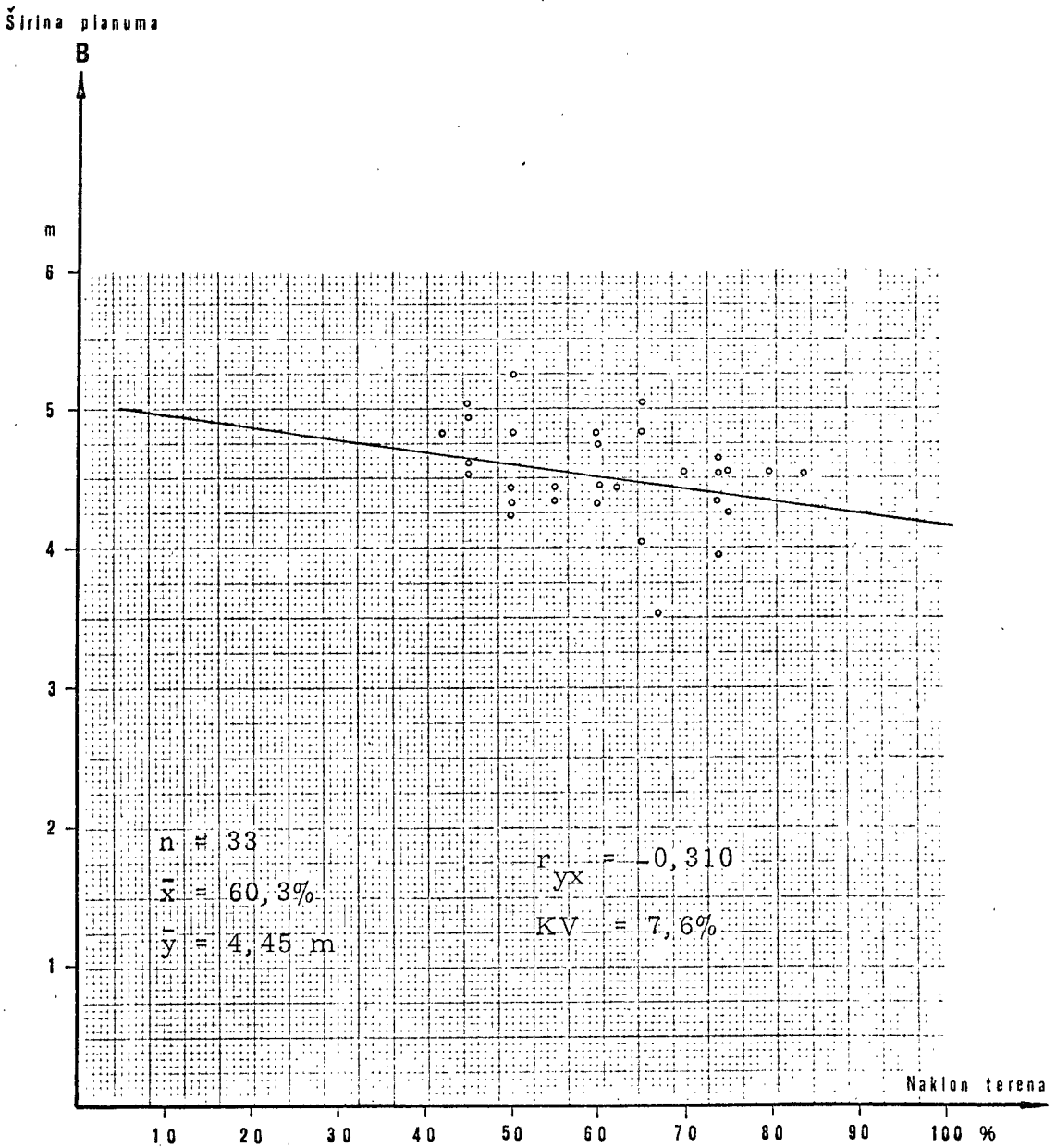
Tabela štev. 1

Povprečna širina planuma na gozdni cesti

Oznaka objekta	Povprečni naklon terena	Povprečna kategorija hribine	Uporabljen osnovni stroj	Povprečna širina planuma	Koeficient variabilnosti	Koeficient korelacije
IV.	47,4 %	37% III. 63% IV.	angl. TG-90	5,67 m	11,2 %	-0,093
II.	53,5 %	55% III. 45% IV.	"	5,22 m	12,8 %	-0,272
I.	60,3 %	72% III. 28% IV.	"	4,45 m	7,6 %	-0,310
V.	65,9 %	60% V. 37% IV.	bul. Cat. D-9G	5,67 m	9,7 %	-0,240
VI.	45,9 %	65% V. 23% IV.	angl. TG-90	5,12 m	15,6 %	-0,140

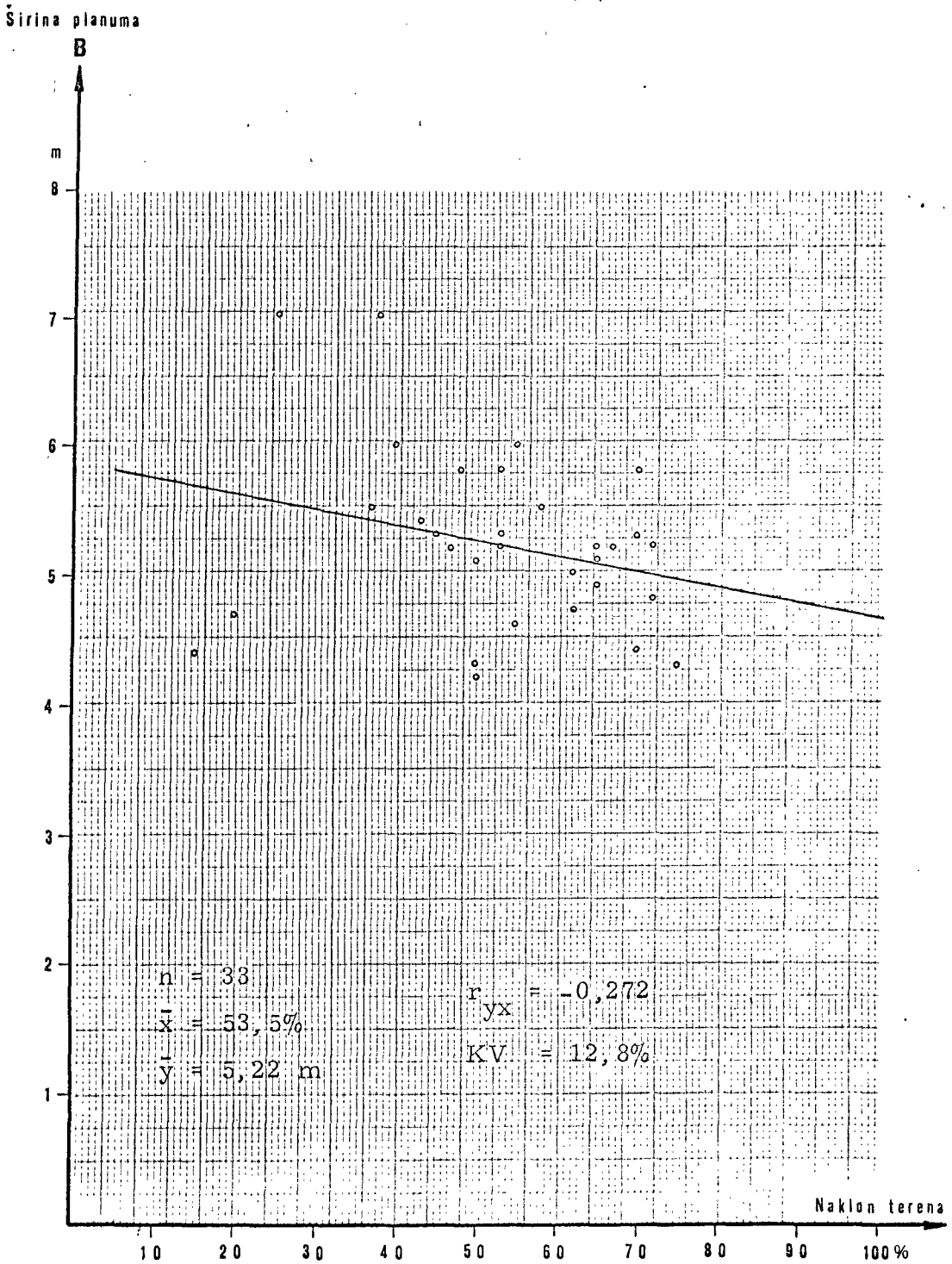
ODVISNOST ŠIRINE PLANUMA OD NAKLONA TERENA
O B J E K T I.

graf. št. 3



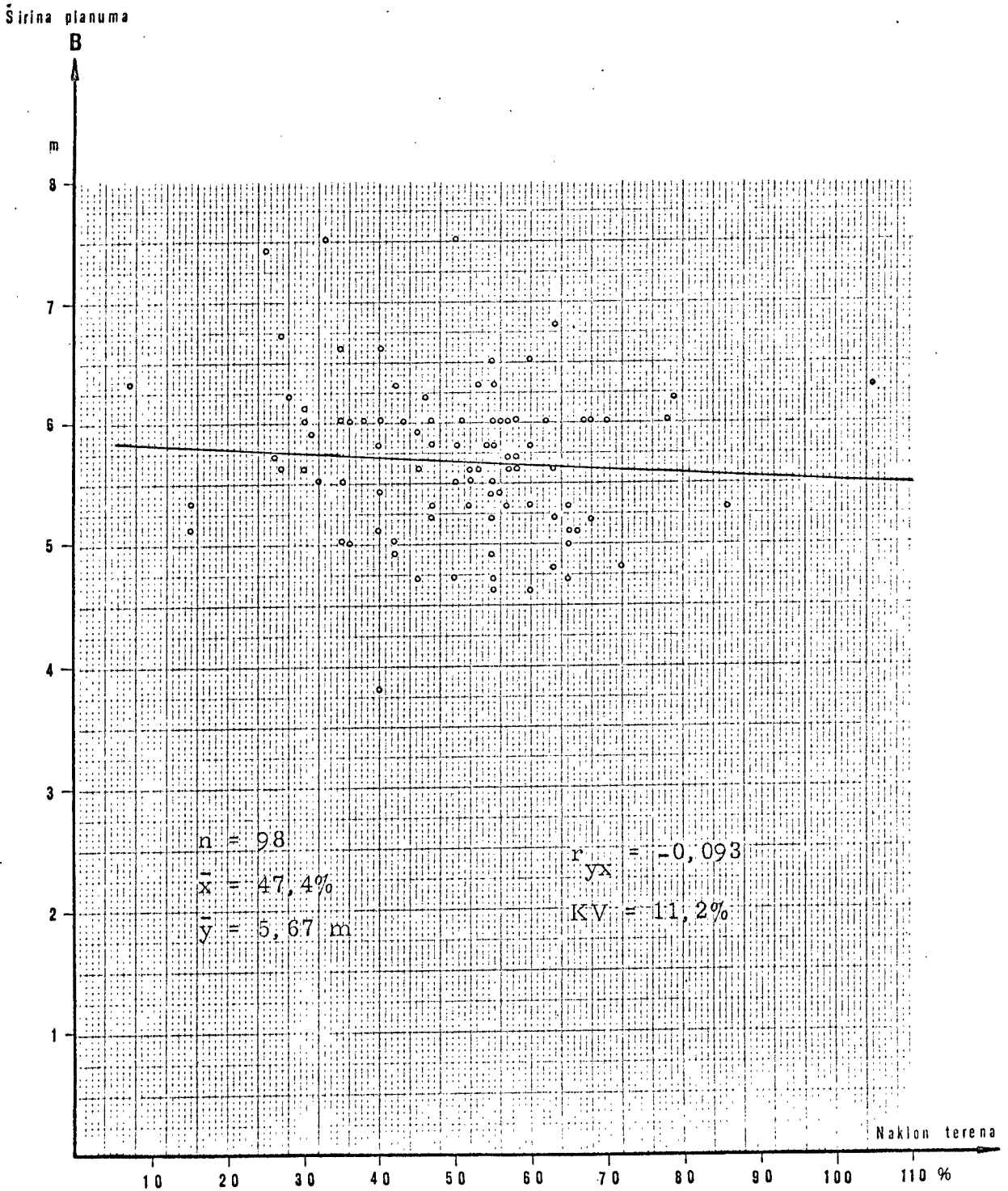
ODVISNOST ŠIRINE PLANUMA OD NAKLONA TERENA
OBJEKT II.

graf. št. 4



ODVISNOST ŠIRINE PLANUMA OD NAKLONA TERENA
O B J E K T I V.

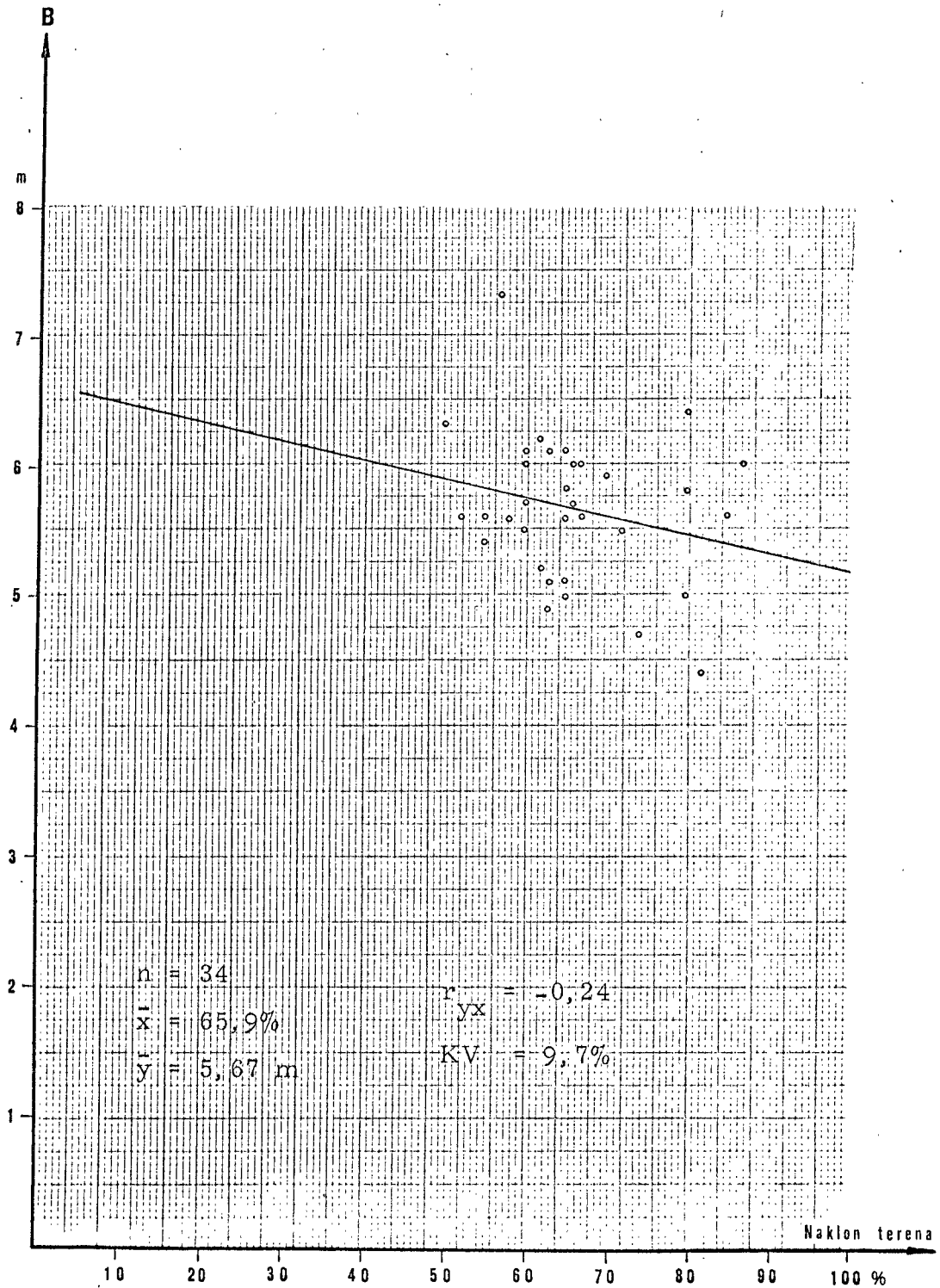
graf. št. 5



ODVISNOST ŠIRINE PLANUMA OD NAKLONA TERENA
O B J E K T V.

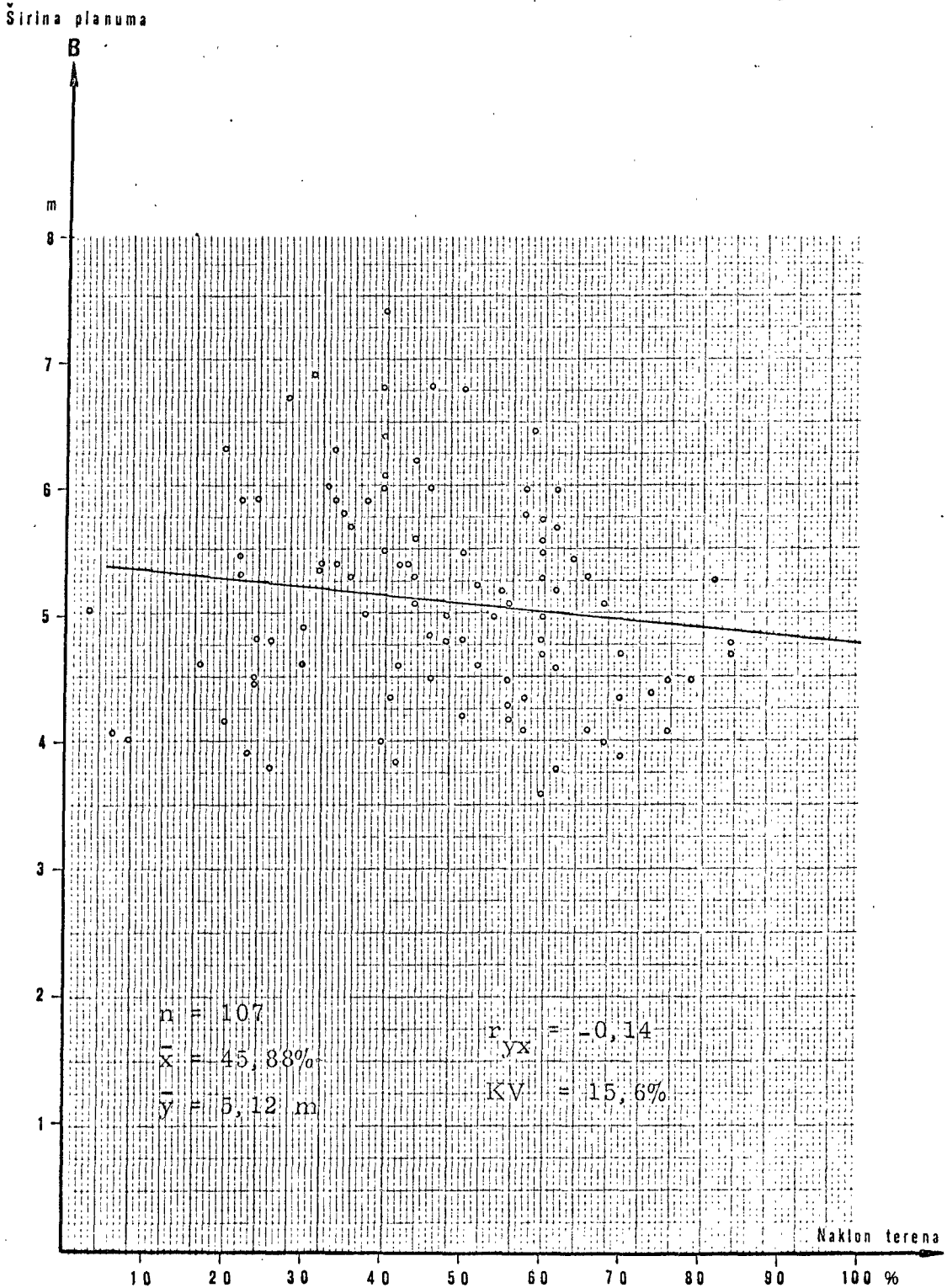
Širina planuma

graf. št.6



ODVISNOST ŠIRINE PLANUMA OD NAKLONA TERENA
O B J E K T VI.

graf. št. 7



Pri delu z angledozerjem v mešanem profilu ne poteka izravnava mas strogo v prečni smeri, ampak na daljšem odseku (10-15 m), zato tudi širina planuma ni dejanski odraz naklona terena in kategorije hribine. Na opazovanem prečnem profilu, ampak je ta medsebojna odvisnost zlasti na razgibanem terenu precej zabrisana. Prav iz tega vidika nismo napravili eksaktnih statističnih analiz o odvisnosti širine planuma od opazovanih parametrov, temveč smo ostali le pri primerjavi povprečnih vrednosti za posamezen analiziran objekt.

Primerjava končnih podatkov med posameznimi objekti nam pokaže, da je bil povprečni planum na cesti, zgrajeni v pretežno mehki hribini in na strmem terenu (objekt I.), več kot 1 meter ožji kot na cesti, zgrajeni na nekoliko položnejšem terenu in z manjšim deležem III. kategorije hribine (objekt IV.). Če pa analiziramo odvisnost širine planuma od naklona terena samo na eni trasi, nam matematični izračun pokaže, da z večjo strmino terena sicer širina planuma nekoliko pada, vendar je ta korelacija statistično neznačilna.

Povprečna širina planuma na cesti, zgrajeni na trdni podlagi je na približno enako strmem terenu za 0,5 m ožja kot na terenu z mehkejšo podlago (primerjava objektov VI. in IV.).

Pri uporabi močnejšega in s tem večjega osnovnega stroja zaradi načina dela nastane širši planum. To nam dokazuje povprečna širina planuma na objektu V., kjer je bil uporabljen buldožer Caterpillar D-9G s širino odrivne deske 4,8 m.

Na osnovi tabele števil 1 lahko povzamemo, da zaradi zagotovitve večje stabilnosti vozišča in zaradi razširitev v pogostih krivinah znaša povprečna širina planuma na gozdni cesti pri praktičnem izvajanju na terenu od 4,5 - 5,5 m odvisno od naklona terena, kategorije hribine in tehnologije gradnje.

Širina planuma vzdolž trase na posameznih prečnih profilih zelo variira. Stopnjo spreminjanja nam najbolje prikaže koeficient variabilnosti,

ki predstavlja v odstotkih izražen srednji odklon širine planuma od povprečne sredine. Koeficient variabilnosti zajema vrednosti od 7 - 15% in je odvisen predvsem od razgibanosti terena. Po velikosti koeficient variabilnosti ni posebno velik, kar si razlagamo iz dejstva, da so veliki odkloni maloštevilni in da se največ naklonov grupira okoli povprečne vrednosti.

Pri statistični obdelavi podatkov o širini planuma so bili izločeni vsi tisti primeri, ki so na trasi nastopali izjemoma kot na primer: dodatne razširitve in izogibališča ali obračališča, velike razširitve na serpentinah in podobno.

3.2.2. Širina planuma gozdne poti

Za spravilo lesa od sečišča do kamionske ceste se uporabljajo pravilna sredstva, ki največkrat tudi rabijo svojo prometnico. V našem primeru nas zanimajo le tiste prometnice, ki jih uporabljajo traktorji. Te prometnice, imenovane traktorske vlake, tvorijo v gozdu sekundarno prometno omrežje, načrtujemo in gradimo jih za krajše obdobje, običajno za obdobje ene tehnološke dobe v pridobivanju lesa. Gradnja traktorske vlake je v primerjavi z gozdno cesto zelo poenostavljena, saj je z izvedbo planuma praktično končana tudi prometnica.

Širina traktorske vlake zavisi predvsem od naslednjih dejavnikov:

- a) širina pravilnega sredstva
- b) širina varnostnega pasu
- c) tehnologija gradnje prometnice

ad a) Najmočnejši vpliv na širino prometnice ima pravgotovo širina pravilnega sredstva oziroma razdalja med zunanjima robovoma koles ali gosenic traktorja. Ta širina zajema pri traktorjih, ki jih danes uporabljamo pri spravilu lesa pri nas, naslednje vrednosti:

traktorji kolesniki:	1,6 - 2,2 m
traktorji goseničarji:	1,2 - 1,6 m
zgibni traktorji:	2,4 - 2,8 m

ad b) Širina varnostnega pasu, to je širina od zunanjega roba kolesa oziroma gosenice traktorja do zunanjega roba planuma je odvisna od naslednjih parametrov: teža obremenjenega traktorja, nosilnost talne podlage, prometna obremenitev prometnice oziroma število prehodov. Minimalna širina varnostnega pasu znaša okoli 0,2 m na vsako stran kolesa, vsaka dodatna zahteva po boljši prometnici pa zahteva še dodatnih 0,1 - 0,2 m širine.

ad c) Dejanska širina traktorske vlake je v precejšnji meri odvisna tudi od tehnologije gradnje. Ročna gradnja je omogočala izvedbo v naprej določene širine prometnice. Pri današnji strojni gradnji (delo z buldožerjem) je dejanska širina planuma podrejena velikosti delovnega orodja, to je širini odrivne deske pri buldožerju in sposobnosti strojnika pri izvajanju zemeljskih del.

Širina planuma za traktorske vlake torej znaša:

2,2 - 3,0 m za traktorje kolesnike
1,8 - 2,4 m za traktorje goseničarje
2,8 - 3,4 m za traktorje zgibnike

3.3. Širina cestnega telesa

Pod širino cestnega telesa razumemo tisto širino pasu vzdolž trase, ki je zaradi izgradnje prometnice spremenil svojo naravno ali prvotno obliko. Če zgornji rob odkopne brežine imenujemo odkopno stičnico in spodnji rob nasipne brežine imenujemo nasipno stičnico /21/, potem širina cestnega telesa zajema pas med obema stičnicama.

Širina cestnega telesa je odvisna od širine treh osnovnih elementov cestnega telesa in sicer od:

- širine celotnega planuma
- širine (tlorisa) odkopne brežine
- širine (tlorisa) nasipne brežine

Širino celotnega planuma smo podrobneje obravnavali v prejšnjem poglavju, na tem mestu bomo proučili še širino odkopne in nasipne brežine.

3.3.1. Elementi odkopne brežine

Širina oziroma tloris odkopne brežine zavisi od dveh parametrov in sicer od višine odkopne brežine in od njenega naklona. Oba parametra sta si v določeni medsebojni odvisnosti.

Višina odkopne brežine je pogojena s položajem planuma v raščnem tlu, z naklonom terena ter z naklonom same brežine. Na osnovi teh treh parametrov lahko za vsak primer posebej izračunamo višino odkopne brežine po matematičnem obrazcu, ki smo ga razvili iz kotnih funkcij:

$$h_0 = \frac{a \cdot \sin \alpha \cdot \sin (180 - \beta)}{\sin (\beta - \alpha)} \quad \text{obraz. št. 3}$$

pri tem pomeni:

h_0 - vertikalna višina odkopne brežine

a - širina planuma v raščnem tlu

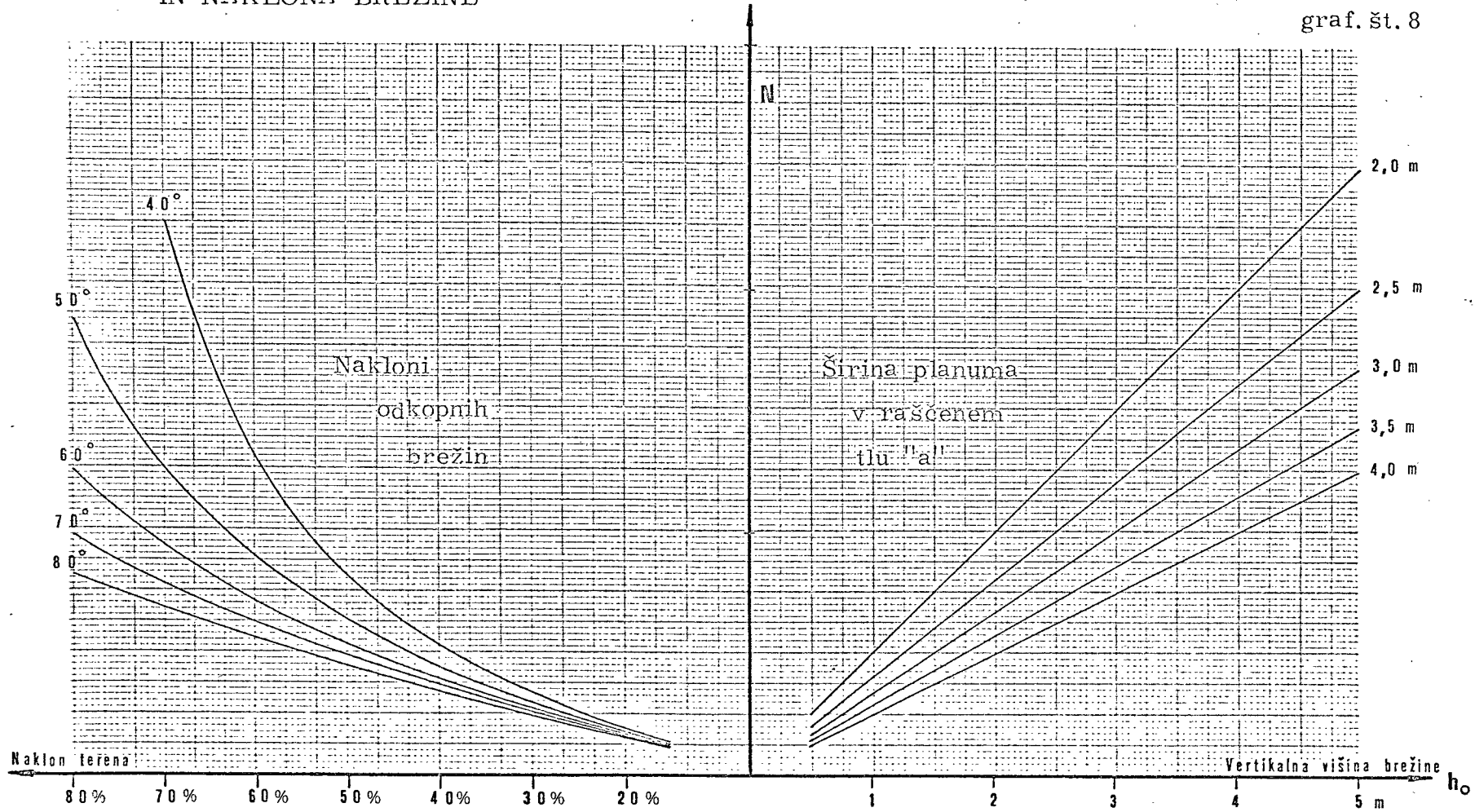
α - naklon terena v stopinjah

β - naklon odkopne brežine v stopinjah

S pomočjo obrazca št. 3 smo izračunali ustrezne višine odkopnih brežin za primere, da je planum 2 - 4 m zasekan v raščeno tlo, da se naklon brežine giblje v mejah 40-80° in da trasa leži na 10-80% nagnjenem terenu. Zaradi boljše preglednosti so podatki grafično prikazani na prilogi št. 12.

VERTIKALNE VIŠINE ODKOPNIH BREŽIN V ODVISNOSTI OD NAKLONA TERENA
IN NAKLONA BREŽINE

graf. št. 8



Naklon odkopne brežine je najpomembnejši element pri oblikovanju vsake brežine. Naklon brežine ima odločilen pomen za stabilnost brežine, za možnost ozelenitve ter vpliva na višino brežine, s čimer je tesno povezana celotna širina cestnega telesa.

Naklon odkopne brežine na določenem odseku prometnice zavisi od številnih dejavnikov, od katerih so najpomembnejši naslednji:

- a) - vrsta in stanje hribine z upoštevanjem vodnih razmer
- b) - višina brežine
- c) - rastiščni pogoji glede na možnost hitre ozelenitve
- d) - pomembnost prometnice
- e) - zunanji vplivi na brežino

ad a) Vrsta in stanje hribine z upoštevanjem vodnih razmer

Pri enakih ostalih razmerah na trasi je vrsta in stanje hribine pravgotovo najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na naklon odkopne brežine. Pri delitvi hribine glede na njeno vrsto smo se poslužili najpreprostejše delitve, ki jo v praksi najpogosteje uporabljajo, to je delitev na osnovi kategorij hribine, ki jih določajo gradbene norme (GN 200). Pod stanjem hribine pa razumemo preperelost kamenine, kadar obravnavamo V. in VI. kategorijo hribine, oziroma velikost, obliko in sprijetost kamnitih delcev pri IV. kategoriji hribine. Pri koherentnih tleh pa je pri stanju hribine potrebno upoštevati predvsem vodne razmere.

Pri gradnji gozdnih cest se pogosto srečujemo s pojavom, da se vrsta in stanje hribine vzdolž trase zelo hitro spreminja, posebno če trasa poteka po razgibanem pobočju. Kot primer take pestrosti talnih razmer na odkopni brežini podajamo prikaz kategorij hribine na 600 m dolgem odseku na trasi ceste Belska planina - Berjanca na Pokljuki (priloga števil.). Vrsta hribine na določenem mestu trase je na skici podana na 1 cm širokem pasu, narisanim na levi, to je na odkopni strani trase. Širina pasu, ki ga zajema posamezna kategorija hribine,

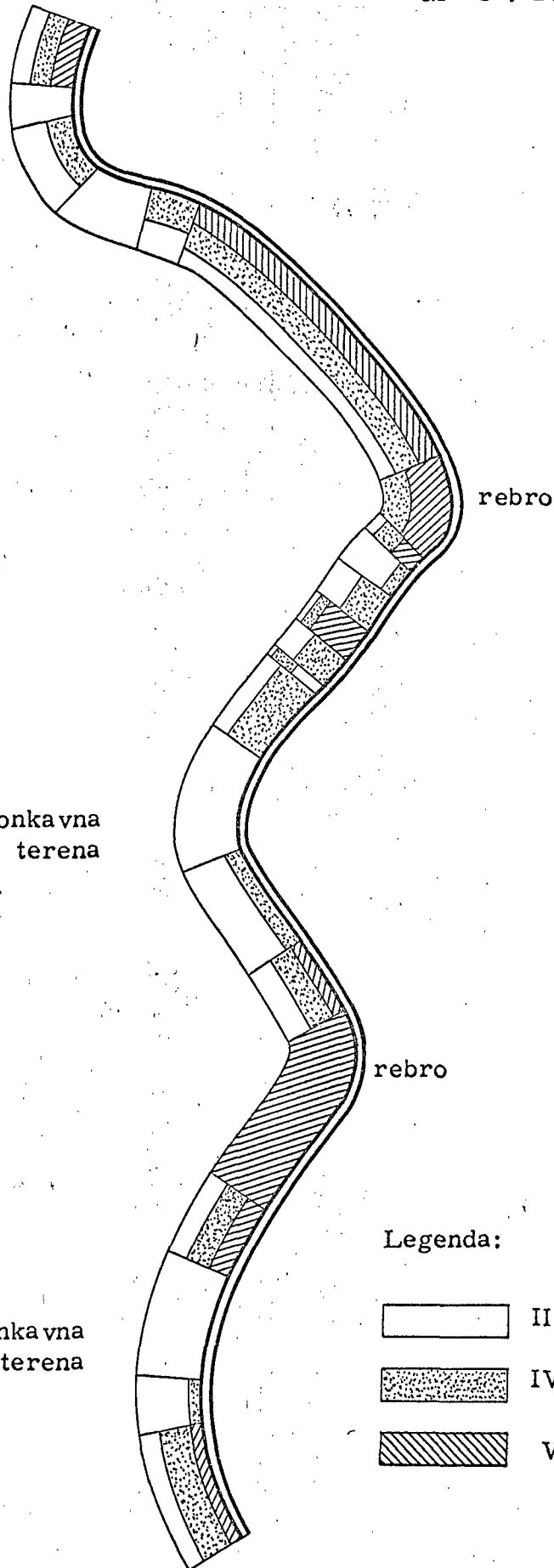
SPREMINJANJE KATEGORIJE HRIBINE VZDOLŽ TRASE
(gozдна cesta Belska planina-Berjanca, Pokljuka)

M 1 : 2000




konkavna
oblika terena

konkavna
oblika terena

konkavna
oblika terena



Legenda:

- | | |
|---|---------------------|
|  | III. kateg. hribine |
|  | IV. kateg. hribine |
|  | V. kateg. hribine |

predstavlja njen delež na odkopni brežini. Razporeditev kategorije hribine na določenem mestu trase je sistematična in sicer sledijo si V., IV. in III.kategorija od osi trase proti zunanjemu robu pasu. V tem razporedu so si kategorije hribine najpogosteje sledile tudi na proučevani trasi.

Iz priložene skice je razvidno, da se na trasi, ki smo jo proučevali, v sredini konkavne oblike terena skoraj vedno nahaja le III.kategorija hribine, na rebro, to je na konveksni obliki terena pa V.kategorija hribine, med eno in drugo karakteristično obliko terena pa najdemo vse mogoče kombinacije vseh treh osnovnih kategorij hribine, to je III., IV. in V.kategorijo.

Prav prikazani odsek nam nazorno ilustrira, kako pestre razmere prevladujejo na trasah gozdnih cest, zato je vnaprejšnje določanje naklonov odkopne brežine tako težavno in mnogokrat precej odstopa od kosneje izvedenih brežin na terenu.

Številčne podatke o naklonih odkopne brežine glede na vrsto hribine bomo podali v naslednjem poglavju, ko bomo obravnavali vpliv višine, na naklon odkopne brežine.

ad b) Višina brežine

Uvodoma je potrebno razložiti, da smo pri proučevanju naklonov odkopnih brežin ločili dva pojma in sicer obliko oziroma naklon po gradnji in obliko oziroma naklon po naravnem oblikovanju. Pod pojmom oblika odkopne brežine po gradnji označujemo tisto obliko brežine, ki je nastala po dokončani izvedbi zemeljskih del na trasi. Na trasah, ki smo jih proučevali, so bile brežine oblikovane najprej v grobem stanju z odzivno desko buldožerja in sicer pri samem izvajanju izkopa, naknadno so bile še dodelane z ročnim orodjem.

Oblika po naravnem oblikovanju pa pomeni tisto obliko oziroma naklon odkopne brežine, ko se je brežina pod vplivom klimatskih dejavnikov

(padavine, zmrzovanje itd.) že ustalila in ni pričakovati bistvenih deformacij.

V okviru naše naloge smo proučevali pri vseh opazovanih trasah najprej obliko brežine po gradnji, na treh objektih pa smo v obdobju treh oziroma štirih let opazovali postopno spreminjanje odkopnih brežin od začetne oblike tik po gradnji do končne oblike, ko se je brežina naravnim potom ustalila.

Odvisnost med naklonom odkopne brežine po gradnji in višino brežine pri upoštevanju vrste hribine je podana na prilogah števil 14, 15 in 16.

Na prilogi števil 14 smo prikazali skupne terenske podatke za objekte I., II., III. in IV., opisane v poglavju 4.2.2. Iz korelacijskih grafikonov lahko razberemo naslednje:

- Razpršenost podatkov je na vseh grafikonih zelo velika, kar kaže na zelo pestre razmere glede stanja hribine. To razpršenost podatkov nam statistično najbolje prikaže korelacijski koeficient (r_{xy}), ki dosega zelo majhno vrednost. Pri profilih na III. kateg. hribine dobimo $r_{xy} = 0,33$ medtem ko je pri profilih s sestavo hribine 1 : 3 (1 del III. kateg. hribine in 3 deli IV. kateg. hribine) vrednost r_{xy} še dosti manjša in sicer $r_{xy} = 0,11$.

- Na osnovi razporeditve točk na korelacijskih grafikonih smo se pri izbiri oblike odvisnosti med naklonom odkopne brežine in višino brežine odločili za enačbo premice $y = a + bx$, kjer y predstavlja naklon, x pa višino brežine.

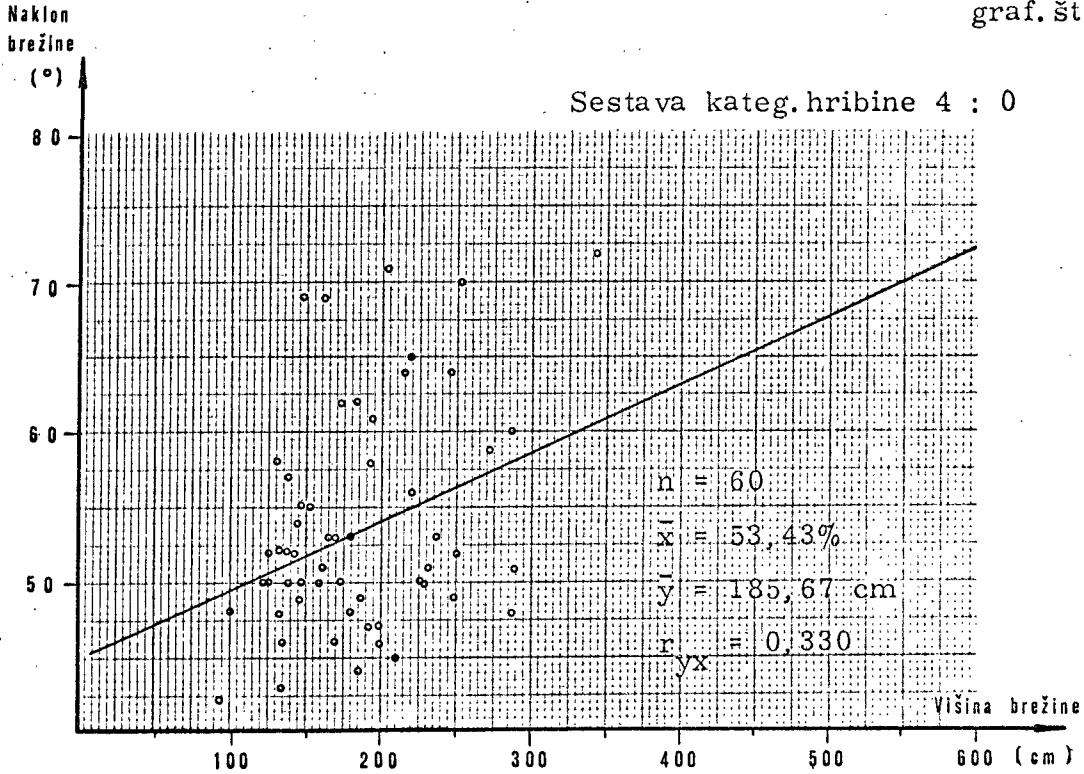
- Pri profilih na III. kateg. hribine je naklon pri srednji višini brežine sicer nižji, vendar mnogo hitreje narašča z višino brežine kot pa na profilih, ki imajo velik delež kamnitih delcev (sestava hribine 1 : 3).

Na prilogah števil 15 in 16 smo prikazali podatke samo za objekt IV (Cesta na Dobroč). Na osnovi statistično obdelanih podatkov lahko napravimo naslednje zaključke:

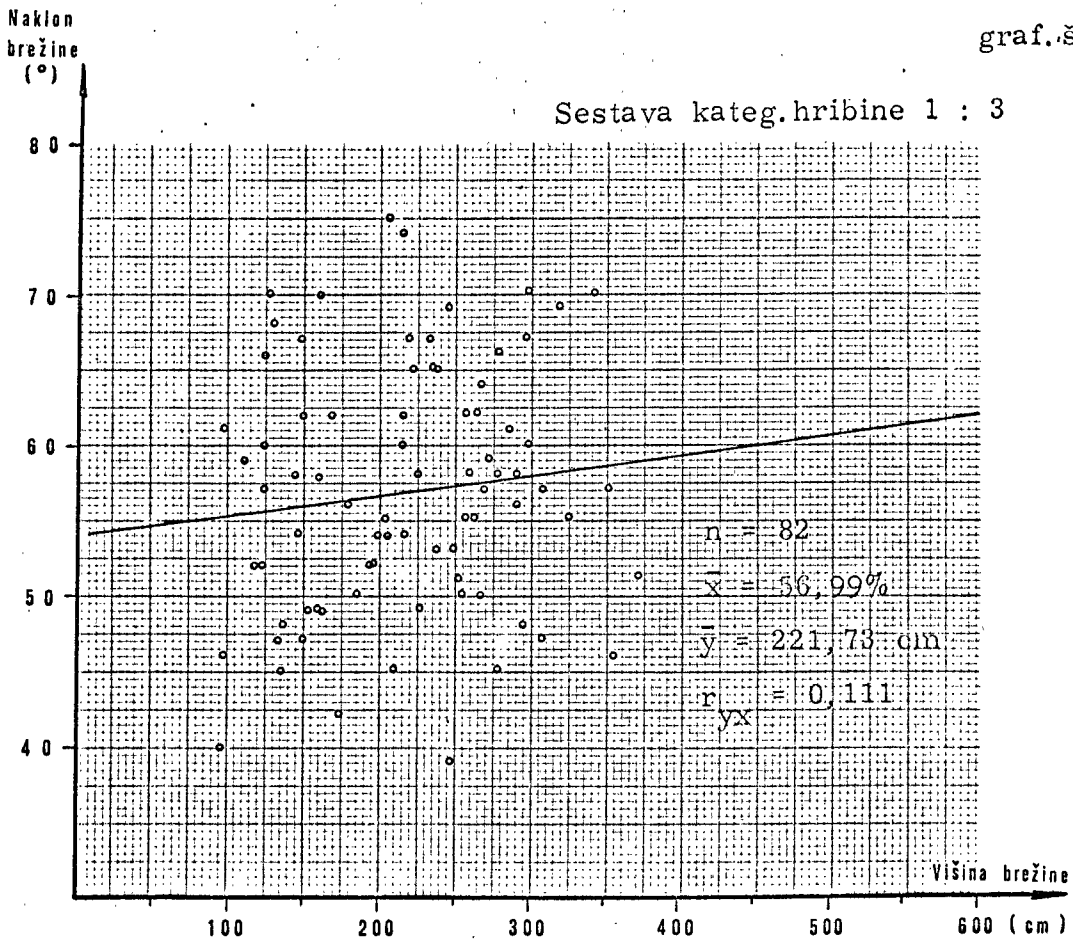
ODVISNOST MED NAKLONOM ODKOPNE BREŽINE PO GRADNJI IN VIŠINO BREŽINE

Podatki za 4 objekte

graf. št.9



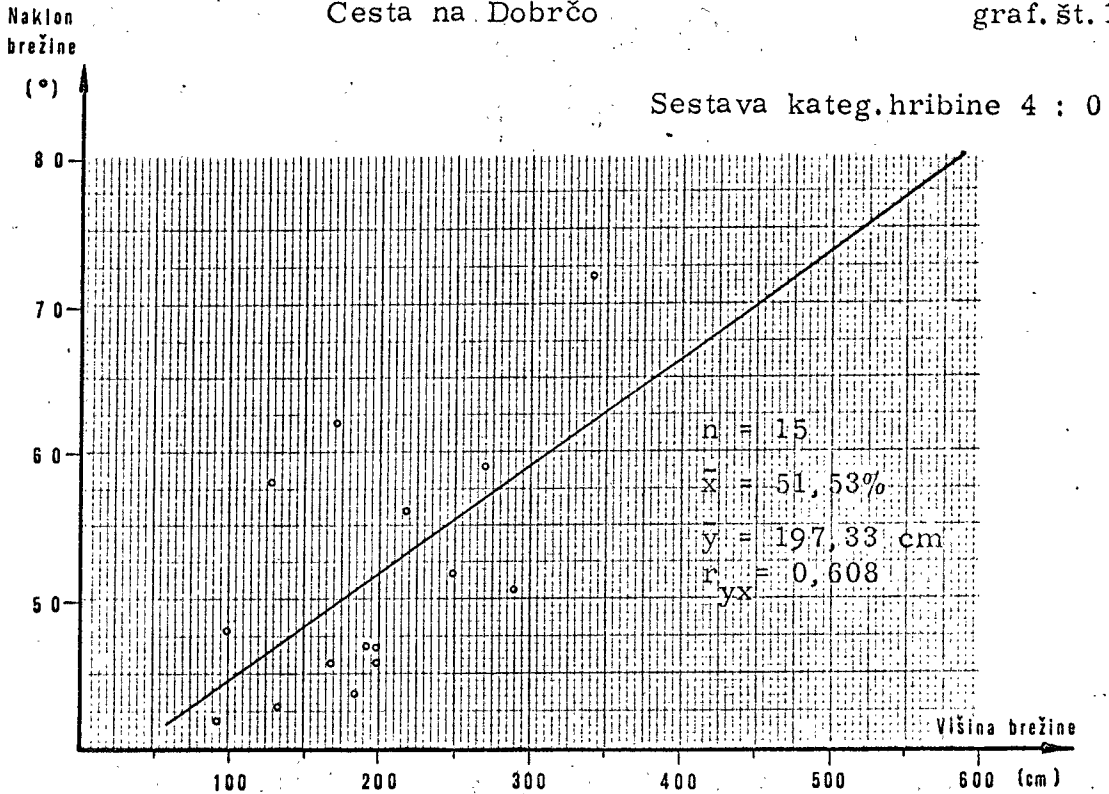
graf. št.10



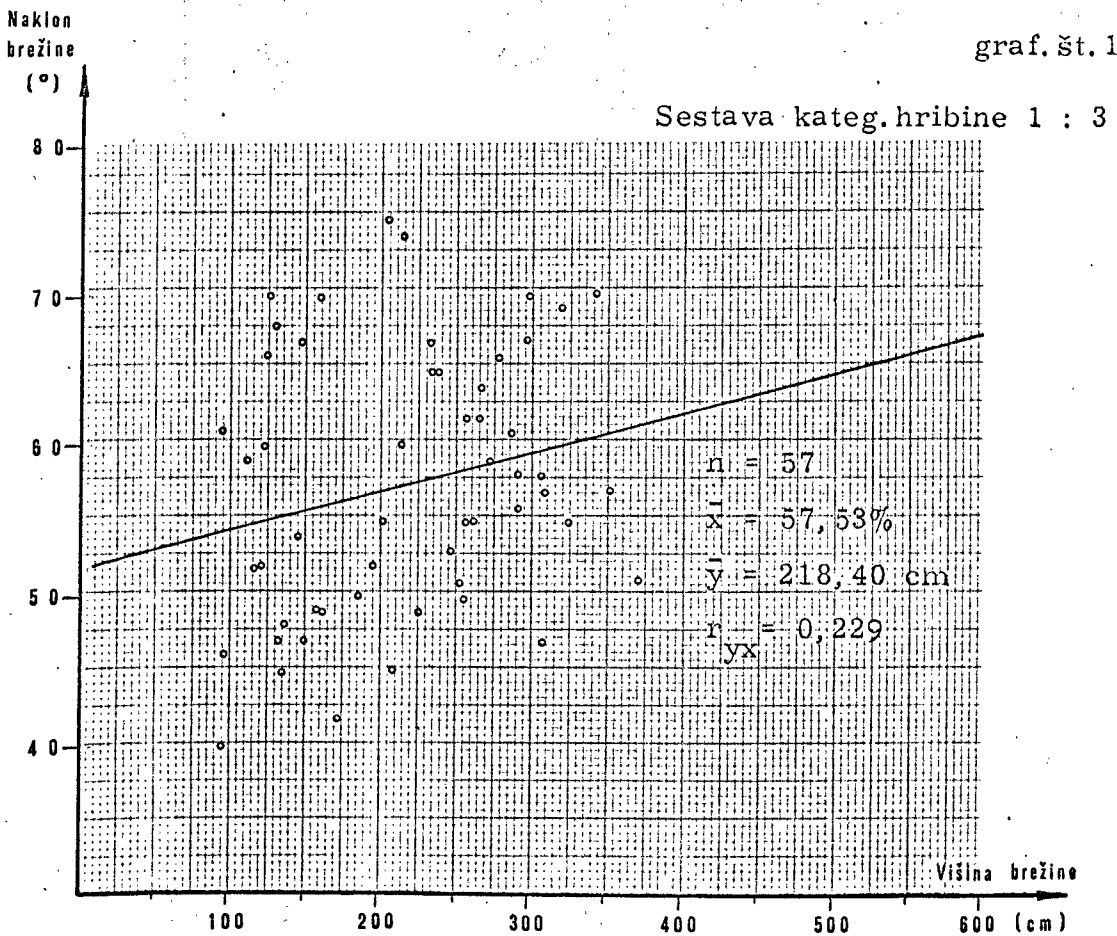
ODVISNOST MED NAKLONOM ODKOPNE BREŽINE
PO GRADNJI IN VIŠINO BREŽINE

Cesta na Dobrčo

graf. št.11



graf. št.12

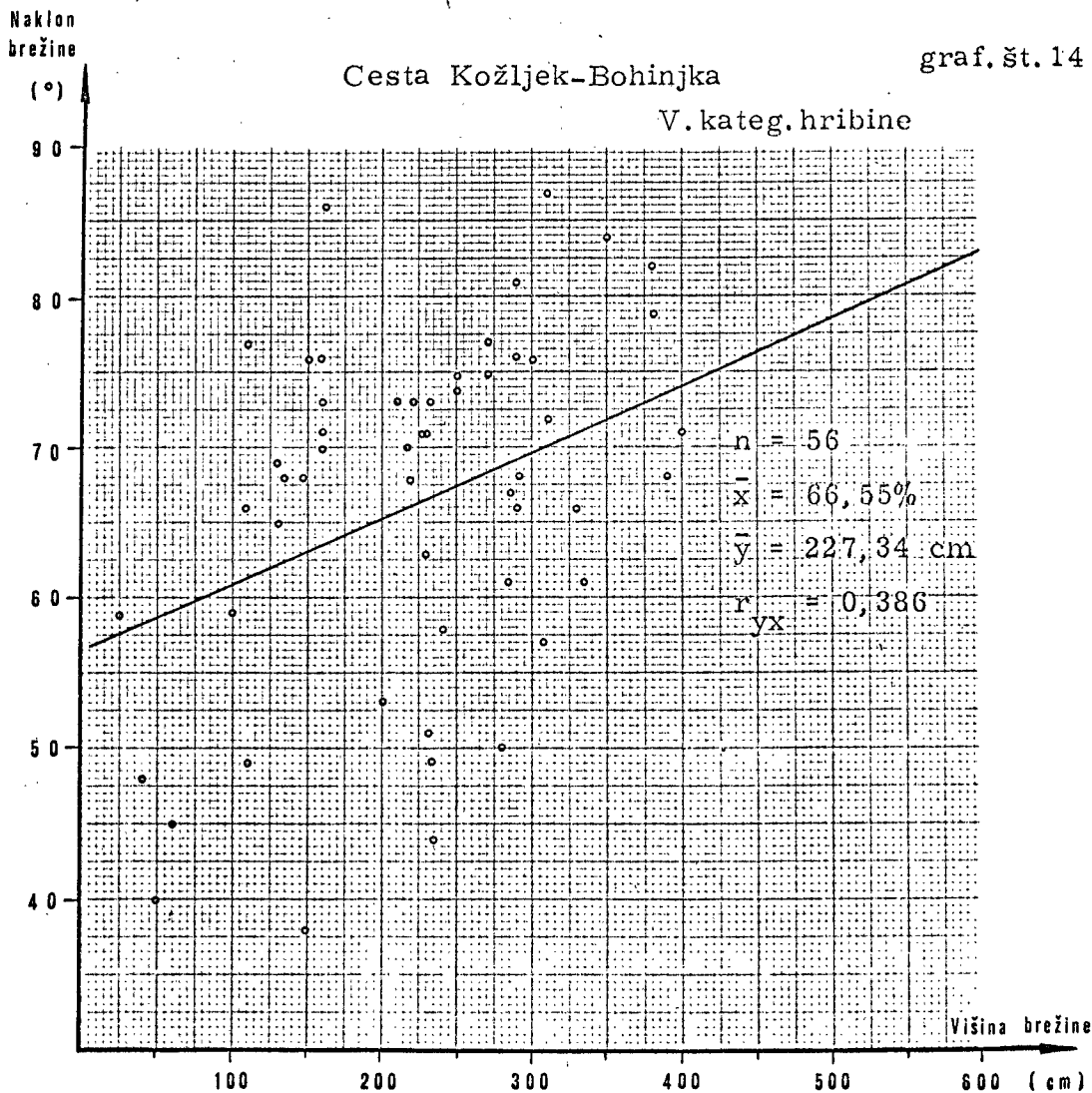
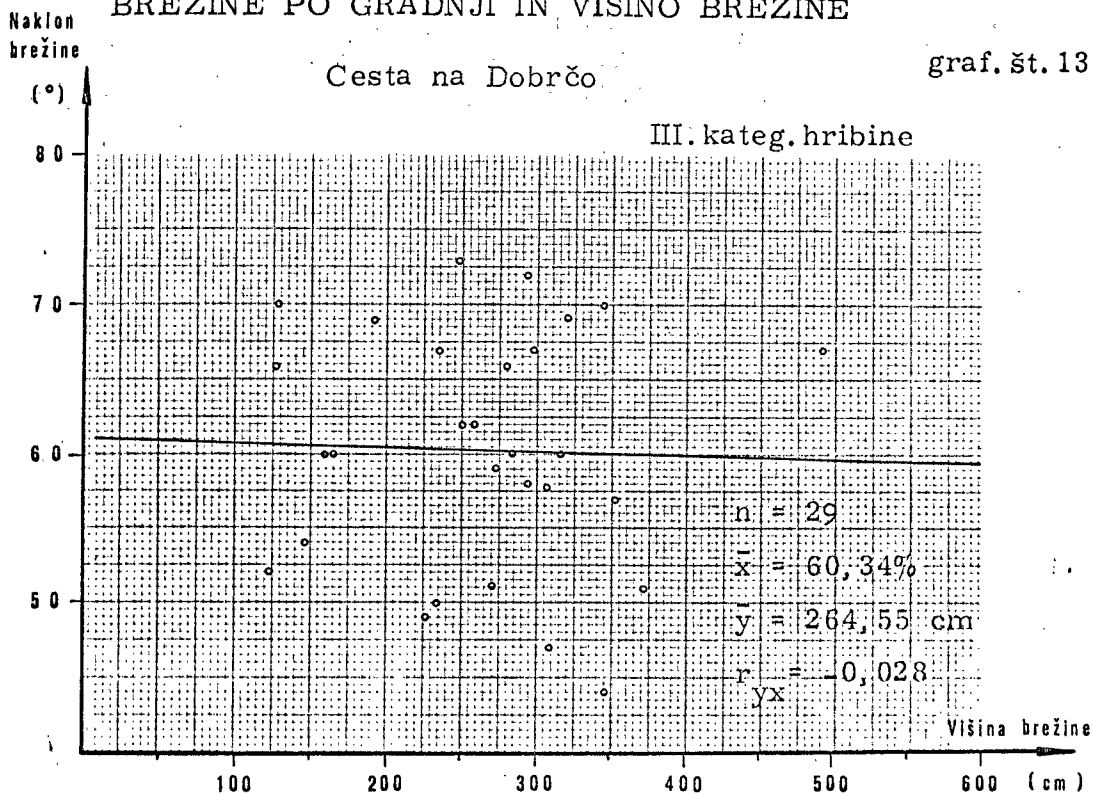


ODVISNOST MED NAKLONOM ODKOPNE BREŽINE PO GRADNJI IN VIŠINO BREŽINE

Priloga št.16

Cesta na Dobrčo

graf. št.13



- Primerjava rezultatov med podatki samo za objekt IV in skupnimi podatki za vse štiri objekte nam pokaže, da odstopanja kljub veliki razpršenosti podatkov niso zelo velika. Če vzamemo za primerjalno vrednost srednjo višino brežine 200 cm, potem je pri objektu IV. srednji naklon brežine pri sestavi hribine 4 : 0 za 2° manjši od srednjega naklona za vse objekte, pri sestavi hribine 1 : 3 pa je srednji naklon le $0,5^{\circ}$ večji od srednjega naklona za vse objekte.

- Vpliv višine brežine na naklon odkopne brežine hitro pada z večjim deležem IV.kateg.hribine. Tako pri profilih, kjer prevladuje le IV.kateg.hribine, naklon brežine ni več odvisen od višine brežine (graf.štev. 13), kar pa velja le za normalne brežine, visoke do 4 m.

- Srednji naklon brežine narašča z večanjem deleža IV.kateg.hribine (za primerjavo je vzeta višina brežine 200 cm).

- Z večjim deležem IV.kateg.hribine narašča tudi razpršenost podatkov.

Na grafikonu štev.14 so podani tudi podatki o naklonih odkopnih brežin za profile, kadar trasa poteka po kamnitem terenu (V.kateg.hribine). Podatki so vzeti iz predhodnih proučevanj in smo jih na tem mestu uporabili le za primerjavo. Razmeroma velika razpršenost podatkov je posledica močne preperelosti kamnine predvsem vrhne plasti, kar pride do izraza pri nizkih brežinah (pod 200 cm).

Omenili smo že, da podatki, podani na prilogah štev.14,15,16 predstavljajo naklone odkopnih brežin tik po gradnji. Zaradi delovanja atmosferskih vplivov (padavine, zmrzovanje i.dr.) se prestrme brežine skozi daljše obdobje (nekaj let) preoblikujejo. Proces preoblikovanja traja vse dotlej, dokler ni izpostavljeno naravno ravnotežje med delovanjem zunanjih sil in močjo notranjih sil, ki povezujejo vrhne delce hribine, iz katerih je sestavljena brežina.

Kot primer spreminjanja oblike odkopne brežine skozi tri letno obdobje podajamo skice prečnih prerezov odkopnih brežin na objektu IV.

Skice na prilogi števil 17 predstavljajo srednje vrednosti za profile s tako sestavo hribine, ki se je najpogosteje pojavljala na tej trasi. Iz skice je razvidno, da se na prvotnem več ali manj enakomernem naklonu brežine sčasoma začenjata pojavljati dva izrazitejša loma brežine oziroma da na brežini nastajajo tri ploskve z različnim naklonom. Proces preoblikovanja se prične okoli 30-50 cm izpod zgornjega roba brežine, odvisno od vrste in stanja hribine, predvsem pa od globine in gostote koreninskega pleteža. Voda iz površine brežine odnaša delce hribine. Ti delci se v obliki sipine nabirajo v vznožju brežine z razmeroma položnim naklonom. Proces izpiranja in kotalenja delcev iz brežine je najintenzivnejši v prvem in drugem letu po gradnji, kasneje se postopoma umiri, pri čemer ima pomembno vlogo proces ozelenjevanja brežine.

Na skici je z debelo črto zarisana tudi oblika brežine v ustaljenem stanju, ki je bilo doseženo na koncu 3. vegetacijske dobe po gradnji.

Pri ustaljenem stanju sega sipina v povprečju 40 cm v planum pri brežinah iz zemljine oziroma kar 85 cm pri brežinah iz IV. kateg. hribine. Sipina pri brežinah iz zemljine je strmejša (povprečno 37°) predvsem zaradi tega, ker jo hitreje prerašča vegetacija, ki zaustavlja in veže delce, ki prihajajo iz zgornjega dela brežine.

Srednji del brežine je pod vplivom najmočnejšega delovanja površinske erozije. Na koncu 3. vegetacijske dobe po gradnji smo pri ustaljenem stanju 2 m visokih brežin ugotovili naslednje srednje vrednosti naklonov naravno oblikovanih brežin:

pri profilih iz zemljine	50° , $m_0 = 0,83$
pri profilih s sestavo hribine 1 : 3	52° , $m_0 = 0,78$
pri profilih iz IV. kateg. hribine	54° , $m_0 = 0,72$

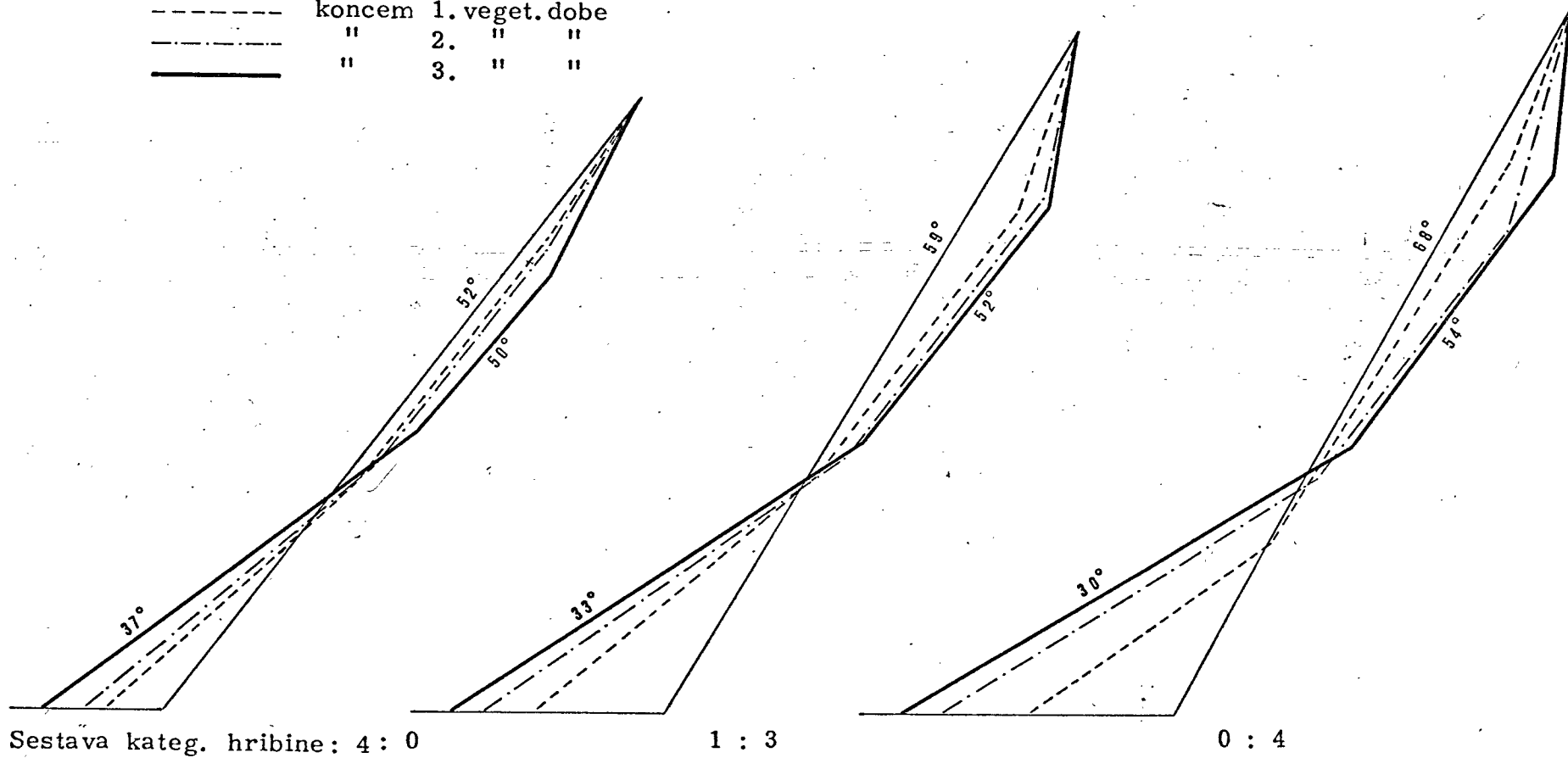
Pas ob zgornjem robu brežine se oblikuje kot najbolj strm del celotne brežine. Zgornji rob odkopne brežine je tudi sicer najbolj kritičen del brežine. Tvori ga hribina, ki jo veže koreninski pletež rast-

SPREMINJANJE OBLIKE ODKOPNIH BREŽIN

M 1 : 20

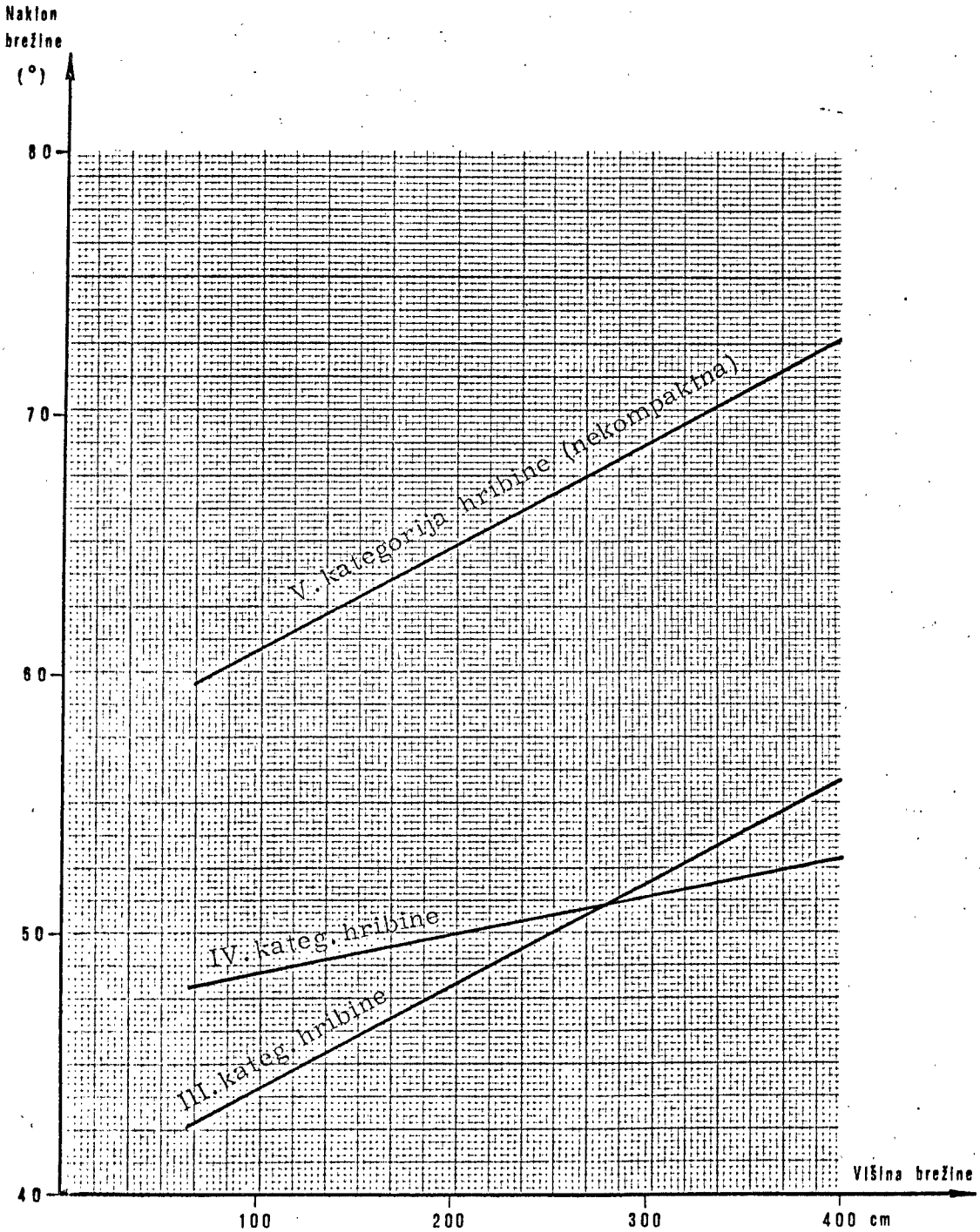
Merjeno:

—————	po gradnji
- - - - -	koncem 1. veget. dobe
- · - · -	" 2. " "
—————	" 3. " "



NAKLONI USTALJENIH ODKOPNIH BREŽIN GLEDE NA
VIŠINO BREŽINE IN KATEGORIJO HRIBINE

graf. št. 15



lin na naravnem pobočju. Zgornji rob brežine po eni strani zadržuje določeno količino materiala na brežini in na ta način znižuje odkopno brežino, na drugi strani pa preprečuje hitro ozelenitev celotne površine brežine. Tako prihaja na prestrmih brežinah do značilnih previsnih robov, ki se ohranijo še dolga leta po gradnji prometnice oziroma na visokih brežinah so prisotni praktično trajno.

Na prilogi števil 18 podajamo na osnovi podatkov o ustaljenih brežinah okvirne napotke za oblikovanje naklonov odkopnih brežin na gozdnih cestah v normalnih razmerah, kjer višina brežine ne presega 4 m. Seveda so to le orientacijske vrednosti, ki jih je potrebno prilagoditi specifičnim razmeram na dejanski trasi. Podatki so podani za profile, kjer so brežine oblikovane iz zemljine, za profile, kjer prevladuje IV. kateg. hribine in za profile, kjer so brežine oblikovane v prepereli kamnini (V. kateg. hribine).

ad c) Rastiščni pogoji glede na možnost hitre ozelenitve

Brežina tako odkopna kot nasipna bo toliko dalj časa pod neugodnim vplivom vremenskih dejavnikov (padavinska voda, veter, zmrzovanje itd.), čim dalj bo brez vegetacijske zaščite. Hitra vegetacijska zaščita omogoča obstoj za nekaj stopinj bolj strmih odkopnih brežin, kar v strmem terenu lahko pomeni precejšen prihranek na izkopu in zmanjšanje tlorisa brežine. Torej, kjer ugotovimo na trasi na določenem odseku, da obstojajo pogoji (zastrtost, krošenj, zadostna vlaga, ustrezna tla) za hitro naravno ozelenitev brežine, oziroma kjer je po gradnji predvidena takojšnja umetna ozelenitev, na takem mestu lahko oblikujemo nekoliko bolj strme brežine.

ad d) Pomembnost prometnice

Podobno kot velja pomembnost prometnice za osnovno vodilo pri izboru konstruktivnih elementov prometnice, tako velja isto načelo tudi pri oblikovanju brežin. Pomembnejša prometnica, torej prometnica

z gostejšim prometom, zahteva stabilnejše brežine, zato tudi bolj položne.

ad e) Zunanji vplivi na brežino

Za uspešno opravljanje vseh nalog, ki jih ima gozdna cesta, ni odločujoč samo vozni pas, ampak tudi ostali vzporedni pasovi kot je to razširjeni del planuma, delno tudi odkopna in nasipna brežina. Brežina na gozdni cesti je na mnogih mestih obremenjena z različnimi zunanjimi posegi kot na primer: spuščanje lesa pri spravilu, odlaganje lesa, prehod živine, prehod divjačine, paša živine in divjačine po brežinah in podobno. Vsaka dodatna zunanja obremenitev brežine zahteva njeno ustrezno oblikovanje, kar vodi do zmanjšanja naklona brežine.

3.3.2. Elementi nasipne brežine

Širina oziroma tloris nasipne brežine zavisi od istih dveh parametrov kot pri odkopni brežini, to je od višine nasipne brežine in od naklona nasipne brežine.

Višina nasipne brežine predstavlja višinsko razliko med spodnjim in zgornjim robom nasipne brežine. Zgornji rob brežine je razmeroma precej jasno zaznaven, medtem ko spodnji rob ni tako izrazit in zlasti na razgibanem terenu zelo hitro spreminja svoj potek vzdolž trase. Spodnji rob je tem bolj zabrisan, čim strmejša je podlaga, na kateri je bil izveden nasip in čim večji so kosi v materialu, ki sestavlja nasip.

Naklon nasipne brežine

Naklon, pod katerim se oblikuje nasipna brežina, se giblje v mnogo ožjih mejah kot naklon odkopnih brežin. Na oblikovanje naklona nasipne brežine vpliva mnogo dejavnikov od katerih bi omenili naslednje:

- a) vrsta tal
- b) granulacijska sestava nasipnega materiala

- c) vlažnost materiala
- d) naklon podlage
- e) način gradnje
- f) tujki v nasipu

ad a) Vrsta tal

Eden od pomembnih dejavnikov, ki vplivajo na naklon nasipne brežine, je vrsta tal. Pri tem mislimo predvsem na osnovno delitev tal na koherentna in nekoherentna. Pri koherentnih tleh pride do veljave vlažnost materiala, pri čistih nekoherentnih tleh pa granulacijska sestava nasipnega materiala in oblika kosov, ki ta material sestavljajo.

ad b) Granulacijska sestava nasipnega materiala

Če nasipni material sestavljajo kosi približno enake velikosti in oblike, tedaj bo naklon takega nasipa enakomeren. Kadar pa je material sestavljen iz zelo različnih frakcij, tedaj se tudi brežina nasipa ne bo oblikovala pod enakomernim naklonom, ampak bo brežina dobila blago konkavno obliko. Nasipni material z velikimi kosi tvori pri nizkih brežinah zelo neenakomerne naklone.

ad c) Vlažnost materiala

Pri gradnji gozdnih cest imamo običajno opravka z naravno vlažnim materialom, ker nasip izvajamo neposredno iz izkopa. Vlažnost materiala (pri koherentnih tleh) ima močnejši vpliv predvsem pri nižjih nasipnih brežinah, ker omogoča izvedbo nekoliko strmejših brežin. Potrebno je upoštevati tudi primere, ko je material popolnoma razmočen. Tedaj lahko pride do drsenja nasipa, pri čemer se seveda brežina oblikuje pod zelo majhnim naklonom.

ad d) Naklon podlage

Kadar je podlaga oziroma teren, na katerem gradimo nasip, nagnjen več kot 35%, tedaj se grobi material pri nasipavanju ne zaustavi v vznožju nasipa, ampak se kotali še dalje. S tem se vznožje nasipa podaljšuje in spodnji rob brežine se oblikuje precej neenakomerno. Na ta način nastane lomljeni naklon nasipne brežine. Vpliv strmine podlage je tem večji, čim večji so kosi v nasipnem materialu.

ad e) Način gradnje

Pri izvajanju zemeljskih del na trasi gozdnih cest v strmem terenu se uporabljata dve osnovni tehniki dela in sicer delo z buldožerjem ter delo z bagrom. Pri delu z buldožerjem se nasip oblikuje s kotalenjem materiala, ki ga stroj rine iz izkopa v nasip. Pri delu z bagrom pa nasip nastaja povsem drugače. Bager najprej sam izvede izkop za podnožje nasipa, nato začne graditi nasip s smotrnim nalaganjem materiala iz izkopa. Najdebelejše kose kamna polaga v vznožje nasipa, boljši material nato nalaga na zunanjo stran nasipa, slabšega pa v jedro nasipa. Na ta način nasip nastaja postopoma od vznožja proti planumu, ves material iz izkopa je kar najbolje izkoriščen za nasip. Ker pri tej tehniki dela nasip nastaja s postopnim nalaganjem, ne pa s kotalenjem materiala, zato je lahko tudi brežina oblikovana pod večjim naklonom.

ad f) Tujki v nasipu

Pri gradnji gozdnih cest z buldožerjem se dogaja, da so med nasipni material pomešani še razni tujki, ki v nasip ne spadajo kot na primer: del panja, korenine, ostanki pri poseku dreves in podobno. Taki tujki onemogočajo enakomerno oblikovanje nasipne brežine, naklon take brežine je lomljen, povprečni naklon je vedno večji od naklona, pod katerim se je oblikoval celotni nasip. Pri terenskih meritvah smo ugo-

točili, da je vzdolž trase kar 10-15% takih profilov, kjer so brežine nepravilno oblikovane zaradi tujkov. Na teh profilih smo izmerili povprečni naklon brežine od 40 do 45°.

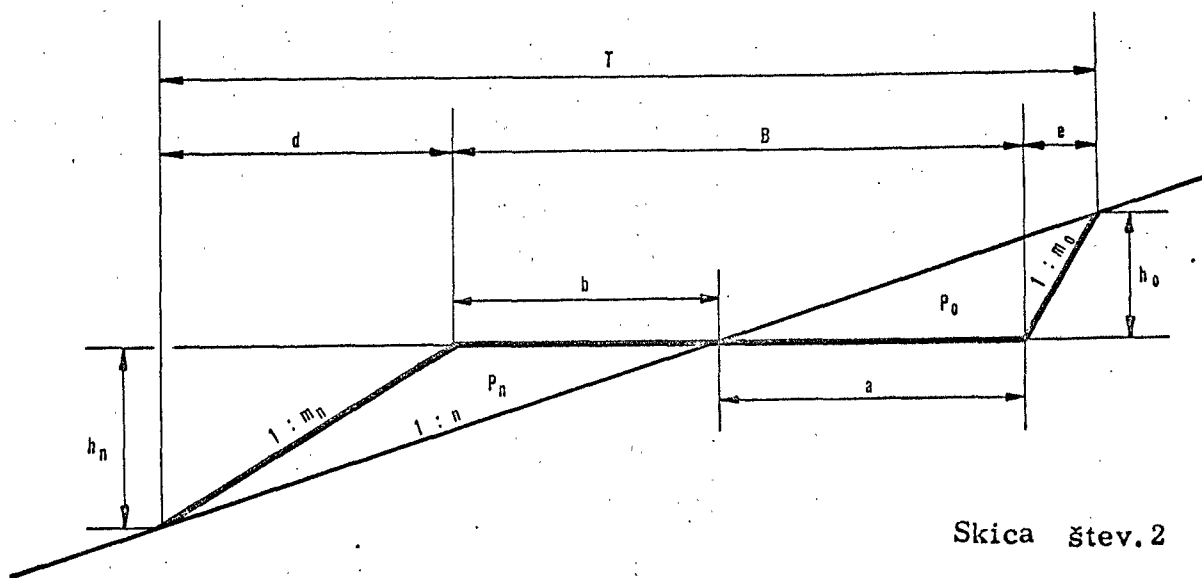
Tudi pri nasipni brežini lahko govorimo o naklonu po gradnji in o naklonu po naravnem oblikovanju. Razlika med prvim in drugim naklonom je odvisna od naravnega posedanja nasipnega materiala, kar je bilo že omenjeno v poglavju o razrahljanosti materiala. Če vzamemo primer, da je nasip zgrajen na 40% nagnjenem terenu, potem bo pri 1,1 m visoki nasipni brežini razlika med obema naklonoma od 1° do 2,5°, kar je odvisno od vrste materiala.

Pri projektiranju upoštevamo le naklone nasipne brežine po naravnem oblikovanju in bi za gozdno cesto v povprečnih razmerah ter pri enakomerno oblikovani brežini znašali:

	<40%	naklon terena	> 40%
za zemljino	36°, $m_n = 1,39$		35°, $m_n = 1,43$
za kamniti material	38°, $m_n = 1,28$		37°, $m_n = 1,32$

3.3.3. Dejanska širina cestnega telesa

Na osnovi predhodno podanih podatkov o dejanski širini planuma ter o elementih odkopne in nasipne brežine lahko sedaj podamo osnovne vrednosti o širini cestnega telesa na različno nagnjenem terenu in na različni hribini.



Vrednosti za posamezne elemente cestnega telesa so podane v tabelah na prilogi šte. 19 in 20. Izračuni so napravljeni na osnovi priložene skice šte. 2. Kot izhodišče za celotni izračun je vzeta ustrezna širina planuma v raščnem tlu. S pomočjo te vrednosti in odgovarjajočega naklona odkopne brežine izračunamo površino izkopa. Z upoštevanjem trajne razrahljanosti materiala (5% za material III.kat.hribine in 12% za material V.kat.hribine) ter predpostavko, da izvajamo prečni transport tega materiala, nato izračunamo površino nasipa, kar nam služi za izračun vseh elementov nasipne brežine s pomočjo matematičnega obrazca, ki upošteva kotne funkcije.

S seštevanjem vrednosti tlorisov odkopne in nasipne brežine ter širine planuma dobimo celotno širino cestnega telesa (T). Vrednost T z večanjem naklona terena narašča progresivno.

Parametri cestnega telesa
(mehka podlaga)

Tabela števil.: 2

Naklon terena	20%	30%	40%	50%	60%	65%
a širina planuma v raščnem tlu (m)	2,70	2,70	2,50	2,50	2,80	3,40
m_o kotangens kota naklona odkopne brežine	1,09	1,08	1,06	1,03	0,98	0,93
h_o višina odkopne brežine (m)	0,70	1,10	1,70	2,60	4,20	5,80
e tloris odkopne brežine (m)	0,76	1,19	1,80	2,68	4,12	5,39
f poševna višina odkopne brežine	1,03	1,62	2,48	3,73	5,88	7,92
Po površina odkopa (m ²)	0,95	1,49	2,13	3,25	5,88	9,85
Pn površina nasipa (m ²)	0,99	1,56	2,23	3,41	6,17	10,34
b širina planuma v nasipu (m)	2,67	2,47	2,22	1,98	1,72	1,51
m_n kotangens kota naklona nasipne brežine	1,41	1,41	1,41	1,43	1,43	1,43
c poševna dolžina nasipne brežine (m)	1,23	2,17	3,44	6,03	12,64	24,19
d tloris nasipne brežine (m)	1,00	1,76	2,79	4,94	10,35	19,81
B širina planuma (m)	5,37	5,17	4,72	4,48	4,52	4,91
T širina cestnega telesa (m)	7,13	8,12	9,31	12,10	18,99	30,11

Parametri cestnega telesa

(kamnita podlaga)

Tabela šte. 3

Naklon terena	30%	40%	50%	60%	65%
a Širina planuma v raščnem tlu (m)	2,30	2,30	2,50	2,80	3,00
m_o kotangens kota naklona odkopne brežine	0,76	0,61	0,49	0,41	0,39
h_o višina odkopne brežine (m)	0,90	1,23	1,66	2,25	2,65
e tloris odkopne brežine (m)	0,68	0,75	0,81	0,92	1,03
f poševna višina odkopne brežine (m)	1,11	1,14	1,85	2,43	2,85
Po površina odkopa (m ²)	1,04	1,42	2,08	3,15	3,98
Pn površina nasipa (m ²)	1,16	1,59	2,32	3,53	4,45
b širina planuma v nasipu (m)	2,18	1,96	1,77	1,55	1,40
m_n kotangens kota naklona nasipne brežine	1,28	1,28	1,32	1,32	1,32
c poševna dolžina nasipne brežine (m)	1,73	2,61	4,38	7,59	11,09
d tloris nasipne brežine (m)	1,63	2,06	3,50	6,06	8,86
B širina planuma (m)	4,48	4,26	4,27	4,12	4,32
T širina cestnega telesa (m)	6,79	7,07	8,58	11,10	14,21

Precejšnja je razlika v širini cestnega telesa, kadar trasa poteka po terenu z mehko podlago oziroma kadar poteka po kamniti podlagi.

Razlika v širini cestnega telesa na mehki in kamniti podlagi

Tabela štev. 4

Naklon terena	30%	40%	50%	60%	65%
T na mehki podlagi (m)	8,12	9,31	12,10	18,99	30,11
T na kamniti podlagi	6,79	7,07	8,58	11,10	14,21
Razlika v T	1,33	2,24	3,52	7,89	15,90
Povečanje T na mehki podl.	20%	32%	41%	71%	112%

Večja širina cestnega telesa na mehki podlagi nastane zaradi širšega planuma, kar je pogojeno z zahtevo po stabilnejšem spodnjem ustroju, predvsem pa zaradi položnejših odkopnih in nasipnih brežin.

3.4. Širina izsekanega pasu

Pred začetkom zemeljskih del je potrebno na trasi gozdne ceste pripraviti gradbeno površino, to pomeni, da je gradbeno površino potrebno očistiti vseh predmetov, ki jih ni mogoče vgraditi v cestno telo. Na gozdni površini je potrebno najprej posekati drevesa, odstraniti les in odpadke, ki ostanejo na sečišču po poseku (veje, vrhovi). Pri določanju širine pasu, ki ga je potrebno očistiti, se pojavi osnovno vprašanje, kako širok naj bo ta očiščeni pas. Odgovor na to vprašanje ni enostaven, ker na širino očiščenega pasu vplivajo številni dejavniki. V našem primeru nas zanima predvsem širina pasu, kjer posekamo vsa drevesa in grmovje, zato bomo v nadaljnjem obravnavali vprašanje širine izsekanega pasu.

Iz gradbenega vidika je zaželeno, da je širina izsekanega pasu čim večja, ker v tem primeru ni ovir pri samem izvajanju gradbenih del. Tako stališče je v polni meri upoštevano pri gradnji večjih javnih

prometnic, predvsem avtocest. Pri teh prometnicah je širina izsekanega pasu popolnoma podrejena gradbenim zahtevam, po zaključenih gradbenih delih ponovno zasadijo vegetacijo glede na potrebe prometnice in izgleda okolice. Povsem drugače pa je potrebno postopati pri gradnji gozdnih cest. Zavedati se je potrebno, da gozdne ceste gradimo zaradi gozda, ne pa zaradi prometnice same. Zato ni smotrno najprej izsekati drevesa zaradi lažje gradnje, potem po ponovno pogozdovati zaradi potrebe gozda. Nujno je že pri sami gradnji upoštevati položaj prometnice v sklopu gozda, tako njen vpliv v času gradnje, po gradnji, ko zasekana rana v gozdnem okolju še ni zaceljena in kasneje, ko bo prišlo do naravne povezanosti med prometnico in okoljem.

Na tem mestu bi navedli najpomembnejše dejavnike, ki vplivajo na širino izsekanega pasu.

Dejavniki, ki vplivajo na večjo širino izsekanega pasu so naslednji:

- a) vlažnost rastišča
- b) nepreglednost vozišča
- c) prevoz dolgih sortimentov
- d) nestabilno pobočje

ad a) Vlažnost rastišča

Na vlažnih rastiščih je zaželeno, da je izsekani pas nekoliko širši kot sicer. Večja širina izsekanega pasu ugodno vpliva tako na samo cesto kot tudi na okolišni gozdni sestoj, ker omogoča hitrejše premikanje zračnih tokov in večji dostop sončnih žarkov na tla z vsem tem pa hitrejše zniževanje zračne in talne vlage. Cestišče z večjim svetlim profilom ima možnost, da se hitreje osuši, kar omogoča boljše stanje samega vozišča in tudi nosilnost cestne konstrukcije se s tem poveča. Zlasti je to pomembno v pomladanskem času in po dolgotrajnem dežju. Vlažnost rastišča izhaja bodisi zaradi slabe propustnosti matične podlage ali zaradi neugodne lege prometnice (osojna lega, zaprta ozka dolina in podobno). Traser že pri polaganju trase spo-

zna take predele, zato naj na takšnih odsekih odredi širši pas za posek trase.

ad b) Nepreglednost vozišča

Nepreglednost vozišča tudi zahteva v določenih primerih posek posameznih dreves ali skupine dreves. Tak posek pride v poštev na bolj prometni cesti, kjer je v prometu večji delež osebnih vozil in sama cesta omogoča hitrejšo vožnjo. Razširitev izsekanega pasu velja predvsem za drevesa z gosto krošnjo, ki ovirajo preglednost na notranji strani krivine. Posekati je potrebno tudi drevesa, ki bi lahko kasneje zaradi prilagodljivosti na svetlobo razvila močnejše veje in s tem motila promet.

ad c) Prevoz dolgih sortimentov

V ostrih krivinah, na serpentinah, na priključkih, je zaradi možnosti prevoza dolgih sortimentov potrebno na zunanji strani krivine razširiti izsekani pas. Razširitev svetlega profila oziroma razširitev izsekanega pasu je potrebna v razmeroma ozkem pasu (1-2 m) samo na prehodu iz preme v krivino in to v smeri polne vožnje. V sami krivini razširitev svetlega profila ni potrebna. Podrobneje je to vprašanje obdelano v literaturi / 5 /.

ad d) Nestabilno pobočje

je lahko vzrok, da je potrebno izsekati širši pas dreves. Tak primer nastane le tedaj, če bi drevesa zaradi svoje teže in delovanja vetra neugodno vplivala na stabilnost pobočja.

Dejavniki, ki vplivajo na manjšo širino izsekanega pasu so naslednji:

- a) manjši poseg v gozdni sestoj
- b) manjša izguba prirastka
- c) varovanje okolja
- d) zaščita cestnega telssa

ad a) Manjši poseg v gozdni sestoj

Z izsekanim pasom širine 8-10 m pravgotovo vnesemo v uravnotežen sestoj precejšnje spremembe. Zaradi dolgega in ozkega izsekanega pasu nastane v sestoju neke vrste korito, po katerem se lahko hitro premikajo zračni tokovi, zlasti če izsekani pas leži v smeri pogostih vetrov. Pri tem je potrebno opozoriti na nevarnost lomov ali ruvanja robnih dreves zaradi močnejšega vetra, kajti robna drevesa, ki so do poseka trase rastle v sklenjenem sestoju, niso prilagojena in odporna proti vetru. Nadalje izsekani pas povzroči v svoji okolici spremembo talne in zračne vlažnosti, spremembo talne in zračne temperature ter spremembo jakosti svetlobe. Vse to ima določene posledice na razvoj sestoja. Razumljivo, da vpliv teh sprememb ni na vseh rastiščih in sestojih enak. Večje spremembe pri širše izsekanem pasu bodo lažje prenesli sestoji z mešanimi drevesnimi vrstami, z bogatimi podrastjem in na ugodnejših rastiščih. Vsekakor je za sestoj ugodneje, da je širina izsekanega pasu ožja, ker je v tem primeru prizadetost sestoja manjša.

ad b) Manjša izguba prirastka

Manjšo izgubo na prirastku bomo dosegli z ožjim izsekanim pasom. Z vprašanjem izgube prirastka se je ukvarjal KRAMER /24/, ki je ugotovil, da pri ozkih pasovih ni izgube na količinskem prirastku, pač pa je ta prirastek slabše kakovosti zaradi asimetrične rasti dreves. Robna drevesa dosegajo manjši višinski prirastek toda večji debelinski prirastek. Za iglavce (tipični predstavnik je smreka) velja, da ni izgube količinskega prirastka, če je izsekani pas ožji od 5 m. Za bukev, ki je mnogo bolj prilagodljiva na svetlobo in prostor, je ugotovljeno, da je izguba prirastka minimalna, če je izsek ožji od 8 m. V bukovem sestoju šele izsek pasu preko 12 m povzroči večje izgube prirastka. Ne bistveno zmanjšanje prirastka v sestoju v primeru ozko izsekanega pasu si prav lahko pojasnimo z dejstvom, da

izpad prirastka na posekanih drevesih nadomesti večji prirastek robnih dreves, ker imajo ta drevesa po poseku na trasi več prostora (svetlobe) v izsekanem pasu in več prostora (hrane) za koreninski sistem v smeri cestnega telesa.

Pri načrtovanju in gradnji novih gozdnih cest se marsikdaj postavlja tudi vprašanje, kaj bo z gozdnimi površinami, če bodo tako gosto prepletene s cestami. V tolažbo si lahko napravimo hiter izračun za razmere v Sloveniji: pri današnji gostoti cestnega omrežja (11 m/ha), pri povprečnem naklonu terena 40% ter pri povprečni širini izsekanega pasu 9 m znaša izguba površine za produkcijo lesa 1%. Z upoštevanjem ugotovitev Kramerja lahko cenimo, da je izguba prirastka le okoli 0,5%. Po predvidevanjih naj bi za naše razmere veljala optimalna gostota cestnega omrežja v gospodarskem gozdu 25 m/ha. Tedaj bi zaradi cest izgubili 2,25% gozdne površine oziroma nekaj več kot 1% letnega prirastka.

ad c) Varovanje okolja

Vsak posek na neki širši površini je za gozdni sestoj nenaravno dejanje in kot tako prav gotovo ni v skladu s hotenjem, ki ga upoštevamo pri varstvu naravnega okolja. Čim širši bo izsekani pas, tem vidnejša bo ta nenaravna zareza, v krajinsko sliko. Razumljivo, da niso vsa področja enako občutljiva, bodisi iz širšega krajinskega vidika ali iz vidika občutljivosti reliefa. Ravninski predeli, planote in podobne terenske oblike niso toliko občutljive in zato vprašanje širine izsekanega pasu gozda zaradi gradnje prometnice iz vidika varovanja naravnega videza krajine ni tako problematično. Zelo občutljiva pa so dolga in strma pobočja. Na strmih pobočjih so odkopne in nasipne brežine zelo visoke in dostikrat tudi skalnate. Če bi v takem pobočju izsekali celotno širino cestnega telesa, bi dobili zelo širok negozdni pas, celotno gradbišče bi bilo razgaljeno, na pobočju pa bi še dolgo ostala nezaceljena rana, daleč vidna iz doline in okolice. Kadar želimo na

občutljivem pobočju kar najbolj prikriti gradbeni poseg v naravo, moramo posebno paziti na drevesa s spodnje strani trase.

Na mestu nasipne brežine pustimo vsa drevesa, ki nimajo posebne vrednosti kot tehnični les. Zlasti ohranimo košata drevesa, ki dobro zastirajo novo traso in imajo poleg estetskega videza še mnoge druge ugodne učinke.

ad d) Zaščita cestnega telesa.

Z vegetacijo obdano cestišče je ugodno tako iz vidika same ceste kot iz estetskega vidika uporabnikov prometnice. Zelena, pestra rastlinska odeja na obeh straneh vozišča zelo ugodno učinkuje na voznika, zlasti kadar ima gozdna cesta tudi pomemben rekreacijski namen. Še bolj pomemben pa je vegetacijski pokrov za cestno telo, ker deluje kot nekakšen zaščitni dežnik nad cesto. Rastline kot zelišča, grmovje in drevesa s svojimi nadzemnimi deli (vejami in listjem) prestrezajo padavinsko vodo in ob močnih nalivih razbijajo njeno udarno moč, ki ni tako majhna. Ta zaščitna vloga dreves je posebno pomembna za golo, slabo utrjeno vozišče, prav tako pa tudi za strme neobrasle brežine takoj po gradnji. Nadalje ima vegetacija izredno pomembno vlogo pri vezanju tal. Drevesa, zlasti tista z močnimi srčnimi koreninami preko reninijo tla v precejšnjo globino in kot nekakšni piloti povečujejo stabilnost podlage, na kateri je zgrajeno cestno telo. V suhih predelih želimo, da zadržimo vlago na cestišču, ker s tem omogočimo boljšo veznost zgornjega ustroja. Viden učinek je v tem, da se ne dviguje prah, kar ima za posledico neprijetno vožnjo, onesnaženje okolice in mehanično uničevanje vozišča.

V nadaljnjem bomo podali nekaj ugotovitev in podatkov o širini izsekane pasu.

3.4.1. Posek nad odkopno brežino

Odgovoriti je potrebno na vprašanje, koliko od zgornjega roba odkopne brežine (odkopne stičnice) je potrebno posekati drevesa. Pri tem je mišljena že oblikovana odkopna brežina. Če ne želimo povečati širine izsekanega pasu, potem naj ostanejo drevesa čim bližje zgornjemu robu, ker s tem zmanjšamo izgubljeno gozdno površino, saj drevesa nad odkopno brežino običajno ne motijo prometa. Pri tem načelnem stališču je potrebno upoštevati le mehanično in biološko stabilnost robnih dreves, kar je pogoj za njihovo normalno rast.

ad a) Mehanična stabilnost

Pri izvedbi cestnega telesa na pobočju smo z izkopom v raščeno tlo napravili nekakšno stopnico, ki pomeni v dotedanjem uravnoveženem stanju v tleh določene statične spremembe. Pas nad zgornjim robom odkopne brežine je izgubil mehanično oporo in je stabilnost odvisna od notranjih sil v tleh. Zato drevesa, ki rastejo tik nad robom, lahko pomenijo veliko dodatno obremenitev zgornjega roba, ki presega odpornost tal in posledica se pokaže v zdrsu zgornjega roba skupaj s stoječim drevesom. Do takega primera pride zlasti tedaj, če je talna podlaga nestabilna (nepropustne plasti ležeče v smeri ceste, z vodo prenasičena tla in podobno) in če veter maje drevesa, ki v tem primeru, gledano iz vidika statike, veter deluje kot močna sila na dolgi ročici. Potrebna oddaljenost drevesa od zgornjega roba brežine je odvisna od več dejavnikov, od katerih je potrebno upoštevati zlasti:

- višino odkopne brežine,
- stabilnost podlage
- koreninski sistem drevesa
- statično in dinamično obremenitev drevesa na podlago.

ad b) Biološka stabilnost

Z nastankom zaseka v pobočje se ne spremeni samo mehanična stabil-

nost pasu nad zgornjim robom, ampak se spremenijo tudi pogoji za rast vegetacije. Bistveno se spremeni vodni režim, s tem pa možnost prehranjevanja rastlin. Zgornji rob brežine se močneje izsuši in korenine iz tega pasu ne dobivajo dovolj vode in hrane. V kolikor ni mogoče izgubo nadomestiti iz druge smeri, pride do fiziološke oslabitve rastlin. Pri robnih drevesih običajno nastopijo še mehanične poškodbe na tistih koreninah, ki so usmerjene proti trasi. Poleg poškodb korenin je drevo lahko prizadeto še zaradi sončnega ožiga ali delovanja vetra, na kar drevo predhodno ni bilo pripravljeno.

Glede na mehanično in biološko stabilnost robnih dreves je priporočljivo, da v normalnih terenskih razmerah posekamo vsa večja drevesa v pasu širine 2 m nad zgornjim robom odkopne brežine. Z upoštevanjem navedenih dejstev, ki smo jih zgoraj omenili, je širino izsekanega pasu nad zgornjim robom potrebno prilagoditi dejanskemu stanju na terenu.

Dostikrat je na zgrajeni cesti opaziti, da predhodni posek dreves nad zgornjim robom ni bil usklajen s poznejšo dejansko lego cestnega telesa. Še bolj pa moti neusklajenost med delom minerja in potekom zemeljskih del. Nad zgornjim robom odkopne brežine je včasih videti razminirane panje, kar je velika škoda iz naslednjih vidikov:

- za miniranje panja je bilo nepotrebno potrošeno delo in razstrelivo
- namesto, da panj s koreninami dobro veže podlago, je bilo to mesto pri miniranju močno razrahljano
- kaže na neusklajenost poteka gradnje
- estetsko moti uporabnike prometnice

3.4.2. Posek na nasipni brežini

Medtem ko je meja za posek dreves na odkopni strani cestnega telesa precej ostro določena, je ta meja na nasipni strani zelo variabilna. Vzrokov za to je veliko in sicer:

- spodnji rob nasipne brežine ni tako izrazit in enakomeren kot je to zgornji rob odkopne brežine

- stoječa drevesa na pasu nasipne brežine ne ovirajo strojev pri izvajanju zemeljskih del

- rastoča drevesa na nasipni strani imajo mnogotere naloge:

- pri izvajanju gradbenih del lahko ščitijo spodnji sestoj pred poškodbami, ki nastanejo zaradi razmeta pri miniranju ali pri kotalenju kamnitega materiala pri odzivu z buldožerjem;
- drevesa v plitkem nasipu (na strmem terenu) povečujejo stabilnost, saj zadržujejo nasip in ga kot nekakšni piloti utrjujejo ter tesno povezujejo s podlago;
- krošnje dreves ščitijo nasipno brežino in vozišče pred udarno močjo padavinske vode ob močnih nalivih;
- drevesa s svojo krošnjo zastirajo pogled ne samo na golo nasipno brežino, temveč tudi na odkopno, če le ni izjemno visoka;
- drevesa s svojo senco omogočajo hitrejšo ozelenitev odkopne brežine, predvsem tiste, ki so izpostavljene močnejši sončni pripeki.

Zaradi omenjenih blagodejnih učinkov dreves na strani nasipov je priporočljivo, da na nasipni brežini ohranimo čimveč dreves. Omejitve izhajajo iz naslednjih dveh dejstev:

- zahteve po širšem izsekanem pasu, kar je bilo pojasnjeno na začetku tega poglavja;
- občutljivost dreves na zasutje.

3.4.3. Občutljivost dreves na zasutje.

V kolikor pustimo drevesa neposekana tudi v pasu nasipne brežine, potem so ta drevesa zasuta z nasipnim materialom določene strukture. Pri takem zasipavanju se postavi osnovno vprašanje, koliko to fiziološko prizadene posamezna drevesa, oziroma do katere višine še lahko zasujemo njihova debla.

Glede zasutja so drevesne vrste zelo različno občutljive. Načelno velja ugotovitev, da so na zasutje najbolj prilagodljive tiste drevesne vrste, ki imajo sposobnost hitro razviti adventivne korenine s katerimi nadomestijo delovanje prejšnjega koreninskega sistema. Tako sposobnost imajo predvsem genetsko mlade drevesne vrste. Iz literature /36/ so znani podatki o sposobnosti prenašanja zasutja za nekatere drevesne vrste, ki so dobljeni na osnovi opazovanj na terenu ob primeru zasutja dreves z naplavinami.

Med iglavci najbolj prenašajo zasutje bori. Po odpornosti je znan rdeči bor (*Pinus silvestris*) in pokončni bor (*Pinus uncinata*). Ugotovljeni so primeri, da je bil sestoj rdečega bora zasut do višine 1 m, vendar ni prišlo do odmiranja dreves. Z meritvami so ugotovili, da je skoraj prenehal prirastek v višino, medtem ko se debelinski prirastek bistveno ni zmanjšal. Zaradi globokega koreninskega sistema bor lažje prenese nenadno zasutje, v času prilagajanja razvije adventivne korenine in ko te prevzamejo funkcijo korenin, stari koreninski sistem polagoma odmre. Proti zasutju je zelo odporen tudi macesen. Za prakso bi veljalo napotilo, da bor in macesen lahko zasujemo do višine 1 m.

Smreka je glede zasutja slabo prilagodljiva, v vseh starostih prenese le plitko zasutje. Opazovanja so pokazala, da se pri smreki pojavijo znaki klorotičnega stanja, če je deblo zasuto 5-10% svoje višine. Odrasla smreka prenese zasutje do 0,5 m, le v izjemno ugodnih razmerah tudi nekaj več.

Jelka je nekoliko manj občutljiva na zasutje kot smreka. Preseneča, da so nekateri listavci zelo odporni proti zasutju, čeprav so znani potem, da potrebujejo humozno zemljo. V svojem arealu je gorski javor (*Acer pseudoplatanus*) najbolj vzdržljiva drevesna vrsta, saj so našli primer, da je pri zasutju 1,9 m še vedno normalno rasel. Zelo odporne vrste so še : jerebika (*Sorbus aucuparia*), puhasta breza (*Betula pubescens*), zlasti pa nekatere vrste vrb: črnikava vrba (*Salix*

nigricans), rdeča vrba (*Salix purpurea*). Pri teh vrstah vrb so našli zasutje celo do višine 2,0 - 2,5 m, toda drevesa so še vedno kazala nezmanjšano življenjsko moč.

Ko govorimo o vzdržljivosti posameznih drevesnih vrst na zasutje, moramo omeniti, da je odpornost v veliki meri odvisna od fiziološkega stanja posameznega drevesa ter od položaja, kjer drevo raste.

Nadalje je zelo pomembno, kakšne strukture je material, s katerim zasujemo spodnji del drevesa. Vezni material (glina, ilovica) predstavlja zbito plast, ki je slabo propustna za vodo in zrak. Taka plast je za nadaljno normalno rast drevja zelo neugodna, kar je potrebno upoštevati pri debelini zasipavanja. Nasprotno pa je kamniti material ugodnejši, ker je taka plast zračnejša in dovoljuje nekoliko višjo debelino zasutja. Pri kamnitem materialu pa je ta slaba stran, da pogosto pride do mehaničnih poškodb spodnjega dela debla, kar lahko drevo fiziološko oslabi ali predstavlja nevarno mesto za začetek raznih bolezni.

Pri odločanju o tem, katera drevesa bomo pustili na nasipni brežini, katera ne, je potrebno upoštevati tudi tržno vrednost sortimentov, ki jih dobimo po poseku drevesa. Razumljivo, da visoko kvalitetno drevo ne bomo pustili v nasipu in mu zasuli najvrednejši del debla, ampak ga bomo posekali in odstranili pred samo gradnjo. Manj kvalitetno drevje, katerega lesa nima posebne tehnične vrednosti, pa bomo pustili rasti na nasipni brežini.

Ko govorimo o sposobnosti prilagajanja dreves na zasutje, naj v kratkem še omenimo odpornost dreves proti udarcem kamenja. Do poškodb dreves pri gradnji cest prihaja iz dveh razlogov:

- a) zaradi prekomernega in zato škodljivega razmeta kamnitega materiala pri miniranju
- b) zaradi kotalenja kamnitega materiala pri odzivu z buldožerjem.

ad a) Poškodbe zaradi razmeta so najmočnejše tik ob trasi ceste, kar je povsem razumljivo, potem pa se število in jakost poškodb z razdaljo zelo hitro zmanjšuje. Po 20 m oddaljenosti od sredine trase se število ranjenih dreves zmanjša na eno tretjino, po 30 m pa poškodb praktično ni več, ali pa so zelo redke.

ad b) Poškodbe zaradi kotalenja se glede na oddaljenost od trase povsem drugače pojavljajo. Najmočnejše poškodbe se kažejo v oddaljenosti 20-40 m od sredine trase, ker ima tedaj kamenje največjo hitrost in s tem največjo udarno silo. Poškodbe se pojavljajo le v najnižjem delu debla in so v primerjavi s poškodbami zaradi razmeta manj številne, toda močnejše.

Odpornost dreves proti udarcem kamenja je predvsem odvisna od debeline in strukture lubja. Drevesne vrste, ki imajo debelo lubje, so praviloma mnogo bolj odporne proti poškodbam na udar kot drevesne vrste s tankim lubjem. Med iglavci so najbolj odporne naslednje drevesne vrste: rdeči bor (*Pinus silvestris*), rušje (*Pinus montana*), macesen (*Larix decidua*), navadni brin (*Juniperus communis*). Med listavci kažejo večjo odpornost naslednje drevesne vrste: ostrolistni javor (*Acer platanoides*), bela jelša (*Alnus incana*), zelena jelša (*Alnus viridis*), navadna breza (*Betula pendula*), puhasta breza (*Betula pubescens*), jesen (*Fraxinus excelsior*), trepetlika (*Populus tremula*), iva (*Salix caprea*), mokovec (*Sorbus aria*), jerebika (*Sorbus aucuparia*).

Za odpornost dreves proti udarcem je zelo pomembno, zlasti pri mladem drevju, ali so bili udarci povzročeni v dobi vegetacijskega mirovanja ali v dobi, ko je drevo v polnem soku. Razumljivo, da je drevo v polnem soku mnogo bolj občutljivo kot v dobi vegetativnega mirovanja.

Na osnovi do sedaj podanih ugotovitev podajamo okvirne podatke o širini izsekanega pasu za povprečne terenske razmere.

Tabela šte. 5

Širina izsekanega pasu

Naklon terena	Trasa na mehki podlagi			Trasa na kamniti podlagi		
	pod osjo	nad osjo	skupaj	pod osjo	nad osjo	skupaj
do 20%	3 m	5 m	8 m	-	-	-
30%	3 "	6 "	9 "	3 m	4 m	7 m
40%	3 "	6 "	9 "	3 "	4 "	7 "
50%	4 "	7 "	11 "	3,5 "	4,5 "	8 "
60%	5 "	8 "	13 "	4 "	5 "	9 "
nad 60%	-	-	-	2 "	7 "	9 "

Gozd se bo tem hitreje prilagodil nenadno izsekanemu pasu tedaj, če bo ta gozd v mlajši razvojni fazi, po drevesnih vrstah mešan, ter raznodoben z bogatimi vertikalnimi sloji.

Kadar ne želimo preširokega pasu, tedaj je smotrno v prvi fazi izsekati le tolikšno širino, da bo mogoče nemoteno delo s stroji in izvajati zemeljska dela. Po potrebi se izsekani pas lahko kasneje razširi, ko se je sestoj že prilagodil novim rastiščnim razmeram.

4. OZELENITEV BREŽIN

4.1. Potreba po ozelenitvi

V naših krajih je zaradi ugodnega podnebja vsa naravna površina pokrita z vegetacijo, izjema so le gole skalnate površine. Pri kakršnemkoli posegu v ta prostor prizadenemo tako ali drugače vegetacijski pokrov in vsaj začasno napravimo golo površino. Tako je tudi pri gradnji gozdnih prometnic. Prvi pristop pri gradnji je odstranitev obstoječega vegetacijskega pokrova, oziroma vsaj drevesnega in grmovnega sloja. Zatem sledijo zemeljska dela, ki za seboj pustijo povsem golo površino v širini, ki jo zajema telo prometnice. Ta gola površina je sedaj nekaka sveža rana v naravnem okolju. Podobno kot vsaka odprta, nezaceljena rana predstavlja nevarno mesto za okužbo, tako tudi gola površina, nastala zaradi zemeljskih del, predstavlja odprt prostor za delovanje erozije, vode in vetra, nastanek usadov, zdrs zemljin in podobno. Omenjeni pojavi nastopajo vse dotlej, dokler se v naravi porušeno ravnotežje ponovno ne izpostavi.

Z nastalimi golimi površinami po gradnji gozdnih cest in poti so nujno povezane posledice, ki se neugodno odražajo tako na samo prometnico kot na njeno okolje. Najočitnejše posledice bi bile naslednje:

- Na goli odkopni površini je močno erozijsko delovanje padavinske vode, zaradi česar prihaja do postopnega odplakovanja zemljine iz brežine in zasipavanja koritnice, jarkov in vodnih strug. Zasuta koritnica povzroča razlivanje vode po cestišču in njegovo uničevanje;

- Kotalenje kamenja iz odkopne brežine na vozišče otežkoča promet in celo ogroža njegovo varnost;

- Gole površine ničesar ne producirajo, medtem ko zarasla brežina lahko daje neposredne ali posredne koristi. Za gozdarstvo predstavljajo neposredne koristi dohodek od lesa, posredne koristi pa lahko pomeni: zaraščen gozdni rob, hrana za živali, paša za čebele, razni gozdni sadeži (jagode, maline itd.).

- Gole površine niso naravna oblika v sicer zelenem okolju, zato take površine, zlasti če so večjega obsega in daleč vidne, estetsko motijo in kvarijo usklajeno krajinsko podobo.

Ozelenitev golih brežin oziroma njihova sanacija v ožjem smislu ima osnovni namen preprečiti ali vsaj omiliti navedene posledice.

Narava bo sicer sama zacelila rano, ki jo je povzročil človek, vendar bo potek šel svojo pot, bo dolgotrajen in ne vedno po želji povzročitelja. Zato mora graditelj prometnice sam poseči po sanacijskih ukrepih v vseh tistih primerih, kadar je pričakovati hujše posledice, katerih škoda bi preseгла vrednost vloženega dela za sanacijo. Torej ima sanacija ekonomsko utemeljitev. Čimboljši bodo sanacijski ukrepi, tem nižji bodo stroški za odstranjevanje posledic.

Posledice posega je v določeni meri mogoče omiliti ne samo s sanacijskimi ukrepi po izvedbi zemeljskih del, ampak že pri samem izvajanju gradnje oziroma že pri polaganju trase. Na osnovi dobrega poznavanja talne podlage, vegetacije na njej, oblikovitosti terena, je mogoče predvideti neugodna mesta za lego trase in s študijem več variant se je dostikrat mogoče takim mestom izogniti. Na neugodnih mestih je že med samo gradnjo potrebno predvideti morebitne hujše posledice (n.pr. zdrs večje količine hribine) in tudi potrebne sanacijske ukrepe (n.pr. izvedba drenaže).

Izvajanje zemeljskih del in sanacijski ukrepi morajo biti nujno med seboj usklajeni. Kadar bomo predvideli takoj po končani gradnji tudi ozelenitev odkopnih brežin, tedaj te brežine lahko tudi nekoliko strmějše oblikujemo, saj jih bo v kratkem času po gradnji ščitila pred erozijo umetno nanešena vegetacija. To dejstvo je še posebno pomembno za brežine na strmem terenu, kjer že za nekaj stopinj položnejši naklon brežine takoj zahteva znatno večje odkope z vsemi neugodnimi posledicami.

V okviru naše raziskovalne naloge ne bomo obravnavali ozelenitev iz tehničnega vidika niti ozelenitev tistih brežin, ki pri gradnji gozdnih cest in poti dosežejo izjemne dimenzije. Reševanje takih brežin zahteva poglobljeno proučevanje razmer na samem terenu in je potrebno prilagoditi za vsak primer posebej ustrezne sanacijske ukrepe.

4.2. Naravna ozelenitev

Po izvršenih zemeljskih delih ostane celotno cestno telo golo, torej nezaščiten pred zunanjimi vremenskimi vplivi kot je to zlasti voda, Vozišče ostane golo tudi kasneje, medtem ko naj bi se odkopne in nasipne brežine čimpreje ozelenele. Kadar ni pričakovati posebno nevarnih posledic, tedaj pri gradnji ustrezno oblikovane brežine prepustimo naravi, da jih sama ozeleni. Narava bo ozelenela brežine sicer počasi, mogoče vedno ne po naši želji, vendar bo naravna pot ozelenitve zagotavljala zagotovo največjo trajnost in samoobnavljanje, saj bo naravni izbor rastlin najboljše ustrezal dejanskim rastiščnim razmeram.

4.2.1. Dejavniki, ki vplivajo na ozelenitev brežine

Potek ozelenitve je odvisen od mnogih dejavnikov, ki bi jih lahko strnili v naslednje štiri skupine:

- a) talna podlaga
- b) faktorji reliefa
- c) naklon brežine
- d) zaščita brežine

V kratkem bomo podali osnovne značilnosti za vsako skupino dejavnikov.

ad a) Talna podlaga

Eden od najpomembnejših dejavnikov za ozelenitev brežine je pravgotovo matična podlaga, ki daje rastlinam življenski prostor za kalitev in kasneje rast. Talne razmere se zelo hitro spreminjajo vzdolž trase

in so celo na istem profilu bistveno različne na odkopni in na nasipni brežini.

Na odkopni brežini bo pedološki profil zelo redkokdaj enoten, ampak bo zajemal dva, tri ali celo več talnih horizontov. Ob zgornjem robu bo horizont A, temu bo pogosto sledil horizont B in njemu še horizont C. Razporeditev teh horizontov je za naravno ozelenitev zelo neugodna. Horizont A, ki vsebuje največ humoznih snovi, potrebnih za kalitev in razvoj rastline, se nahaja na samem zgornjem robu brežine in je zaradi neugodne lege podvržen močnemu izsuševanju in rušenju. Čimvečja je odkopna brežina, temmanjši je delež A horizonta. Spodnji horizonti so pretežno sterilni, zbiti in dajejo zelo malo možnosti za kalitev in nadaljni razvoj rastline. Za ozelenitev površin na teh horizontih je prilagojenih le malo rastlin, to so le pionirske rastline, bodisi kot zelišča ali grmovnice.

Na nasipni brežini material ni razporejen v ločenih horizontih, ampak talno podlago sestavlja mešanica materialov iz vseh horizontov, ki so udeleženi pri izkopu. Zato bo po vsej površini nasipne brežine, vsaj nekaj humoznih snovi, če je le A horizont zastopan v zadostni debelini pri izkopu. Velika prednost za začetek razvoja vegetacije na nasipni brežini je v tem, da je površinski material razrahljan in s tem dovolj zračen, kar omogoča uspešno kalitev in začetno rast.

Glede matične podlage kot osnove za ozelenitev brežin veljajo podobne zakonitosti kot sicer za razvoj vegetacije. Na karbonatni podlagi bo ozelenitev površine hitrejša in bolj intenzivna kot na kisli podlagi, kjer je izbor rastlinskih vrst precej skromen.

ad b) Faktorji reliefa

Pomembnejši faktorji reliefa glede na ozelenitev površin so naslednji: svetloba, toplota, voda in odpornost proti eroziji. Od omenjenih faktorjev bomo obravnavali le dva in sicer vodo ter odpornost proti

eroziji. Oba faktorja sta pogojena z lastnostmi matičnega substrata. Voda deluje kot padavinska in kot talna voda. Padavinsko vodo v tem primeru obravnavamo le iz vidika povzročitelja erozijskih pojavov. Razumljivo, da bo v področjih, ki so poznana po močnih nalivih (alpske doline), delovanje padavinske vode mnogo močnejše kot v področjih, kjer so zaradi klimatskih razmer padavine zelo umirjene. Padavinska voda s svojo erozijsko močjo neugodno vpliva na ozelenitev obrežin iz več vidikov in sicer:

- izpira iz površja najfinejše delce in humozne snovi, ki so podlaga za uspešno kalitev semen;
- odnaša napadlo seme in drobne, ne dovolj vkoreninjene klice;
- odnaša suho listje in druge rastlinske odpadke, kar bi lahko nudilo mladim klicam prvo zaščito;
- zbija zgornjo plast tal.

Neugoden učinek padavinske vode bo tem večji, čim bolj neustrezni so tudi ostali dejavniki, ki vplivajo na razvoj vegetacije na brežini, kot so to: naklon brežine, talna podlaga, insolacija itd.

Prevelika talna vlaga lahko tudi neugodno vpliva na ozelenitev in sicer na dva načina:

- oži izbor rastlinskih vrst
- močnejše je delovanje zmrzovanja tal

Nekaj več pozornosti bomo posvetili procesu zmrzovanja tal, ki je prav na brežinah dobro opazno in predstavlja močan dejavnik pri rušenju brežine in s tem zaviralno vpliva na ozelenitev brežin.

Neugodne posledice zmrzovanja tal se pojavljajo le pri tistih zemljinah, ki omogočajo kapilarno pretakanje vode in ki obenem vsebujejo velike zaloge vode. Take zemljine so koherentne zemljine, ki so sestavljene pretežno iz zrnč manjših od 0,02 - 0,05 mm. Ko temperatura na površini tal pade pod 0°C, zmrzne najprej nevezana voda v razpokah in porah, kjer se začnejo tvoriti ledeni kristali. Ti kristali imajo last-

nost, da iz svoje okolice hlastno srkajo adhezijsko vezano vodo, ki zaradi nižjega zmrzišča še ni zmrznjena. Na ta način ledeni kristali povečujejo svojo prostornino in s svojo kristalizacijsko silo razganjajo tla, pri tem se tvorijo nove razpoke z novonastalimi ledenimi kristali. V zemljini, kjer kapilarni sistem ne obstaja (v peščenih tleh), ledeni kristali rastejo le toliko časa, da iz svoje neposredne okolice izčrpajo vodo, potem se njihova rast ustavi in proces zmrzovanja tal je zaključen. V koherentnih tleh, kjer pa kapilarni sistem obstaja, ledeni kristali po kapilarnem pretoku dobivajo vedno nove količine vode iz notranjosti, iz območja pod zamrznjeno cono. Ledeni kristali tedaj po volumnu naraščajo, se povečujejo v ledene leče, ki se med seboj združujejo v cele ledene plasti. Plast teh ledenih leč dosega znatno debelino, celo do 20 cm in v izjemnih primerih tudi več. Debelina ledenih leč je odvisna predvsem od razpoložljive zaloge vode, ta pa zopet od tega, čim drobnejša so zrna v zemljini in čim večji delež je teh drobnih frakcij. Ledene leče trgajo in dvigajo tla, s tem pa trgajo tudi koreninski pletež rastlin, ki so se v prejšnji vegetacijski dobi uspele zakoreniniti na golo in negostoljubno brežino. Po odjugi se ledene leče raztopijo, razrahljana vrhnja plast brežine se skotali v podnožje ali pa jo odplakne prvi večji naliv. Prav proces zmrzovanja tal je eden od odločilnih vzrokov, da se brežine zelo vlažnih koherentnih tal tako težko zarastejo z vegetacijo.

ad c) Naklon brežine

Naklon brežine ima za naravno ozelenitev posredni pomen in se odraža v erozijskem delovanju padavinske vode. Pri tem ni toliko pomembna absolutna vrednost naklona, kot pa istočasna vplivnost ostalih dejavnikov, ki lahko pospeševalno ali zaviralno vplivajo na ozelenitev.

Kot primer navajamo stanje ozelenitve na brežini na gozdni cesti "Na Tegoško planino" v Karavankah.

Matična podlaga: morenski grušč, močno zbit, brez veznih delcev, pokrit z okoli 10 cm humozno plastjo

Dolžina opazovanega odseka: 60 m

Leto gradnje: 1970, leto proučevanja: 1978

Opis stanja na odkopni brežini:

višine brežine: 1,8 - 2,5 m, naklon: $34-37^{\circ}$,
najpogostejši 36°

ozelenitev: močnejša le v vznožju brežine, pokrovnost 20-40%, prevladujejo šopi trav, v srednjem delu brežine je pokrovnost 10% (posamezni šopi trav), zgornji del je brez vegetacije, vidno je močno izpiranje.

Opis stanja na nasipni brežini:

poševna širina nasipne brežine: 3,5-5,0 m, naklon $38-45^{\circ}$,
najpogostejši 40°

ozelenitev: brežina je skoraj popolnoma ozelenela, pokrovnost 80%, zastopane so trave in številna zelišča.

Iz primerjave stanja na obeh brežinah lahko napravimo naslednji zaključek: - Nasipno in odkopno brežino sestavlja enak material, enaki so tudi reliefni faktorji (padavine, toplota, svetloba, južna ekspozicija), nobena brežina ni zaščitena z drevjem.

- Nasipna brežina je v povprečju za 2° bolj strma kot odkopna, vendar je dosti bolj ozelenela.

Razlaga za gornjo ugotovitev bi bila naslednja:

Na nasipni brežini je talna podlaga iz razrahljanega materiala, morenskemu grušču so primešani tudi humozni delci iz sicer tanke gornje plasti, nadalje so primešani odpadki, ki ostanejo na sečišču (veje, korenine, listje, podrast itd.). Taka talna podlaga omogoča kljub sterilnemu matičnemu substratu razmeroma ugodno osnovo za kalitev semen in razvoj zelo različnih rastlinskih vrst. Mnogo kali sicer propade, vendar ostane jih še toliko, da začnejo s koreninskim pletežem vezati vrhno plast brežine in tvorijo pritalno zaščito za kalitev na novo nanesenih semen. Proces zaraščanja brežine s pionirsko vegetacijo je

hitrejši in učinkovitejši kot razdiralna moč padavinske vode, torej je ravnotežje na površini nasipne brežine hitro vzpostavljeno in nadaljni razvoj poteka v korist ozelenjevanja brežine. Proces ozelenjevanja poteka približno po vsej površini enakomerno.

Na odkopni brežini je stanje povsem drugačno. Talna podlaga je prirodno močno zbita in sterilna, kar daje minimalne pogoje za normalni razvoj rastline. Prva naselitev vegetacije se pojavi ob vznožju odkopne brežine šele tedaj, ko se je nabralo dovolj materiala iz zgornjega dela brežine z odplakovanjem ali kotalenjem. Torej ta sipina ob dnu ni več iz zbitega materiala, ampak iz razrahljanega, je dovolj zračna in vsebuje že primesi iz vrhne humozne plasti ali iz nanosa vetra. Vegetacija polagoma prodira iz vznožja proti sredini brežine, dokler so še dani minimalni pogoji za rast rastline. V zgornjem delu brežine pa razdiralni učinki padavinske vode popolnoma prevladujejo nad osvajalno močjo vegetacije, ker je na tem mestu zaradi skrajno neugodnih rastiščnih razmer brez moči.

ad d) Zaščita brežine

Pri tem je mišljena tista zunanja zaščita brežine, ki ugodno vpliva na razvoj pionirske vegetacije. Zaščita je lahko večstranska:

- zaščita pred udarno močjo padavinske vode
- zaščita pred sončno pripeko
- zaščita pred vetrom.

Za ozelenitev brežin je predvsem pomembna zaščita pred močno sončno pripeko in zaščita pred udarno močjo padavinske vode. Sončna pripeka neugodno deluje na ozelenitev predvsem tistih brežin, ki imajo južno ali jugozahodno ekspozicijo in imajo peščeno ali kamnito talno podlago. V tem primeru je brežina s svojo ploskvijo usmerjena skoraj pravokotno na potek sončnih žarkov. Zaradi takšnega položaja se površina brežine močno segreje, kar ima za posledico močno izsuševanje

vrhne plasti. Pri proučevanju zaraščanja cestnih brežin smo na terenu zasledili več primerov, ko je bilo jasno videti pozitivno zaščitno vlogo zastora nad brežino.

Navedli bomo primer take zaščite na "Cesti na Golovec", GG Ljubljana. Opis stanja na odkopni brežini:

dolžina proučevanega odseka: 85 m

talna podlaga: karbonski glinasti škrljavci, PH 4-5, zelo skeleton material, tla so slabo formirana

višina odkopne brežine: 4,0-4,5 m, nakloni 44-50°, najpogostejši 45°

ekspozicija: J - JZ

Stanje vegetacije na brežini: na celotnem odseku je brežina zelo slabo ozelenjena. Na 1/6 dolžine odseka je brežina gola po celotni višini, 4/6 dolžine je ozelenel le spodnji pas v višini 0,5-1,5 m s pokrovnostjo 50-70%, 1/6 dolžine odseka je brežina ozelenela v spodnjem pasu do višine 3 m s pokrovnostjo 70-90%, zgornji pas pa s pokrovnostjo 10-50%. Pri iskanju pojasnila, zakaj je le ozek del v sredini odseka izredno izstopal z zelenim vegetacijskim pokrovom, smo ugotovili, da je ta del predstavljal točno projekcijo krošenj skupine dreves, ki so rastle nasproti na nasipni strani ceste. Torej senca teh dreves je bila na tem odseku tisti pozitivni dejavnik, ki je ščitil brežino pred sončno pripeko in s tem pred močnim izhlapevanjem v najbolj kritičnem času in na ta način je bilo vegetaciji omogočeno za postopno ozelenitev brežine kljub ostalim zelo neugodnim razmeram.

Nadalje je pomembna tudi zaščita pred udarno močjo padavinske vode. Deževne kapljice imajo, zlasti v močnem nalivu, precejšnjo udarno moč in povzročajo na goli poševni brežini trganje slabo vezanih delcev, ki jih tekoča voda sproti odnaša, ter zbijanje vrhne plasti zemljine. Omejnjeni dvojni učinek padavinske vode neugodno vpliva na možnost ozelenitve brežine. Neugoden učinek padavinske vode se zmanjša, če je brežina zastrta s krošnjami dreves in grmovja. Zaščitna funkcija je uspešnejša, čim manjši so posamezni listi krošnje, čim gostejša je ta krošnja in čim bližje so veje nad brežino.

Krošnje dreves in grmovja opravljajo poleg mehanične zaščite še druge za razvoj vegetacije pomembne naloge kot na primer: stvarja se

ugodna mikroklima, odpadlo listje mehanično zavira erozijo in daje hranilne snovi za rast vegetacije. Krošnje dreves pa lahko tudi zavr-
ralno vplivajo na razvoj vegetacije in sicer v tistem primeru, ko tla
pod krošnjami ne dobivajo dovolj svetlobe.

4.2.2. Rezultati opazovanj naravne ozelenitve brežin

Z namenom, da bi dobili boljši vpogled o dogajanjih na brežinah gozd-
nih cest od trenutka, ko je bila prometnica zgrajena pa do časa, ko
se je brežina naravno konsolidirala in toliko ozelenela, da so prepre-
čene škodljive posledice erozije, smo izbrali 4 trase in jih po enotni
metodiki opazovali skozi več vegetacijskih dob. Način opazovanja je
podrobno opisan v poglavju o metodiki dela.

Na tem mestu podajamo samo rezultate opazovanj, prikazane za vsak
objekt posebej.

OBJEKT I

Gozdna cesta "Tinčkov maln - Prevalc"

Predel: Polhov Gradec, gozdno gospodarstvo Ljubljana

Nadmorska višina: 415 m do 635 m

Dolžina trase: 2250 m

Zaključena gradbena dela: sept. 1974

Osnovna geološka podlaga: karbonatna

Gozdne združbe: Blechno-Fagetum, Hacquetio-Fagetum

Število opazovanih profilov: 37

Skupni delež kategorij hribine: 72% III.kateg.; 22% IV.kateg.,
6% V.kateg.

Delež profilov po sestavi kategorij hribine

Tabela števil.: 6

Kategorija hribine	III.	IV.	III.	IV.	III.	IV.	III.	IV.	III.	IV.	III.	IV.	IV.	V.
razmerje	4	0	3	1	2	2	1	3	0	4	3	1	1	3
delež profil.	50%		13%		16%		9%		3%		3%		3%	

Stanje nasipnih brežin glede na kategorijo hribine

Tabela števil.: 7

Kategorija hribine	Poševna dolžina (m)		Naklon po gradnji (°)		Pokrovnost vegetacije (%)										
					2. veget. doba		3. veget. doba		4. veget. doba						
	od	do	povpr.	od	do	povpr.	od	do	povpr.	od	do	povpr.			
III. 4 IV. 0	2,5	6,0	4,4	33	42	37	20	100	50	20	100	70	40	100	95
III. 3 IV. 1	3,0	4,5	3,7	38	40	39	10	90	60	10	90	60	90	100	97
III. 2 IV. 2	3,5	6,0	4,4	37	42	39	10	20	10	10	30	20	20	80	60
III. 1 IV. 3	3,1	3,7	3,5	37	38	37	20	100	70	10	100	60	80	100	93
III. 0 IV. 4	-		3,0	-		39	-		0		-	0	-		20

Iz gornje tabele števil 7 lahko razberemo naslednje:

- Poševna dolžina nasipne brežine meri od 2,5 do 6,0 m in pada z deležem IV. kateg. hribine.

- Naklon brežine se spreminja v intervalu od 33° - 42° in ne kaže odvisnosti od kategorije hribine.

- Vegetacija že v 2. vegetacijski dobi (naslednje leto po gradnji) doseže razmeroma veliko pokrovnost, v povprečju 50%, v 3. vegetacijski dobi 60% in v 4. vegetacijski dobi že 90%. Razlike na posameznih profilih so zelo velike, zlasti v 2. vegetacijski dobi, ko je pokrovnost vegetacije na najbolj neugodnih profilih komaj 10%, na najbolj ugodnih pa doseže že 100%. Take velike razlike so razumljive, če upoštevamo številne dejavnike, ki smo jih navajali kot pospeševalne ali zaviralne momente pri ozelenjevanju brežin.

- Razlike v pokrovnosti glede na kategorijo hribine niso izrazite, mnogo večje so razlike v isti skupini kategorije kot med skupinami.

- Opazna je velika razlika v intenzivnosti zaraščanja brežin v posameznih vegetacijskih dobah. V 3. vegetacijski dobi se je pokrovnost vegetacije v primerjavi s pokrovnostjo v 2. veg. dobi le malo povečala, pač pa je močno intenzivnost opaziti v 4. veg. dobi, ko vegetacija praktično popolnoma preraste nasipne brežine. Vzrokov za taka nihanja intenzivnosti zaraščanja brežin v posameznih vegetacijskih dobah podrobneje nismo proučevali.

- Zaraščanje nasipne brežine poteka zelo neenakomerno po ploskvi brežine in v tem pogledu ni nekih splošnih značilnosti. Prve rastline se pojavijo tam, kjer obstojajo glede na mikrolokalne razmere najugodnejši pogoji (svetloba, vlaga itd.).

- Na golih tleh so se pojavile najprej pionirske rastlinske vrste od katerih so najpogosteje zastopane:

robida (*Rubus ideus*), orlova praprot (*Pteridium aquilinum*), lepljivi žajbelj (*Salvia glutinosa*), navadni srobot (*Clematis vitalba*), velika ko-

priva (*Urtica dioica*), malina (*Rubus idaeus*), na vlažni podlagi predvsem lapuh (*Tussilago farfara*). V 3. vegetacijski dobi so se pojavili že močni poganjki iz panjev (kostanj, hrast). Za začetek vegetacije je bila najpomembnejša talna podlaga z zadostno vlažnostjo. Na takih tleh se je razvilo veliko število osebkov različnih rastlinskih vrst. Zanimivi so bili primeri, da so enoletne klice gorskega javorja (*Acer pseudoplatanus*) skoraj popolnoma prekrile golo, skoraj sterilno površino nasipne brežine in bankine, če je bilo le dovolj vlage.

Iz tabele števil 8 povzemamo naslednje:

- Višina odkopnih brežin na opazovanih profilih meri od 140 do 290 cm in je srednja višina pri vseh skupinah glede na kategorijo hribine približno enaka.

- Naklon brežin, merjen po gradnji, se giblje v zelo širokih mejah in sicer od 48° do 74° in z večjim deležem IV. kategorije hribine narašča, kar je bilo že obravnavano pri oblikovanju odkopnih brežin.

- Vegetacija v primerjavi z nasipno brežino zelo počasi osvaja odkopno brežino. Vzroki za tak proces so bili do sedaj že večkrat omenjeni. V 2. vegetacijski dobi je bila na brežinah z najugodnejšimi razmerami dosežena pokrovnost vegetacije komaj 10%, enako tudi v 3. veg. dobi, šele v 4. veg. dobi je bila v posameznih primerih dosežena pokrovnost 80%, kar daleč odstopa od povprečnega stanja. Povprečno stanje pokrovnosti je zelo nizko in znaša v 2. veg. dobi 0, v 3. veg. dobi še vedno 0, v 4. veg. dobi šele 15%. Večjo intenzivnost ozelenitve v 4. veg. dobi si lahko pojasnimo z dejstvom, da je v začetku 3. veg. dobe (po dveh zimskih obdobjih) v glavnem zaključeno najmočnejše rušenje brežin in da so tedaj večinoma vse brežine že toliko konsolidirane, da jih vegetacija postopoma začinja preraščati.

- Razlike v pokrovnosti glede na kategorijo hribine se ne kažejo v določeni zakonitosti. Opaziti je slabo zaraščenost tistih brežin,

Kategorija hribine	Višina brežine (cm)		Naklon po gradnji (°)		Pokrovnost vegetacije (%)					
					2. veget. doba		3. veget. doba		4. veget. doba	
	od - do	povpr.	od - do	povpr.	od - do	povpr.	od - do	povpr.	od - do	povpr.
III. IV. 4 0	138-290	210	48- 70	60	0-10	0	0-10	0	0-30	10
III. IV. 3 1	205-239	217	60-74	64	0-10	0	0-10	0	10-80	40
III. IV. 2 2	155-275	213	66-71	68	0	0	0-10	0	0-30	20
III. IV. 1 3	220-248	231	65-69	67	0	0	0	0	0	0
III. IV. 0 4	-	201	-	71	0	0	0	0	0	0

kjer je delež IV.kategorije večji od 50%.

- Smer osvajanja vegetacije na odkopnih brežinah je značilna. Zaraščanje brežine poteka vedno od spodaj navzgor. Manj pomembna je vegetacija, ki se spušča iz zgornjega roba navzdol. To velja le za rastline, ki razvijajo dolge vitice kot na primer: navadni srobot (*Clematis vitalba*), robida (*Rubus idaeus*), šipek (*Rosa kanina*), rdeča jagoda (*Fragaria vesca*) in dr. Opaziti je bilo primere, da so iz korenin, ki so pri izkopu prišle na prosto, odgnali novi poganjki rastline, predvsem nekaterih grmovnih vrst: beli trn (*Crataegus oxyacantha*), navadna breza (*Betula pendula*).

OBJEKT II.

Gozdna cesta "Rakitna - Zakotkar"

Predel: Rakitna, gozdno gospodarstvo Ljubljana

Nadmorska višina: 780 m do 830 m

Dolžina trase: 1300 m

Zaključena gradbena dela: jeseni 1975

Osnovna geološka podlaga: karbonatna

Gozdne združbe: Abieto-Fagetum dinaricum

Število opazovanih profilov: 37

Skupni delež kategorij hribine: 54% III.kateg., 45% IV.kateg.,
1% V.kateg.

Iz gornje tabele lahko povzamemo (tabela števil.9):

- Vegetacija je že v 2.vegetacijski dobi dosegla na brežinah z najbolj ugodnimi razmerami pokrovnost od 30-100%, v povprečju za vse opazovane profile pa 40%. V 3.veg.dobi je bila dosežena na najugodnejših brežinah pokrovnost že 100% in to v vseh skupinah, razvrščenih po kategorijah. Povprečna vrednost pokrovnosti za vse profile znaša 80%. V 4.veg.dobi je bila dosežena povprečna vrednost pokrovnosti za vse profile kar 91%.

Delež profilov po sestavi kategorij hribine

Tabela števil.: 9

Kategorija hribine	III.	IV.	III.	IV.	III.	IV.	III.	IV.	III.	IV.	V..		
razmerje	4	0	3	1	2	2	1	3	0	4	1	2	1
delež profilov	37%		9%		9%		30%		12%		3%		

Ozelenitev nasipnih brežin glede na kategorijo hribine

Tabela števil.: 10

Kategorija hribine	P o k r o v n o s t vegetacije (%)					
	2. veget. doba		3. vegetac. doba		4. veget. doba	
	od - do	povpr.	od - do	povpr.	od - do	povpr.
III. IV. 4 0	10 - 90	40	70 - 100	90	90 - 100	100
III. IV. 3 1	0 - 30	10	30 - 100	60	60 - 100	50
III. IV. 2 2	30 - 100	70	60 - 100	90	90 - 100	100
III. IV. 1 3	10 - 100	40	20 - 100	70	80 - 100	90
III. IV. 0 4	10 - 30	20	40 - 100	70	70 - 100	90

Stanje odkopnih brežin glede na kategorijo hribine

Tabela štev.: 11

Kategorija hribine	Višina brežine (cm)		Naklon po gradnji (°)		Pokrovnost vegetacije (%)					
					2. veget. doba		3. veget. doba		4. veget. doba	
	od-do	povpr.	od-do	povpr.	od-do	povpr.	od-do	povpr.	od-do	povpr.
III. 4 / IV. 0	126-238	162	49-62	53	0-20	10	0-60	20	10-80	30
III. 3 / IV. 1	191-295	260	53-58	56	0-10	0	0-20	10	0-60	20
III. 2 / IV. 2	171-335	242	48-64	57	0	0	0-10	5	0-20	10
III. 1 / IV. 3	150-301	219	49-62	58	0	0	0-20	10	0-80	20
III. 0 / IV. 4	155-287	245	53-55	54	0	0	0-10	0	0-30	10

- Razlike v pokrovnosti na posameznih profilih so tudi tukaj zelo velike, zlasti v 2.veg.dobi (od 0% do 100%), v vsaki naslednji vegetacijski dobi se te razlike hitro manjšajo.

- Razlike v pokrovnosti glede na kategorijo hribine niso značilne.

- Ostala opažanja so povsem podobna kot smo jih opisali pri objektu I.

Podatki v gornji tabeli nam kažejo naslednje (tabela števil.11):

- Višina odkopnih brežin na opazovanih profilih znaša od 126-335 cm s sredno vrednostjo 207 cm. Razlike v višinah brežin glede na kategorijo hribine niso značilne.

- Nakloni brežin po gradnji se gibljejo v razponu od 48° - 64° in so v povprečju manjši kot na objektu I.

- Vegetacija v 2.veg.dobi doseže pokrovnost od 0% do 20%, v 3.veg.dobi največ 60% in v 4.veg.dobi največ 80% in to le na posameznih profilih. V povprečju za vse profile so vrednosti za pokrovnost mnogo nižje in sicer: v 2.veg.dobi 0%, v 3.veg.dobi 11% in v 4. veg.dobi 22 %.

- Glede na kategorijo hribine je opazna razlika v pokrovnosti vegetacije in sicer z večjim deležem IV. kategorije pokrovnosti pada.

OBJEKT III.

Gozdna cesta "Auflad- Jelovica"

Predel: Zagorje, gozdno gospodarstvo Ljubljana

Nadmorska višina 520 m do 580 m

Dolžina trase: 1800 m

Zaključena gradbena dela: 1968

Osnovna geološka podlaga: kisla

Gozdne združbe: Savensi-Fagetum

Število opazovanih profilov : 68

Skupni delež kategorij hribine: 59% III.kateg., 41% IV.kateg.

Delež profilov po sestavi kategorij hribine

Tabela štev.: 12

Kateg. hribine	III.	IV.	III.	IV.	III.	IV.	III.	IV.
razmerje	4	0	3	1	2	2	1	3
delež profilov	25%		25%		18%		18%	
							14%	

Stanje odkopnih brežin glede na kategorijo hribine

Tabela štev.: 13

Kategorija hribine	Višina brežine (cm)		Naklon v času opazovanja (°)		Pokrovnost vegetacije (%)		
	od-do	povpr.	od-do	povpr.	od-do	povpr.	
III. 4	IV. 0	121-234	169	45-53	49	50-100	70
III. 3	IV. 1	125-277	169	45-56	50	20-100	70
III. 2	IV. 2	143-316	215	41-54	50	20-100	50
III. 1	IV. 3	145-358	237	39-58	51	10-100	60
III. 0	IV. 4	212-301	248	39-54	47	20-80	50

Na objektu III. so bile meritve opravljene samo enkrat in sicer 7 let po gradnji. Na tem objektu smo želeli proučiti stanje brežin na trasi, kjer prevladuje kislá talna podlaga.

Stanje odkopnih brežin 7 let po gradnji je bilo naslednje:

- Povprečna višina brežine z večjim deležem IV.kategorije narašča in sicer od 170 cm do 250 cm. Povprečne višine so približno enako visoke kot pri drugih objektih.

- Nakloni brežin so med posameznimi skupinami kategorij precej izenačeni. Sicer se kaže rahlo večanje naklona z naraščanjem deleža IV.kategorije, vendar to večanje ni tako izrazito kot na drugih objektih.

- Pokrovnost vegetacije zajema vrednosti v zelo širokih mejah in sicer od 10% do 100% kar ne preseneča glede na vplivnost številnih dejavnikov. Iz podatkov o povprečnih vrednostih za pokrovnost pri posameznih skupinah kategorij je razvidno, da pokrovnost z naraščanjem deleža IV.kategorije pada, vendar neenakomerno, ker je talna podlaga le eden od dejavnikov, ki vpliva na razvoj vegetacije.

V zgornji tabeli ni posebnih podatkov o nasipnih brežinah. Pri proučevanju stanja pokrovnosti na nasipnih brežinah je bilo ugotovljeno, da so bile brežine po 7 letih po gradnji po vsej dolžini popolnoma enakozaraščene kot okolica v neposredni bližini brežine.

OBJEKT IV:

Gozdna cesta "Na Dobrčo"

Predel: Karavanke, gozdno gospodarstvo Bled

Nadmorska višina: 630 m do 960 m

Dolžina trase: 4.688 m

Zaključena gradbena dela: julij 1975

Osnovna geološka podlaga: karbonatna

Gozdne združbe: Hacquetio Fagetum

Število opazovanih profilov: 121

Skupni delež kategorij hribine: 38% III.kateg., 61% IV.kateg.,
1% V.kateg.

Pri objektu IV. bomo na tem mestu obravnavali stanje samo na nasipnih brežinah in sicer obliko brežin in postopen razvoj naravne ozele- nitve. Stanje na odkopnih brežinah bomo obravnavali v naslednjem po- glavju, ker so bile odkopne brežine umetno zatravljene.

Podatki v zgornji tabeli nam kažejo naslednje značilnosti (tabela št.14):

- Na največ opazovanih profilih nasipno brežino sestavlja hri- bina, ki vsebuje od 5-30% zemljine (III.kategorija), ostalo so trdi ko- si velikosti največkrat 2-5 cm.

- Poševna dolžina nasipne brežine meri od 1,5 m do 10,0 m, kar je odvisno od lege cestnega telesa v terenu. Povprečna dolžina znaša okoli 4 m.

- Naklon brežine se giblje v mejah od 27° do 41° s najpogo- stejšo vrednostjo okoli 37° . Povprečne vrednosti za posamezne skupi- ne variirajo od 34° do 39° . Z večanjem deleža III.kategorije naklon brežine pada.

- Zaščita nasipne brežine z drevjem seveda ni odvisna od vrste hribine na opazovanem profilu, vendar zaradi preglednosti navajamo te podatke v gornji tabeli. Na celotni trasi, dolgi 4,7 km, smo ugo- tovili 49% opazovanih profilov, kjer nad nasipno brežino ni bilo no- bene zaščite, na 42% profilov je bila delna zaščita in samo 9% opazo- vanih profilov je ščitila krošnja dreves. Povprečni koeficient znaša torej 0,3.

- Tudi podatki o koeficientu svetlobe kažejo na določene razme- re, ki vladajo na nasipni brežini in te vrednosti seveda niso odvisne od vrste hribine, pač pa so v določeni povezanosti s podatki o zaščiti brežine. Če je brežina zaščitena s krošnjo dreves, potem je običajno tudi več ali manj zasenčana. Torej čim večji je na neki trasi koefi- cient zaščite, tem manjši bo koeficient svetlobe. Na trasi objekta IV. smo ugotovili, da je bilo 36% opazovanih profilov nezasenčenih, 56%

Delež III. kateg. (%)	Delež opazov. prof. (%)	Poševna dolžina brežine (m)		Nakloni brežine (°)		Koefficient zaščite		Koefficient svetlobe	
		od - do	povpr.	od - do	povpr.	od - do	povpr.	od - do	povpr.
0	4	5,0- 7,0	6,3	39 - 40	39	0-0,5	0,25	2 - 3	2,25
5	14	2,5-10,0	4,1	32 - 40	37	0-0,5	0,20	2, - 3	2,66
10	18	1,5- 5,0	3,1	34 - 40	37	0-0,5	0,24	1 - 3	2,66
20	21	1,7-10,0	4,3	27 - 39	36	0-1	0,32	1,5-2 3	2,27
30	12	1,5- 6,0	2,9	33 - 41	37	0-1	0,46	1 - 3	1,83
40	8	1,8- 7,0	4,0	34 - 39	38	0-0,5	0,25	2 - 3	2,57
50	4	3,0- 7,0	4,6	34 - 39	37	0-0,5	0,37	1 - 2	1,50
60	2	2,5- 5,0	3,8	36 - 38	37	0,0,5	0,25	2 - 3	2,50
80	2	2,2- 3,0	2,6	33 - 36	34	0	0	3	3,0
90	6	2,5- 7,0	4,0	34- 36	35	0-1,0	0,25	2 - 3	2,50
100	9	2,0- 6,0	4,1	27 - 39	34	0- 1,0	0,5	2 - 3	2,44

je bilo delno zasenčenih in le 8% je bilo zasenčenih. Povprečni koeficient svetlobe za vse opazovane profile znaša 2,26.

V naslednji tabeli podajamo podatke o spreminjanju pokrovnosti vegetacije na nasipni brežini skozi triletno obdobje. Meritve so bile opravljene v naslednjem časovnem razmaku:

1.	meritev, dne 21.IX.1975,	4 mesece po gradnji,	ob koncu veget.dobe		
2.	"	15.VI.1976,	1. leto po gradnji,	ob začetku	" "
3.	"	8. X.1976,	- " -	, ob koncu	" "
4.	"	12. V.1977,	2. leto po gradnji,	ob začetku	" "
5.	"	5. X.1977,	- " -	, ob koncu	" "
6.	"	29.VII.1978,	3. leto po gradnji,	v sredini	" "

Podatki o pokrovnosti vegetacije so grupirani glede na delež zemljine (delež III.kateg.hribine) v nasipni brežini, čeprav je ta pokazatelj le eden od številnih dejavnikov, ki vplivajo na ozelenitev brežine.

Posamezni podatki v tabeli št.15 nam ne kažejo prave slike o stanju pokrovnosti za določeno skupino profilov, ker skupine med seboj niso povsem statistično izravnane zaradi premajhnega števila primerkov, ki so se grupirali v določeno skupino. Vendar nam podatki lahko nudijo okvirno predstavo o dinamiki zaraščanja nasipne brežine v triletnem obdobju po gradnji prometnice.

Iz celokupnih podatkov lahko povzamemo predvsem naslednji dve ugotovitvi:

- Jakost zaraščanja nasipne brežine narašča z večanjem deleža zemljine le do določene meje (do deleža okoli 20%). Nad to vrednostjo pridejo do pomembnejše veljave drugi dejavniki.

- Intenziteta zaraščanja je največja v 3.vegetacijski dobi po gradnji. V tej veg.dobi se je pokrovnost povečala v povprečju za celo traso od 37% na 70%. V 4.vegetacijski dobi je bila v glavnem dosežena tista zaraščenost, ki jo dovoljujejo mikrorastiščne razmere,

Spreminjanje pokrovnosti vegetacije v triletnem obdobju po gradnji

Tabela števil.: 15

- 95 -

Meritev	D e l e ž z e m l j i n e										Srednja vrednost
	0%	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	90%	100%	
1.	0	1	5	6	8	8	0	15	0	90	6
2.	+	13	17	30	17	45	5	60	0	100	24
3.	+	21	30	46	33	61	3	75	10	100	37
4.	+	26	27	46	26	59	3	80	10	100	37
5.	10	58	66	77	63	84	15	90	40	100	70
6.	30	61	75	91	74	97	20	100	80	100	79

torej nasipna brežina je dosegla približno enako zaraščenost kot njena okolica. Na profilih z večjim deležem zemljine je večja intenzivnost zaraščanja nastopila preje (že v 2. veget. dobi), z manjšim deležem zemljine pa kasneje, oziroma je zaraščanje enakomerno razporejeno na daljše obdobje. Zelo podobno intenzivnost zaraščanja nasipne brežine smo ugotovili tudi na objektu I. in objektu II.

Zaradi lažje predstave smo stopnjo zaraščenosti (pokrovnost vegetacije) v posameznem obdobju prikazali tudi grafično (priloge št. 21, 22, 23).

Pri podrobni proučitvi podatkov pri posameznih meritvah lahko ugotovimo še naslednje:

Pri prvi meritvi je bilo največ opazovanih profilov (46%) popolnoma golih (pokrovnost 0%). Kar 96% profilov ni preseglo pokrovnosti 20%, z večjo pokrovnostjo (30%-80%) so izstopali le posamezni profili. Popolno zaraščenost smo ugotovili na 1% vseh profilov.

Pri drugi meritvi je popolnoma golih le še 6% profilov. Na večina profilov (39%) se pojavijo prve posamezne rastline (oznaka pokrovnosti +). Pokrovnosti 20% ne preseže 66% profilov, pač pa ostala tretjina profilov zelo enakomerno zajema vse stopnje pokrovnosti do popolne zaraščenosti.

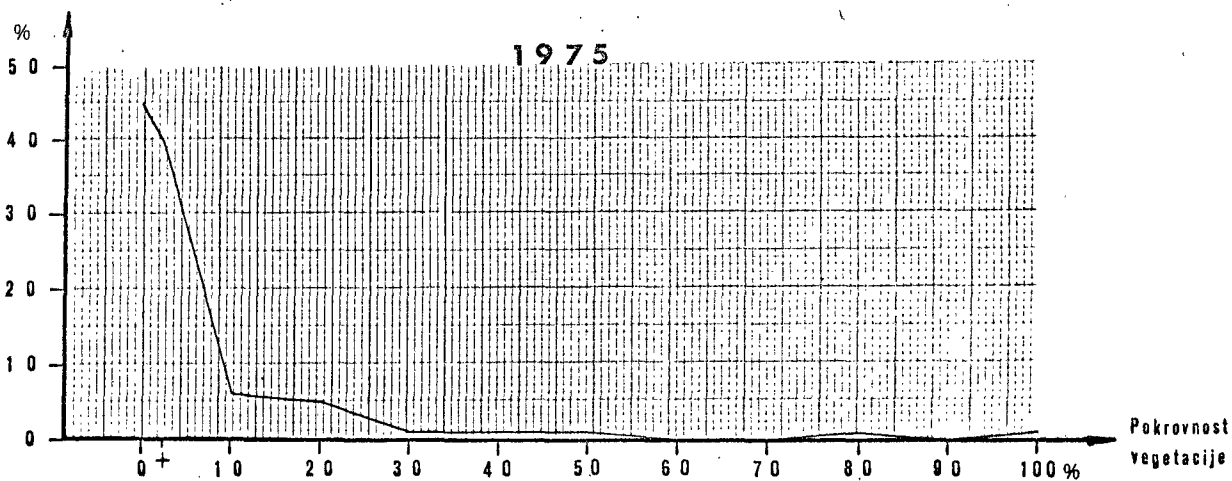
Pri tretji meritvi še vedno velik delež profilov (21%) ostane na stopnji zaraščenosti le s posameznimi rastlinami. Popolnoma golih profilov je ostalo le še 3% vseh profilov, medtem ko popolno zaraščenost doseže že kar 7% vseh profilov. Visoko stopnjo pokrovnosti (nad 80%) je doseglo 15% vseh profilov.

Pri četrti meritvi je polovico vseh profilov (51%) doseglo pokrovnost od 10%-40%, ostala polovica profilov pa je dosti enakomerno dosegala vse stopnje pokrovnosti.

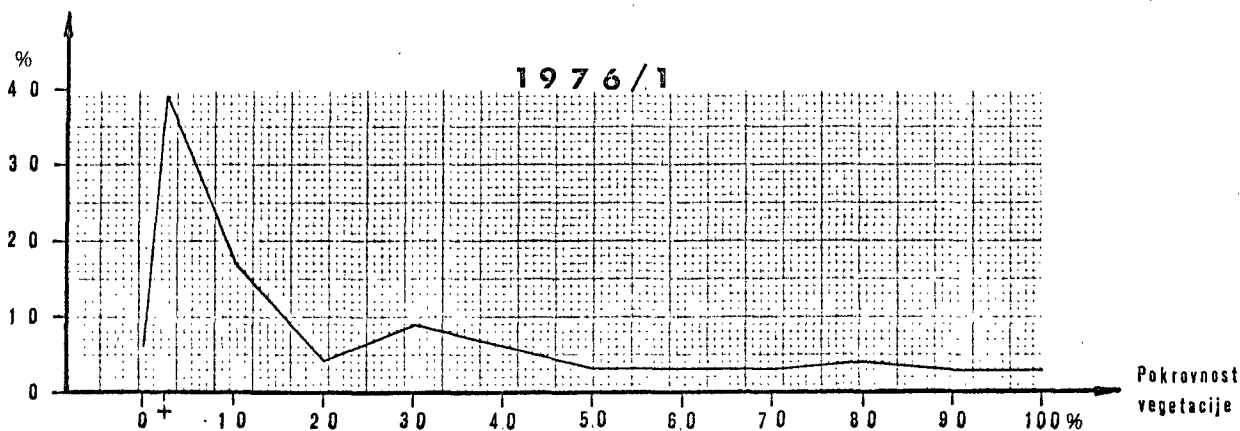
Pri peti meritvi (ob koncu 3. veget. dobe) se je slika stanja ozelenitve bistveno spremenila. Popolno zaraščenost je doseglo že kar 28% vsej profilov, visoko stopnjo pokrovnosti (nad 80%) je doseglo že

DELEŽ PROFILOV Z DOLOČENO POKROVNOSTJO VEGETACIJE
NA NASIPNIH BREŽINAH PRI 1., 2. in 3. MERITVI

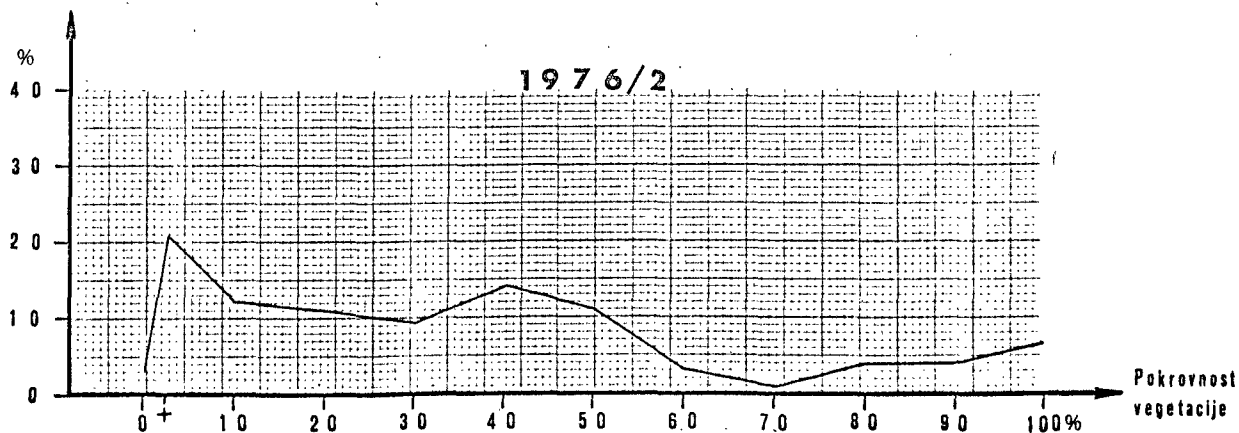
Delež profilov



Delež profilov



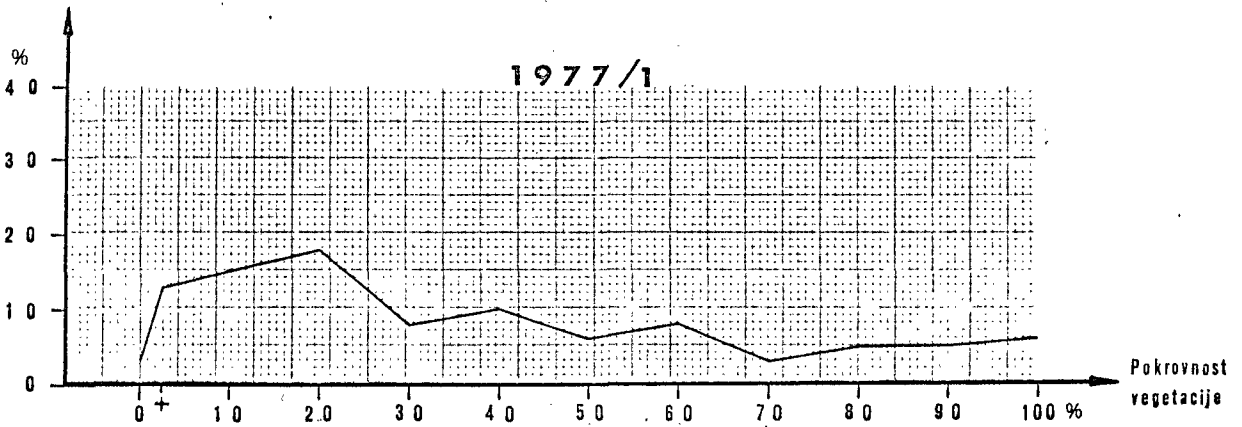
Delež profilov



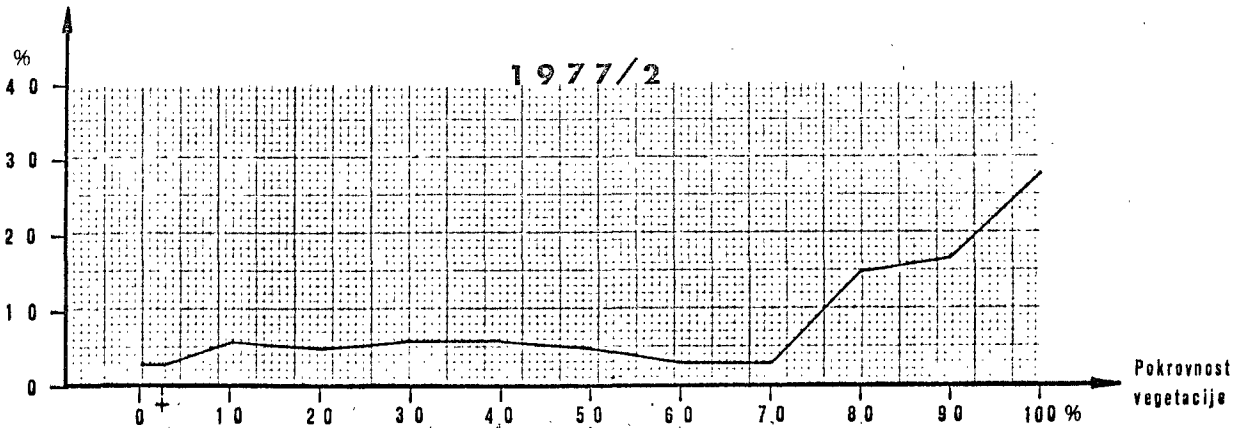
Priloga št.22

DELEŽ PROFILOV Z DOLOČENO POKROVNOSTJO VEGETACIJE
NA NASIPNIH BREŽINAH PRI 4., 5. in 6. MERITVI

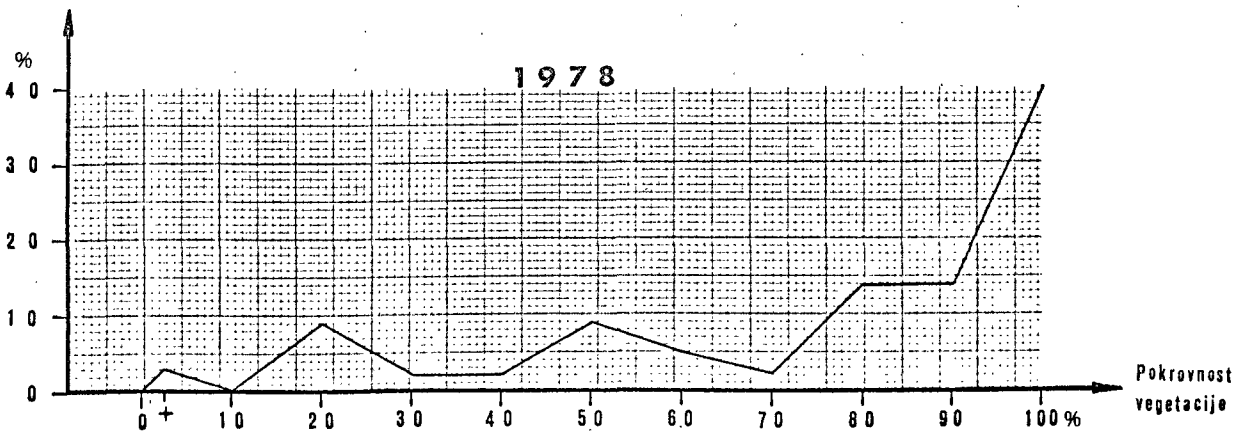
Delež profilov



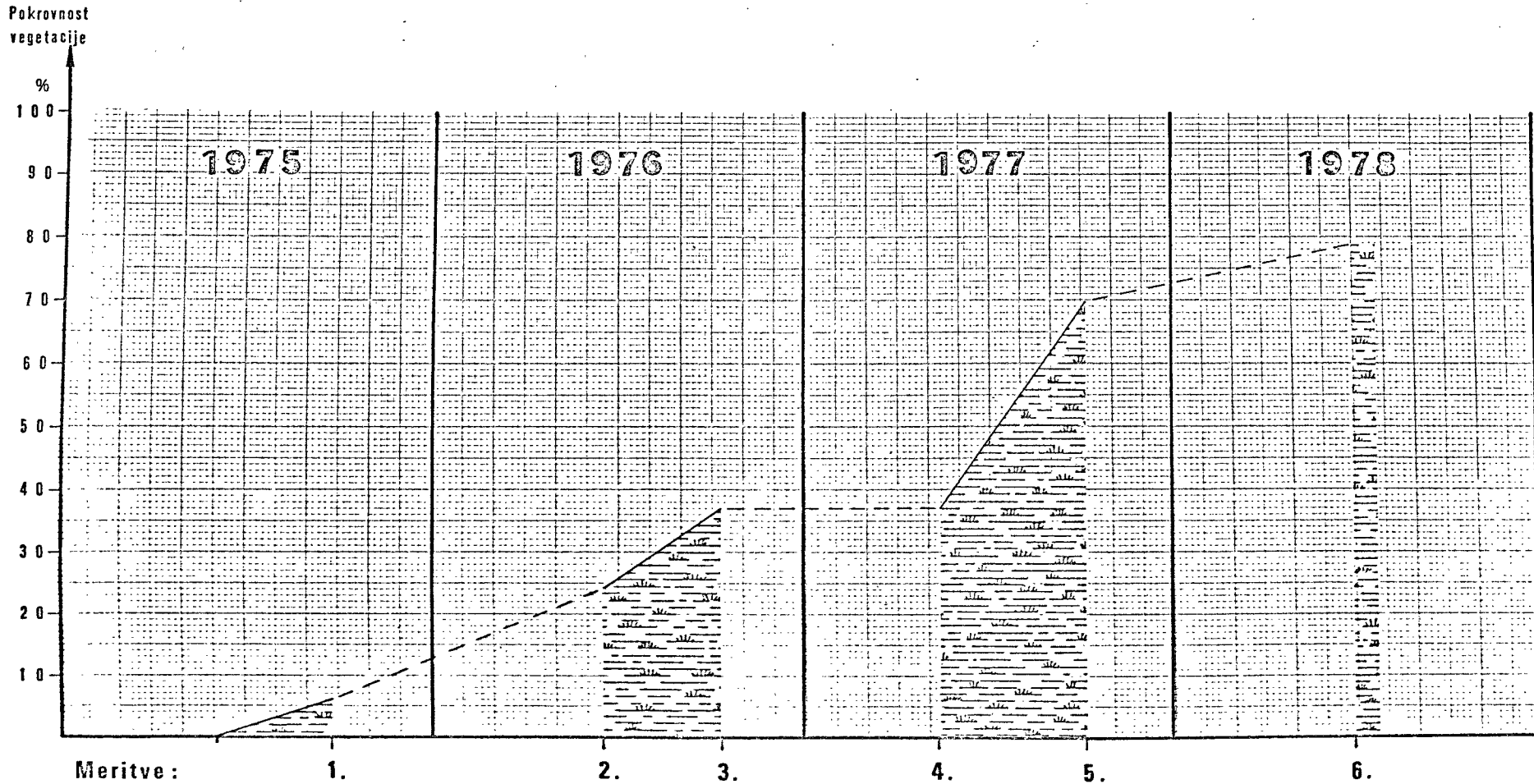
Delež profilov



Delež profilov



SPREMINJANJE POKROVNOSTI VEGETACIJE NA NASIPNIH BREŽINAH
V 4 VEGETACIJSKIH DOBAH PO GRADNJI



60% vseh profilov, ostalih 40% profilov se je zopet precej enakomerno porazdelilo na vse stopnje pokrovnosti, tako da tudi popolnoma golih profilov ostane še vedno 3%.

Pri šesti meritvi je že 40% vseh profilov doseglo stopnjo popolne zaraščenosti, medtem ko popolnoma golih profilov ni več, nekaj profilov je ostalo poraščenih le s posameznimi zelišči, kar 97% vseh profilov pa je doseglo pokrovnost večjo od 20%.

Zanimivo bi bilo slediti spreminjanju zaraščenosti nasipnih brežin še nekaj let. Spremembe v vegetacijskem pokrovu bi se pojavljale v mnogo daljšem časovnem razdobju, sama vegetacija pa bi postala vse bolj odraz splošnim ^lrastiščnim ^hrazmeram na posameznem profilu.

Iz vseh opazovanih profilov smo izbrali 10 profilov, ki so pokazali največjo intenziteto zaraščanja nasipne brežine. Opis teh profilov je prikazan v tabeli števil 16. V opisu so zajeti vse najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na intenziteto zaraščanja brežine. Pri proučevanju navedenih dejavnikov lahko razberemo naslednje:

- Poševna dolžina nasipne brežine meri od 1,8 m do 5,0 m ali povprečno 3,0 m, kar je za 1 m manj kot znaša povprečna dolžina vseh profilov. Pri prvih petih najboljših profilih znaša dolžina le od 2,0 m do 2,5 m ali povprečno 2,2 m. Torej manjša dolžina nasipne brežine zelo ugodno vpliva na hitrejšo ozelenitev.

- Nakloni brežine se gibljejo med 33° in 41° s povprečno vrednostjo 37° , kar je popolnoma enako povprečnemu naklonu za vse profile.

- Zaščitenost brežine s krošnjami dreves in grmovja je zelo slaba. Le dva profila sta delno zaščiteni, ostali so brez zaščite, povprečni koeficient zaščite znaša le 0,1 medtem ko znaša povprečni koeficient zaščite za vse profile 0,3. Iz navedenih podatkov izhaja ugotovitev, da zaščitenost brežine ni tako pomemben dejavnik pri ozelenitvi nasipne brežine.

Opis profilov z največjo intenziteto zaraščanja nasipne brežine

Tabela štev.: 16

Zapor. števil.	Štev. prof.	Poševna dolžina brežine (m)	Naklon brežine (°)	Koeff. zaščite	Koeff. svetlobe	Ekspozicija	Delež zemljine (%)	Pokrovnost (%) pri meritvi					
								1.	2.	3.	4.	5.	6.
1	120	2,0	39	0	3	Z	100	90	100	100	100	100	100
2	124	2,5	33	0	3	Z	30	80	90	100	100	100	100
3	119	2,5	36	0	3	Z -SZ	60	30	90	100	100	100	100
4	186	2,2	39	0	3	J -JZ	20	50	80	90	90	100	100
5	180	2,0	39	0,5	2	J -JZ	40	40	80	80	80	100	100
6	184	1,8	34	0	3	J -JZ	40	+	70	100	90	100	100
7	229	4,0	40	0	3	JZ	30	20	70	90	90	100	100
8	223	5,0	41	0,5	2	JZ	20	20	60	90	70	100	100
9	230	4,5	37	0	3	JZ	40	20	50	80	80	100	100
10	216	3,0	37	0	2	J -JZ	10	10	60	70	60	100	100
Srednja vrednost		2,95	37	0,1	2,7		39	36	75	90	86	100	100

- Koeficient svetlobe je pri vseh najboljših profilih zelo visok. Kar 7 profilov je nezasenčenih, ostali 3 profili so delno zasenčeni, nobenega profila ni med zasenčenimi. Srednji koeficient svetlobe znaša 2,7, za vse profile pa 2,26. Podatki nam potrjujejo, da je za začetno ozelenitev brežine zelo pomembne dejavnik dovolj svetlobe.

- Ekspozicija opazovanih nasipnih brežin je precej enostranska, prevladuje J-JZ in JZ lega. Tudi celotna 4,7 km dolga trasa ima podobno lego. Le posamezni profili v serpentinah imajo druge ekspozicije.

- Delež zemljine zajema vrednosti od 10-100%, s povprečno vrednostjo 39%, medtem ko je povprečje za vse profile le 22%. Devet profilov ima vsaj 20% zemljine, ki daje pri ostalih ugodnih parametrih osnovo za hitro ozelenitev.

- Opis geološke podlage in tal zaradi obširnosti v tabeli ni podan. Geološka podlaga, na katero je bil nasut nasipni material, je na splošno zelo ugodna. Pri vseh navedenih profilih podlage sestavlja grušč, pretežno dolomitni, zato je propustna in omogoča dosti stabilne nasipe. Podlaga za nasip ima lahko določen vpliv le pri plitkih nasipih, medtem ko pri visokih nasipih, posebno na nagnjenem terenu nima večjega vpliva na talne razmere na nasipni brežini.

- Tla so zelo raznolika, sestavlja jih zemljina s primesjo pretežno dolomitnega grušča od 0-90%. Zemljino sestavljajo ilovnati, glineno ilovnati, melasto ilovnati do peščeno ilovnati delci z majhnim deležem humoznih sestavin. Grušč sestavljajo zaobljeni ali robati kosi velikosti do 10 cm, posamezni kosi tudi do 30 cm.

- Intenziteta zaraščanja brežine je bila že v 1. vegetacijski dobi po gradnji precejšnja, saj smo pri prvi meritvi ugotovili povprečno pokrovnost na najboljših profilih 36%. Največja intenziteta je nastopila v 2. veg. dobi, ko ob koncu te dobe pokrovnost vegetacije doseže povprečno vrednost 90%. Ob koncu 3. veget. dobe (pri 5. meritvi) je že na vseh 10 profilih dosežena popolna zaraščanost.

Popis vegetacije (samo poimensko), ki se je kot prva pojavljala na posameznih profilih, je naveden na prilogi števil. 24.

Na enak način, kot 10 najboljših, smo iz vseh opazovanih profilov izbrali tudi 10 profilov, ki so skozi vso dobo opazovanja kazali najmanjšo intenziteto zaraščanja. Opis teh profilov je podan v tabeli števil. Pri proučevanju posameznih parametrov in pri primerjavi z najugodnejšo skupino oziroma z vsemi profili smo prišli do naslednjih ugotovitev:

- Poševna dolžina nasipne brežine meri od 1,6 m do 10,0 m, povprečno 4,2 m. Povprečna brežina je nekoliko daljša od povprečne vrednosti na celotni trasi.

- Naklon brežin se gibljejo v mejah od 34° do 45° , povprečni naklon znaša 40° . Razen pri zadnjem profilu (števil. profila 10) so pri vseh profilih nakloni za 1° do 8° večji od povprečnega naklona na celotni trasi. Nakloni, večji od 38° in pri talnih razmerah, ki jih najdemo na trasi pod Dobrčo, pomenijo za zaraščanje nasipne brežine neugoden dejavnik.

- Zaščita brežine je na splošno boljša kot v povprečju na trasi, saj je kar polovico profilov delno zaščiteneh. Povprečni koeficient zaščite znaša 0,35, pri skupini najboljših profilov pa le 0,1. V našem primeru pomeni večji koeficient zaščite brežine celo zaviralni moment in sicer v posredni vlogi. Krošnje dreves res deloma ščitijo brežino pred udarno močjo padavinske vode, vendar obenem povzročajo tudi zasenčenost brežine, ki neugodno vpliva na ozelenitev brežine, če ne obstoja nevarnost od sončne pripeke.

- Koeficient svetlobe je pri tej skupini profilov razmeroma nizek. V primerjavi s skupino najboljših profilov je stanje ravno obrnjeno. Kar 7 profilov je delno zasenčenih, 3 profili pa so popolnoma zasenčeni, nobenega profila pa ni nezasenčenega. Povprečni koeficient svetlobe znaša le 1,7, na celotni trasi 2,26 in pri najboljši skupini kar 2,70. Torej je zasenčenost brežine eden izmed najmočnejših zaviralnih dejavnikov, ki vplivajo na intenziteto ozelenitve nasipne brežine.

Popis vegetacije na profilih z največjo intenziteto zaraščanja nasip-
ne brežine

Vrsta rastline:	Prisotnost na profilih:
Tussilago farfara	na vseh 10 profilih
Eupatorium cannabinum	na 7 profilih
Atropa beladona	na 7 "
Clematis vitalba	na 6 "
Cirsium sp.	na 4 "
Lanium orvala	na 3 "
Eriophorum sp.	na 1 "
Pteridium aquilinum	na 1 "
Calamagrostis sp.	na 1 "

Popis vegetacije na profilih z najmanjšo intenziteto zaraščanja nasip-
ne brežine

Vrsta rastline:

Taraxacum sp.	na 6 prof.	Eupatorium cannabinum	na 1 prof.
Tussilago farfara	5 "	Mycelis muralis	"-
Salvia glutinosa	4 "	Veronica sp.	"-
Mycelis muralis	3 "	Senecio Fuchsii	"-
Clematis vitalba	3 "	Hypericum sp.	"-
Rubus sp.	3 "	Solanum dulcamara	"-
Geranium Robertianum	2 "	Euphorbia amygdaloides	"-
Cirsium sp.	2 "	Vicia oroboides	"-
Galium silvaticum	1 "	Helleburus viridis	"-
Verbascum sp.	1 "	Mercurialis perennis	"-
Cyclamen europaeum	1 "	Carex glauca	"-
Atropa beladona	1 "	Corylus avellana	"-

Zapor. šte.	Štev. prof.	Poševna dolžina brežine (m)	Naklon brežine (°)	Koef. zaščite	Koef. svetlobe	Ekspozicija	Delež zemljine (%)	Pokrovnost (%) pri meritvi					
								1.	2.	3.	4.	5.	6.
1	264	10,0	39	0	2	J-JZ	5	0	0	0	0	+	+
2	246	3,5	45	0,5	2	JZ	5	0	+	+	+	+	+
3	238	3,5	38	0,5	2	JZ	10	0	+	+	+	10	20
4	236	4,5	39	0,5	2	JZ	10	0	+	+	+	10	20
5	271	3,0	43	0,5	1	J-JZ	50	0	+	+	+	10	20
6	270	3,5	43	0	1	J-JZ	50	0	+	+	+	20	20
7	244	6,0	38	0	2	JZ	0	0	+	+	+	10	30
8	284	1,8	39	1	1	J-JZ	30	+	+	10	10	20	20
9	232	4,0	40	0,5	2	JZ	10	0	+	+	+	30	40
10	85	3,0	34	0	2	JZ	10	+	+	+	10	30	50
Srednja vrednost		4,2	40	0,35	1,7		18	0	+	2	3	14	22

- Ekspozicija je praktično ista kot pri ostalih profilih in zato zaradi lege celotne trase nismo imeli možnosti ugotoviti, kako ekspozicija vpliva na intenziteto ozelenitve nasipne brežine.

- Delež zemljine je v primerjavi s profili na celotni trasi skromnejši. V povprečju znaša delež zemljine le 18%, 7 profilov ima manj kot 20% zemljine, kar kaže na neugodne talne razmere.

- Geološka podlaga ne kaže nobenih značilnih odstopanj od povprečnih razmer na trasi.

- Tla sestavljajo podobne sestavine kot pri skupini najboljših profilov, opaziti je le večji delež melasto ilovnatih delcev zemljini.

- Zaraščanje brežine poteka zelo počasi. Ob koncu 1. veget. dobe so se le na dveh profilih pojavile posamezne rastline (zelišča), 8 profilov je bilo popolnoma golih. Tudi na koncu 2. veget. dobe šele na enem profilu pokrovnost doseže vrednost 10%, na 8 profilih smo našli le posamezna zelišča in redke šope trav. Na koncu 3. veget. dobe pokrovnost v povprečju komaj presega vrednost 20%, medtem ko 2 profila še vedno ostaneta na stopnji zaraščenosti s posameznimi zelišči.

Ob primerjavi obeh skupin profilov, to je profilov z največjo in z najmanjšo intenziteto ozelenitve, lahko spoznamo pomembnejše parametre, ki pospeševalno oziroma zaviralno vplivajo na naravno ozelenitev nasipne brežine. Ob pogojih, ki so bili prisotni na objektu IV. (gozdna cesta na Dobrčo) so pospeševalno vplivali na zaraščanje nasipne brežine:

- svetloba (brežina ni bila zasenčena in je dobivala polno svetlobo)
- delež zemljine, ki presega 20% v zgornji plasti brežine
- dolžina brežine, ki ne presega 2-3 m.

Kot zaviralni dejavniki pa so se pokazali:

- zasenčenost brežine (brežina je bila popolnoma ali delno zasenčena)

- pomanjkanje prisotnosti zemljine, delež zemljine je manjši od 20%
- večja prisotnost meljastih delcev v zemljini
- prevelik naklon brežine, naklon ki presega 38°
- velika dolžina brežine, dolžina je večja od 4 m.

Navedeni dejavniki so lahko dobro navodilo za delo v praksi, ko se je potrebno odločiti, ali je smotrno proces ozelenitve nasipnih brežin pospešiti z dodatnimi ukrepi (ozelenitev z umetno setvijo) ali pa lahko brežino prepustimo procesu naravnega ozelenjevanja.

4.3. Sanacija brežin z ozelenitvijo

4.3.1. Namen sanacije

Kadar je pričakovati večje neugodne posledice zaradi golih brežin in bi bil proces naravne ozelenitve prepočasen, tedaj se je potrebno poslužiti sanacijskih ukrepov, ki jih zasnuje in usmeri človek. Že uvodoma smo omenili, da bomo obravnavali samo biološke sanacijske ukrepe, ne pa gradbeno tehnične.

Pri uporabi sanacijskih ukrepov se postavlja več zahtev in sicer: sanacija naj bo hitra, učinkovita, poceni in čimbolj prilagojena značaju krajine. Kateri izmed teh zahtev bomo dali prednost je odvisno od dejanskih razmer na terenu in je različno od primera do primera. Dostikrat bo čas tisti odločujoči dejavnik, kateremu bo potrebno podrediti ostale zahteve. Trajna sanacija brežine je dosežena takrat, ko je brežina porasla z vegetacijo, ki ustreza naravnim danostim, vendar je taka sanacijska pot časovno predolga, potrebno jo je skrajšati na račun več vloženega začetnega dela, več vloženi sredstev, uporabiti je potrebno rastlinske vrste, ki so estetsko in ekološko manj prilagodljive naravnemu okolju, zato pa svoj učinek dosežejo v mnogo krajšem času. Te inicialne rastlinske vrste so največkrat samo prehodnega zna-

čaja dokler ne opravijo svoje pionirske naloge: preprečitev erozije in uspostavitve ugodnih rastiščnih razmer za postopno osvojitve avtohtone vegetacije. Zato prvi sanacijski ukrepi nimajo namena na brežini ustvariti dokončnega vegetacijskega pokrova in zato pri izbiri rastlinskih vrst in pri ukrepih ne upoštevamo toliko lokalnih rastlinskih združb in značilnosti širšega rastišča, ampak le zahtevnost, cenenost in učinkovitost uporabljenih rastlinskih vrst in postopkov. Seveda, čimbolj se bodo zahteve izbranih inicialnih rastlinskih vrst ujemale z zahtevami širšega rastišča in čimbolj bo izbrani sanacijski ukrep upošteval splošne zakonitosti procesov v naravi, tem uspešnejši bodo posegi človeka. Dokončen cilj sanacije brežine bo dosežen takrat, kadar bo brežina stabilna in po svoji funkciji vklopljena v okolje. To pomeni, da bo na cesti, ki poteka skozi gozd, odkopna brežina poraščena z zelišči in grmovjem, kar naj bi opravljalo nalogo manjše gozdne jase z razvitim gozdnim robom, nasipna brežina pa naj bi poleg teh nalog opravljala še produkcijo lesa. Brežine na cesti, ki poteka skozi travnike in pašnike, naj bi v končni fazi imele podobno sestavo vegetacije, kot jo ima okolišni travnik oziroma pašnik. Okvirno sestavo končne vegetacijske združbe moramo predvideti in upoštevati že pri izbiri sanacijskega ukrepa.

Postopki pri sanaciji cestnih brežin so se razvijali postopoma, pač odvisno od krajevnih potreb in možnosti. Ker so gozdne ceste v primerjavi z večjimi javnimi cestami skromnejše, manj zahtevne, zanje je na razpolago manj denarja, zato se za sanacijo njihovih brežin običajno uporabljajo tudi enostavnejši in tudi cenejši sanacijski ukrepi. K sreči so na gozdnih cestah že naravno dani tudi ugodnejši pogoji za tak način sanacije. Dostikrat so dovolj učinkoviti že najpreprostejši ukrepi kot na primer: nastil organskih odpadkov, polaganje pokožene trave v polnem zorenju, enostavna setev mešanice semen trav in detelje, saditev grmovnih in drevesnih vrst in podobno.

Potrebno je upoštevati, da za biološke ukrepe obstojajo določene meje uporabnosti in da jih ni mogoče na vsakem mestu uporabiti in jim zaupati naloge, ki jih ne morejo opraviti. Sanacijski ukrepi, zasnovani na biološki podlagi, lahko odlično opravljajo svojo nalogo na površini brežine oziroma do določene globine, do koder seže vpliv korenin, ne moremo pa od njih pričakovati uspešnih učinkov na primer na brežini, kjer drsijo globlje zemeljske plasti. V takem primeru brez gradbeno tehničnih ukrepov pač ne bo šlo. Dostikrat je zelo uspešna kombinacija tehničnih in bioloških ukrepov, kjer tehnični objekti prevzamejo takojšnjo učinkovitost v statičnem smislu, biološki ukrepi pa prevzamejo sekundarno nalogo, ⁱⁿ sicer rastline povežejo toge in slabo prilagodljive objekte z okoljem, jih zakrijejo in s tem opravijo estetsko nalogo, ki je tudi ena od zahtev pri sanacijskih ukrepih. Vegetacija ima še druge vzporedne učinke, lahko izboljša talne razmere v okolici tehničnih objektov in na ta način dopolnjuje njihovo učinkovitost.

Pri bioloških ukrepih ne smemo prezreti tudi njihove pomanjkljivosti. Zelo pomemben dejavnik pri bioloških ukrepih je čas. Takoj po izvedenem ukrepu je učinek minimalen, sčasoma učinkovanje bioloških ukrepov narašča in pri doseženi stopnji klimaksa ostane učinkovanje trajno. Nadaljni razvoj poteka po naravnih zakonitostih, ki jih je težko predvideti in je zato nadaljni razvoj in učinek odvisen od mnogih slučajnosti. Hitre in globlje klimatske in talne spremembe lahko bistveno spremenijo naša predvidevanja.

Iz navedenega izhaja spoznanje, da je za uporabo bioloških sanacijskih ukrepov potrebno mnogo več širokega znanja in izkušenj. Potrebno je dobro poznavanje talnih in klimatskih razmer na kraju, kjer želimo ukrepati z vegetacijo, dobro moramo poznati biološke lastnosti, zahteve in značilnosti živega gradiva v vseh razvojnih fazah, seveda pa moramo obvladati vse možne načine samega izvajanja sanacijskih ukrepov.

Pri sanacijskih ukrepih bomo največji poudarek namenili postopkom za zatravitev kot najučinkovitejšim ukrepom za saniranje brežin, ostalih ukrepov zaradi obširnosti tematike ne bomo obravnavali.

4.3.2. Zatravitev brežin

Zatravitev pomeni najučinkovitejši sanacijski ukrep za hitro ozelenitev brežin in ima več namenov:

- čimpreje utrditi in povezati zgornjo plast brežine in jo tako obvarovati pred erozijskim delovanjem vode in vetra
- pripraviti ugodne talne in mikroklimatske razmere za postopno prodiranje avtohtone vegetacije
- golo brežino ozeleniti in jo povezati z zeleno okolico iz estetskega vidika
- s hitro ozelenitvijo utrditi in tako oblikovati brežino z večjim naklonom, kot ga omogoča gola brežina. Na ta način dosežemo prihranek pri izkopu materiala, predvsem pa pri znižanju odkopne brežine.

Postopki zatraitve brežin so se v zadnjem obdobju zelo hitro uveljavili, ker imajo poleg navedenih sanacijskih učinkov še to prednost, da so po izvedbi enostavni, sorazmerno poceni in da jih je mogoče od vseh ostalih bioloških ukrepov še najbolj mehanizirati.

Za uspeh zatraitve niso toliko pomembni ekološki faktorji, ki so običajno odločilni za razvoj vegetacije (n.pr. globina in razvitost tal, prisotnost humusa, kemične lastnosti tal, rastlinska združba), ampak dejavniki, odločilni za kalitev in možnost razvoja rastline v začetni fazi rasti, to so: ekspozicija (vpliv sončne pripeke), strmina (rušenje vrhne plasti tal) in zbitost tal. Zatraitve s setvijo ne bo uspešna na prestrmi brežini niti na zelo vlažnih ali celo mokrih mestih, ki so podvrženi drsenju.

Glede na postavljen cilj je izbira rastlinskih vrst, ki pridejo v poštev za ozelenitev brežin, še posebej pomembna. Za zatravitev brežin na gozdnih cestah moramo upoštevati naslednje kriterije:

- hitrost ozelenitev
- možnost vezanja tal (goste in globoke korenine)
- uspevanje na zbitih tleh
- manjša občutljivost na hitre klimatske spremembe
- tvorjenje nestrnjene ruše
- nezahtevnost na tla
- dolgotrajnost učinkovanja
- možnost nabave semena v vsakem času
- cenenost semena

Za trave je značilno, da tvorijo močno rušo. Pri strnjeni travni ruši le težko pride do kalenja semen avtohtonih rastlinskih vrst. Prav na brežinah gozdnih prometnic pa želimo, da umetno posejane trave kmalu zamenjajo avtohtone rastlinske vrste, ker so te ekološko bolj stabilne, enakomerneje prekoreninijo tudi globlje talne horizonte in so iz estetskega vidika bolj pestre ter prilagojene okolju. Zato je pri sestavi mešanice potrebno paziti na to, da bo po uspeli zatratitvi na brežini še dovolj prostora za nasemenitev zeliščnih in grmovnih vrst.

Za sestavo ustrezne mešanice rastlinskih vrst za zatravitev brežin obstoja v literaturi in v praksi zelo veliko receptov. Pri sestavi mešanice semen je potrebno upoštevati naslednje tri elemente:

- jasno postavljen cilj, kaj z zatratitvijo hočemo doseči
- osnovno poznavanje rastiščnih razmer ter lastnosti in zahtevnosti uporabljenih rastlin
- možnost nabave izbranih semen.

Pri uporabi večjega števila rastlinskih vrst v mešanici za setev je manjše tveganje, manjša so možna presenečenja in taka univerzalna mešanica ima širši spekter uporabe. Vendar danes v praksi uporabljajo skromnejše mešanice z manjšo pestrostjo rastlinskih vrst, ker

se pač uporabljajo le "trgovska" semena, pridobljena na velikih površinah za namene množičnega ozelenjevanja. Pomanjkljivost skromnejše sestave mešanice se skuša nadomestiti z učinkovitejšimi postopki in z raznimi umetnimi dodatki (gnojilo, sredstva za vezanje tal in semen i.dr.). Za današnjo široko uporabo ozelenitve brežin z zatražitvijo pride v poštev mešanica semen trav in detelj prav zaradi možnosti cenene nabave.

Pri sestavi mešanice je potrebno omeniti zelo pomembno dejstvo in sicer vzajemno pomoč in stimuliranje med različnimi vrstami v mešanici. Posamezne vrste trav in detelj prevzamejo v mešanici povsem določene naloge, specifične za posamezne vrste. Tako bo na primer ena vrsta prevzela predvsem nalogo vezanja tal in s tem preprečevala spiranje tal, druga vrsta bo prevzela nalogo izboljševanja strukture tal, spet druga vrsta bo skrbela za boljše vodne razmere v tleh, zadrževanje vlage na presuhih tleh ali z močno transpiracijo osuševanje tal. Njihove vloge se lahko spreminjajo v različnih časovnih obdobjih. Tako so v mešanici zelo cenjene prav trave, bilnice. Te imajo počasno rast. V prvi vegetacijski dobi so nepomembne, kasneje se razrastejo, zlasti močno razvijejo koreninski pletež s čimer tvorijo močno travno rušo, medtem ko so nad zemljo po videzu zelo skromne. Travne bilnice imajo veliko trajnost in se obdržijo in opravljajo nalogo ozelenitve tudi kasneje, ko so že mnoge druge inicialne vrste propadle. Prav zaradi teh lastnosti so se bilnice močno uveljavile v zadnjih letih in so postale nepogrešljive v mešanici trav in detelj, namenjenih za ozelenitev brežin v ekstremnejših pogojih (vročina, suša, peščena tla, občutljivost na erozijo). V takih primerih se uporablja mešanica v kateri je okoli 30% trav bilnic.

Delež semen metuljnic v mešanici, ki se uporabljajo za hitro ozelenitev brežin, je v zadnjem času v upadanju. Danes v praksi največkrat uporabljajo mešanice s 20-25% semen metuljnic, medtem ko je bil še pred 10 leti ta delež okoli 40%. Metuljnice so občutljive na

pozebo, zato niso primerne za pozno jesensko setev, ker se ne morejo pravočasno razviti. Nadalje so metuljnice manj primerne za kislota tla; pač pa so na nevtralnih tleh še vedno nepogrešljive. Na splošno velja, da je delež metuljnic v mešanici tem večji, čim večja je nadmorska višina kraja, kjer ozelenjujemo gole površine. Pri uporabi detelje na surovih tleh je potrebno semena predhodno cepiti z mikroorganizmi.

Za metuljnice, zlasti nekatere vrste detelje velja, da so privlačna hrana za divjad. Na brežinah gozdnih cest, ki so bile umetno ozelenjene z mešanico trav in detelj, smo pogosto zasledili objedeno deteljo. S tem, da divjad objeda deteljo, hodi po brežini in jo ruši, kar seveda neugodno vpliva na njeno ozelenitev.

V zadnjem času je vse več bolj ali manj uspešnih poskusov, da mešanicam trav in detelj dodajajo tudi semena grmovnih in drevesnih vrst. Pri takih poskusih so ugotovili, da je pravilna zastopanost travnih vrst še posebno pomembna, ker trave zelo rade zadušijo razmeroma počasno rast lesnatih vrst, ustrežnejše pa so v tem pogledu metuljnice.

Na tem mestu ne bomo navajali nobenih receptov za sestavo mešanic semen, ker v tej smeri nismo izvajali poskusov. Sestavo mešanic semen, ki ustrezajo raznim klimatskim, talnim in drugim razmeram, je mogoče najti v številni literaturi. Zlasti priporočamo tozadevno literaturo, ki je navedena v seznamu literature pod oznakami / 54, 55/.

Gostota setve, oziroma količina semena na enoto površine (gr/m^2), je zopet odvisna od mnogih dejavnikov, od katerih so najpomembnejši naslednji:

- kakovost in predpriprava tal
- nadmorska višina
- ekspozicija

- naklon brežine
- čas setve
- predvideni postopek za zatravitev in sestava mešanice

Glede na navedene kriterije se pri praktičnem delu poraba semena giblje v zelo širokih mejah in sicer od 30 - 300 gr/m². Na tako velik razpon vplivajo predvsem različni postopki od katerih so nekateri zelo varčni (n.pr. vodna setev s porabo semena 30-40 gr/m²) medtem ko so drugi postopki dosti bolj potratni (n.pr. preprosta setev brez zaščite s porabo 300-400 gr/m²) in se zgledujejo po načelu narave, katera stihijsko sipa velike količine semen, od katerih se le redka uspejo razviti v doraščene rastline.

Eden od dejavnikov za uspešno zatravitev je tudi čas setve. Izkušnje kažejo, da ni toliko pomemben koledarski čas, kot tiste razmere, ki vladajo v času setve oziroma v dobi, da rastlina doseže določen razvoj. Za kalitev je predvsem pomembna ustrezna vlaga v zemlji in ugodna temperatura. Pomembno je, da se rastlina do nastopa zmrzovanja dovolj močno razvije. Iz tega razloga ima pomladanska setev več možnosti, posebno če ni nevarnosti premočne suše v poletnem obdobju. Kadar izvajamo setev brez zaščite (brez nastila), tedaj je poletni čas neugoden zaradi močnih poletnih nalivov, ki lahko sperejo seme iz brežine še predno se je uspelo zakoreniniti.

Za uspešno začetno rast inicialne vegetacije je zlasti na neugodnih talnih razmerah zelo pomembno gnojenje. Pri zatravljanju brežin pridejo v poštev zaradi praktičnosti uporabe granulirana mineralna gnojila, ki se nanašajo na talno površino istočasno s semenom ali neposredno po setvi. Gnojilo nima namena in tudi ne more trajno izboljšati kemijske lastnosti tal, ima pa osnovno nalogo, da rastlini nudi začetno izdatno hrano, jo okrepi in nudi možnost, da se dobro razvije, sicer bi propadla na sterilnih, neustaljenih in negostoljubnih tleh. Največkrat pridejo v poštev mešana gnojila, ki vsebujejo za prehrano rastline najpotrebnejše elemente: dušik, fosforno kislino

in kalij. Za pospešeni razvoj trav so še posebno pomembna dušična gnojila, medtem ko fosforne substance bolj pospešujejo razvoj metuljnic. Količina dodanega gnojila zavisi od več dejavnikov, običajno se giblje v mejah od 50-100 gr/m². Pri zatratitvi brežin v ugodnih razmerah zadostuje le startno - začetno gnojenje, ki pospešuje rast v prvi in drugi vegetacijski dobi. Na siromašnih tleh in v neugodnih razmerah pa je nujno tudi naknadno dognojevanje (enkrat ali dvakrat).

Pri umetni ozelenitvi brežin je potrebno omeniti še en ukrep in sicer humuziranje, kar bi pomenilo nanašanje rodovitne zemlje na sterilno podlago. Ta ukrep je bil pred desetletji precej v uporabi pri ozelenjevanju brežin in sicer iz dveh razlogov:

- pri ročni gradnji je bilo mogoče odstraniti tanko plast rodovitne zemlje, jo deponirati in jo kasneje zopet razprostrti na brežine

- za uspešno ozelenjevanje golih brežin še niso bile razvite metode, ki uporabljajo kot dodatek gnojilo in veziva.

Pri današnji tehnologiji gradnje gozdnih prometnic, predvsem pri uporabi buldožerjev, postopek humuziranja praktično ni več mogoč. Žal se pri izvajanju zemeljskih del rodovitna plast zemlje pomeša z ostalim materialom in tako je trajno uničena za prehranjevanje rastlin. To izgubo se želi nadomestiti z ustrezno metodo ozelenitve in z znatnim dodajanjem začetnih gnojil. Navoz in polaganje rodovitne zemlje na brežine gozdnih cest lahko pride v poštev le v izjemnem primeru, ko je na razpolago dovolj rodovitne zemlje in je ni mogoče koristneje uporabiti, nadalje je prevoz zemlje poceni, zahteva pa se hitra ozelenitev predvsem iz estetskih razlogov. Za uspešno humuziranje je potrebna tudi ustrezna podlaga: propustna, ne prestrma in ne pregledka, kajti v nasprotnem primeru bo lahko ob večjem deževju prišlo do zdrsa večje plasti nanešene rodovitne zemlje, pa čeprav bo že zatratljena. Potrebno je vedeti, da rastline hitro in gosto razvijejo svoje korenine v rodoviti plasti, kjer je dovolj hranilnih snovi, ne pro-

drejo pa v globje, s hrano siromašne plasti, zato tudi korenine ne povezujejo zgornje plasti s spodnjimi. Če pa se rastline razvijajo v plasti, skromni z rastlinsko hrano, tedaj so prisiljene, da svoj koreninski sistem močnejše razvijejo v globje plasti, pri tem se dobro ukoreninijo, manj so občutljive na sušo in dosežen je osnovni namen ozelenitve brežin.

Pri današnjem načinu ozelenjevanja brežin ne pride dostikrat v poštev ploskovno nanašanje rodovitne zemlje kot nekdanj, ampak zemljo nanašamo le na posamezna mesta in to v primerih, ko hočemo izboljšati tla neposredno okoli doraščajoče rastline pri setvah ali saditvah gramovnih ali drevesnih vrst.

4.3.3. Metode zatratitve

Za zatratitev je poznanih veliko metod. Za uspešno zatratitev brežin na gozdnih prometnicah bi prišle v poštev predvsem naslednje metode:

- enostavna setev
- setev v nastil
- vodna setev
- druge metode zatratitve

4.3.3.1. Enostavna setev

Pri enostavni setvi gre za najpreprostejši način sejanja (nanašanja) mešanice semen trav, metuljnic ali še drugih zeliščnih rastlin na golo površino. Za uspešno začetno rast je potrebno dodajati še ustrezno gnojilo. Ta metoda je uporabna in uspešna za ustaljene brežine, kjer so zagotovljeni ugodni naravni pogoji za ozelenitev kot je to zadostna vlaga, zasenčenost, ustrezna rahla in hranilna tla, ki niso podvržena močni eroziji. Pri enostavni setvi se ne uporablja nobenih strojev ali posebnih priprav, kar omogoča, da je tak način ozelenitve najcenejši, seveda kadar so za to dani rastiščni pogoji.

Ker je sama metoda zatratitve tako enostavna, lahko pričakujemo naslednje pomanjkljivosti:

- že najmanjši naliv izpira seme od zgoraj navzdol, zato obstaja zgornji del brežine redko zasejan, seme pa se kopiči ob vznožju brežine;

- poraba semena je razmeroma velika, ker seme ni zaščiteno pred pticami, soncem in izpiranjem, zato veliko semena ne skali in propade;

- uspeh ozelenitve je v veliki meri odvisen od ugodnih vremenskih razmer.

Kljub navedenim pomanjkljivostim je ta metoda za pospešitev ozelenitve brežin na gozdnih prometnicah zelo primerna prav zaradi enostavnosti postopka, cenenosti in tudi učinkovitost je v veliki meri zagotovljena zaradi ugodnih pogojev: nizke brežine, ugodne talne in klimatske razmere v gozdu.

Za preprečevanje premočnega izpiranja semena na zbiti odkopni brežini si lahko pomagamo s poševnimi brazdami, ki jih napravimo v ročnim orodjem (kramp, motika). Brazde imajo namen, da se v njih zaustavi seme in tudi da se v njih zaustavljajo drobni delci, ki jih voda odnaša iz površine brežine. Predvsem je pomembno, da se delci iz zgornje humusne plasti obdržijo in čimbolj enakomerno porazdelijo po površini odkopne brežine. Na ta način se v brazdah ustvarijo za klitje semena ugodne razmere (delci zemljine, bogati z organskimi snovmi in ustrezna vlaga). Brazde so v razmaku 20-30 cm, nagnjene v blagem naklonu, da s tem omogočimo odtok vode, vendar da voda s seboj ne odnaša tudi semena in nabrane zemlje.

Pri metodi enostavne setve moramo omeniti še setev senenega drobirja, ki vsebuje vse bistvene elemente dobre setve: seme je raznoliko in v naravni mešanici lokalnih rastlinskih vrst ter na brežini deloma zaščiteno. Žal pa se ta način setve danes čedalje manj uporablja, ker praktično ni mogoče dobiti dovolj setvenega materiala.

V posebnem poglavju bomo obširneje prikazali rezultate opazovanj pri ozelenjevanju odkopne brežine z enostavno setvijo, ki smo jo izvedli na objektu IV.

4.3.3.2. Setev v nastil

Že pri enostavni setvi smo navedli pomanjkljivosti te metode, ker seme ni zaščiteno niti pri sami setvi niti kasneje. Prav z namenom, da se semenu pripravijo podobni pogoji za kalitev, kot obstojajo v naravnem procesu (seme pade med ostanke odmirajočih rastlinskih delov), so se razvile metode, ki temeljijo na principu, da seme pade v naprej pripravljeno podlago oziroma se podlaga istočasno nanasa s semenom na golo površino.

Nastil opravi pri sami setvi in kasneje pri kalitvi več nalog:

- pri setvi omogoča enakomernejšo razporeditev semena po površini
- preprečuje odnašanje semena zaradi vode ali vetra
- zmanjšuje erozijsko delovanje vode in zmanjšuje udarno moč vodnih kapljic
- za uspešno klitje semena stvarja ugodno mikroklimo, saj zadržuje vlago in ščiti seme in klice pred sončno pripeko.

Poleg te zaščitne vloge pri setvi in kalitvi ima nastil pomembno vlogo tudi kasneje pri razvoju vegetacijskega pokrova na goli brežini. Obstoj in propad nastila je zelo dobro usklajen z rastjo posevka. V enem ali dveh letih nastil zgine, njegova dotedanja zaščitna vloga je s tem prenehala, začenja pa se druga, za uspešen razvoj vegetacije tudi pomembna vloga, namreč propadajoči nastil se vključi v proces humifikacije tal, kar pomeni, da nastil posredno popravlja strukturo tal in obenem služi posevku za hrano.

Kot nastil se lahko uporabljajo različni rastlinski odpadki (seno, slama, stelja, krompirjevec in podobno). Za praktično uporabo pride v poštev predvsem seno, ker ga je najlažje dobiti v zadostni količini in je za namen, ki ga ima nastil, najbolj ustrezno. Slama ni tako primerna, ker je pregladka, sena ne da tako prilagoditi obliki brežine in prepočasi razpade.

Setev v nastil je zelo ugodna za nasipne brežine, ker so že oblikovane pod naravnim naklonom in se nastil brez veziva lahko zadrži na brežini. Zaščita setve z nastilom pride zlasti v poštev na suhih legah, izpostavljeni sončni pripeki in v ostrih klimatskih področjih.

Kadar pa želimo setev v nastil uporabiti na strmejših oziroma na odkopnih brežinah, tedaj je potrebno nastil zaščititi oziroma ga pritrčiti na brežino. Za pritrčitev nastila se lahko uporabijo mreže ali bitumenske emulzije. V kolikor gre le za zadrževanje nastila na brežini, se lahko uporabijo mreže iz žičnega pletiva ali pletiva iz umetnih mas. Mreže iz umetnega pletiva v začetku delujejo zelo neestetsko, zlasti če niso dobro priležene na površino brežine. Kasneje jih preraste vegetacija, deloma propadejo, zgubijo svoj namen in tudi neugoden izgled. V primerih, ko naj mreža poleg vezanja nastilja opravlja tudi nalogo zadrževanja kamenja, tedaj pridejo v poštev težke mreže iz močnega žičnega pletiva. Tudi pri teh mrežah je pomembno, da se čimbolj prilagodijo oblikam brežine. Kritičen je običajno zgornji pas brežine, ki ga je pred polaganjem mreže nujno ustrezno oblikovati. Mreža zaradi svoje teže ne sme obremenjevati samo brežine, ampak mora biti zasidrana vsaj 2 m čez zgornji rob brežine. Čeprav je polaganje mreže precej draga zadeva, se prav zaradi dobrih varovalnih učinkov zadnje čase zelo dosti uporablja pri sanacijskih ukrepih na brežinah javnih prometnic.

Poleg mrež se za vezanje nastila pogosto uporabljajo razne emulzijske snovi, kot so bitumenska emulzija, emulzija posebnih olj, ki na-

stanejo kot stranski proizvod pri izdelovanju papirja, nadalje emulzije umetnih mas itd. V praksi je za setev, utrjeno s prebrizgom z bitumensko emulzijo znan izraz "biotorkret". Bitumenska emulzija ima poleg dobre lastnosti vezanja tudi mnoge pomanjkljivosti in sicer:

- delo z bitumensko emulzijo ni prijetno, ker je tako delo umazano

- bitumen je organska snov in ga rastline razkrajajo

- bitumenska emulzija je črne barve, kar je velika pomanjkljivost iz dveh razlogov: v poletnih mesecih se absorbira veliko toplote, zaradi česar naraste v podlagi visoka temperatura, ki slabo vpliva na kalenje semena in drugič, črno pobrizgane skale še dolgo estetsko motijo uporabnike prometnice in vse preveč spominjajo na uporabo postopkov, ki so v zvezi z osovraženo nafto, gledano seveda iz vidika ekologije.

Zaradi neugodnega učinka črne barve utrjevanje z bitumensko emulzijo ni primerno za južne in jugozahodne lege, izpostavljene močni sončni pripeki.

Prednost utrjevanja z bitumensko emulzijo je predvsem v tem, da je emulzijo razmeroma lahko in poceni nabaviti in pripraviti, da se za brizganje emulzije uporabljajo zelo preproste priprave (tudi navadno ročno brizgalko) in da ima precejšnjo moč vezanja. Poraba sena se pri biotorkretu v zadnjem času zmanjšuje (največ do 0,3 kg sena na m^2) na račun porabe močnejše bitumenske emulzije (do 1 kg/m^2).

Za setev v nastil lahko še pripomnimo, da je tudi pri tej metodi poraba semena precejšnja (200-400 g/m^2). Okoli 80% vsega semena po setvi propade, ker sam način setve v bistvu posnema princip setve v naravi.

4.3.3.3. Vodna setev

V novejšem času se vse bolj uporablja metoda imenovana vodna setev, kjer se seme skupaj z vodno raztopino startnih gnojil in raznih dodatkov pod velikim pritiskom brizga na golo površino.

Prednosti vodne setve so predvsem naslednje:

- omogoča popolno mehanizirano ozelenitev brez ročnega dela;
- storilnost je zelo velika, saj se celotno setev opravi le z enim preходом v kolikor ni potrebno dognojevanje;
- iz ceste je mogoče ozeleniti visoke in strme brežine, saj curek pod visokim pritiskom doseže višino do 80 m, s posebnim nastavkom pa celo do 150 m;
- majhna poraba semena ($30-40 \text{ g/m}^2$), kar je skoraj 10 krat manj kot pri setvi v nastil. Pri vodni setvi je vsako seme pod močnim curkom vtisnjeno v talno podlago skupaj z vodo in hranilnimi snovmi. Tako so dani vsi pogoji za kalitev in le malo semena propade.
- po setvi ne ostane nobenih nezaželenih barvnih madežev.

Vodni raztopini so običajno dodane tri osnovne snovi, od katerih ima vsaka svojo nalogo:

- a) Gnojilo. Kot startno gnojilo se dodaja univerzalno gnojilo (NPK) ali zelo učinkovita sečnina (urea).
- b) Snov za vzdrževanje vlage in zboljšanje tal. V prodaji je znanih že veliko preparatov, katerih sestavo pa proizvajalci ljubosumno čuvajo v tajnosti. Zelo znan je preparat AGRICOL, ki se uporablja tudi pri transportu in skladiščenju sadik za ohranitev svežosti.
- c) Snov za vezanje semena na podlago, za vezanje vrhne plasti tal, s čimer se preprečuje površinska erozija. Znan je preparat CURASOL, to je disperzna umetna snov, ki po osušitvi tvori mrežasto prevleko na talni površini.

V literaturi so navedeni podatki o uspešni uporabi vodne setve pri kombinirani uporabi mešanice semen trav, detelje, grmovnih in drevesnih vrst. Ta metoda je bila uporabljena pri ozelenitvi večjih golih

ploskev (1,1 ha), ki so nastale po odvzemu peščenega materiala. Talna podlaga je bila popolnoma sterilna. Za ozelenitev je bila uporabljena zelo majhna količina semena ($10-20 \text{ g/m}^2$) in od tega le $0,4-2,0 \text{ g/m}^2$ semena drevesnih vrst (smreka, bor, macesen, bela jelša). Ob uporabi preje omenjenih preparatov je bil uspeh ozelenitve zelo dober.

V praksi se uporabljajo več ali manj uspešno kombinacije različnih metod setve, pač odvisno od zahtevnosti golih površin, možnosti izvajanja setve in odvisno od postavljenega cilja.

4.3.3.4. Druge metode zatratitve

Zelo preprost in dosti učinkovit je način zatratitve s polaganjem trave v zorenju. V bistvu ta metoda zatratitve posnema naravne procese, ki se odvijajo na nagnjenem travniku. Polegla trava ščiti tlo pred erozijo, izpadlo seme pa v prihodnji vegetacijski dobi ^zvsrkali in na ta način je zagotovljeno trajno obnavljanje travnatega in zeliščnega sloja. Ozelenjevanje golih brežin s polaganjem trave v zorenju postaja zelo primerno v zadnjem obdobju, ko številni gorski travniki, nekdanje košenice, ostajajo nepokošeni. S pridom bi lahko uporabili ta način ozelenitve brežin na novih cestah, ki potekajo skozi pašnike, opustele travnike. Pomembno je to, da pri tem ne rabimo nobenih strojev niti semena, ozelenitev lahko opravijo domačini ob primerni denarni stimulaciji. Postopek je zelo preprost. V neposredni bližini trase posečemo travo, ko je v zorenju. Travo pustimo oveneti, nato jo pripe-
ljemo na samo mesto uporabe. Ovenelo travo enakomerno razprostremo po brežini v debelini 2-4 cm. Trava se prileže tlu še predno se popolnoma osuši in utrdi. Deževje še bolj zbije travno preprogo ob tla, tako da je ni potrebno posebno pritrjevati. Dozorelo seme avtohtonih trav in zelišč, ki je pri tem izpadlo, ima ugodne pogoje za kalitev.

4.3.4. Rezultati opazovanj ozelenitve odkopne brežine z enostavno setvijo

Ozelenitev odkopne brežine z enostavno setvijo smo podrobneje proučevali na objektu IV (Cesta na Dobrčo). Osnovni podatki o objektu IV so bili podani že v poglavju 4.2.2., ko smo obravnavali rezultate opazovanj naravne ozelenitve odkopnih in nasipnih brežin, na objektu IV pa le naravno ozelenitev nasipnih brežin. Meritve na objektu IV so bile istočasno opravljene na nasipni in odkopni brežini. Na tem mestu podajamo samo tiste podatke, ki so specifični za odkopno brežino.

Delež posameznih kategorij hribine na odkopni brežini pri opazovanih profilih je bil naslednji:

38% III. kategorije hribine

61% IV. " "

1% V. " "

Tabela štev.: 18

Delež profilov z različno sestavo kategorij hribine

Kategorije hribine	III. IV.	III. IV.	III. IV.	III. IV.	III. IV.	III. IV.
Razmerje	4 0	3 1	2 2	1 3	0 4	2 2
Delež profilov	17%	5%	1%	62%	14%	1%

V tabeli štev. 19 na prilogi štev. 25 podajamo nekatere osnovne pokazatelje, ki odločilno vplivajo na ozelenitev odkopne brežine. Iz podatkov omenjene tabele lahko razberemo naslednje:

- Osnovni naklon odkopne brežine po gradnji se giblje v zelo širokih mejah in sicer od 42° do 75° , kar je odvisno od višine brežine in sestave hribine. Iz izračunanih povprečnih naklonov za vsako skupino profilov glede na sestavo kategorije hribine je razvidno, da

Kategor. hribine	Višina brežine (cm)		Naklon po gradnji (°)		Delež ustaljenih profilov (%) pri meritvah						
	od - do	povpr.	od - do	povpr.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
III. 4	IV. 0	100 - 344	197	42 - 72	51	13,3	66,7	80,0	80,0	86,7	100
III. 3	IV. 1	92 - 212	156	47 - 59	52	40,0	80,0	80,0	100	100	100
III. 2	IV. 2	213 - 333	273	51 - 65	57	33,3	33,3	66,6	66,6	66,6	100
III. 1	IV. 3	96 - 374	218	40 - 75	58	8,8	15,8	22,8	54,4	80,7	89,5
III. 0	IV. 4	160 - 348	255	44 - 73	62	0	0	8,3	33,3	50,0	58,0

naklon narašča z večjim deležem IV.kategorije hribine.

- Višine odkopnih brežin so tudi zelo raznolike in se gibljejo v mejah od 92 do 374 cm. Povprečne višine pri posameznih skupinah profilov se gibljejo med 150 cm in 270 cm.

- Delež ustaljenih profilov je zelo pomemben pokazatelj pri proučevanju uspešnosti oziroma neuspešnosti ozelenitve odkopne brežine. Največji delež ustaljenih profilov smo našli v skupini profilov s sestavo hribine III. in IV.kategorije v razmerju 3 : 1. Pri tej skupini profilov je bilo že pri prvi meritvi (konec 1.vegetacijske dobe) 40% vseh profilov ustaljenih, pri drugi meritvi (ob začetku 2.veget. dobe) ~~ja~~ bilo že 80% profilov ustaljenih in pri četrti meritvi (ob začetku 3.veget.dobe) so bili že vsi profili ustaljeni, kar je zelo dobro stanje za odkopne brežine pri povprečnem naklonu 52° in višini 150 cm. Pri enakih ostalih razmerah (naklon, višina) je ustalitev odkopne brežine dosežena tem kasneje, čim večji je delež IV.kategorije hribine. Ta ugotovitev pa ne velja za prvi dve skupini profilov, ko so profili s sestavo hribine (4:0) dosegli pri vseh meritvah manjši delež ustaljenih profilov kot pa skupina profilov s sestavo hribine (3:1). Ta pojav si razlagamo z dejstvom, da delež gruščca (25%) daje dobro oporo proti eroziji, velik delež zemljine (75%) pa omogoča hitro ozelenitev, torej vzajemno delovanje obeh teh dveh elementov daje ugodne pogoje za hitro ustalitev odkopne brežine.

V nadaljnem bomo prikazali uspešnost ozelenitve odkopne brežine po metodi enostavne setve na osnovi ugotovljene pokrovnosti vegetacije pri posameznih meritvah.

Tabela šte. 20

Spreminjanje pokrovnosti vegetacije od 2. do 4. veg. dobe

Kategorija hribine	P o k r o v n o s t vegetacije (%) pri meritvah					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
III. IV. 4 0	45	34	56	55	63	73
III. IV. 3 1	32	27	42	46	72	70
III. IV. 2 2	37	7	45	50	70	70
III. IV. 1 3	26	16	43	42	59	59
III. IV. 0 4	20	4	29	25	50	48
Srednje vrednosti	28,8	17,3	41,9	41,9	48,4	60,7

Osnovna ugotovitev iz zgornje tabele je v tem, da se pokrovnost vegetacije, ugotovljene pri posamezni meritvi, zmanjšuje s padanjem deleža zemljine, kar je povsem razumljivo. Ta ugotovitev sicer ne velja dosledno za posamezno meritev, ker so posamezne skupine profilov med seboj zamenjane. Vzrok za tako stanje si lahko pojasnimo na osnovi statistične obdelave podatkov (neizenačeno število profilov v posamezni skupini) in ker poleg sestave hribine na uspeh ozelenitve brežine vplivajo še drugi dejavniki, ki so lahko prevladujoči.

Pokrovnost vegetacije je pri posameznih meritvah močno nihala. Vzrokov za tako nihanje je sicer več, vendar bi jih v okviru naših proučevanj lahko strnili v naslednje tri skupine:

- a) postopek ozelenitve z enostavno setvijo
- b) klimatske razmere
- c) stanje brežine

ad a) Postopek ozelenitve z enostavno setvijo

Za ozelenitev odkopnih brežin na gozdni cesti na Dobrčo je bila uporabljena zelo preprosta metoda zatratitve, to je enostavna setev.

Prva setev je bila opravljena takoj po končanih zemeljskih delih (23. VII. 1975) in sicer brez dodajanja gnojila. Zaradi neuspele prve setve je bila naslednje leto (2. VII. 1976) setev ponovljena. Obe setvi sta bili opravljeni ročno s preprostim posipavanjem semena na brežino. Poraba semena je znašala okoli 150 kg/ha. Pri drugi setvi je bilo uporabljeno tudi gnojilo (NPK, 300 kg/ha), vendar je bilo posipavanje gnojila ločeno od setve semena.

Pri prvi in drugi setvi je bila uporabljena enaka mešanica semen trav in detelj in sicer:

trave: travniška bilnica	<i>Festuca pratensis</i>	30% utež. del.
trpežna ljuljka	<i>Lolium perenne</i>	26%
travniška latovka	<i>Poa pratensis</i>	17%
bela šapulja	<i>Agrostis alba</i>	7%
detelje: travniška črna detelja	<i>Trifolium pratense sativum</i>	10%
bela detelja	<i>Trifolium repens</i>	5%
rožičkasta nokota	<i>Lotus corniculatus</i>	5%

Navedena mešanica semen ni bila pripravljena posebej za ozelenitev brežin na cesti na Dobrčo, ampak to mešanico uporabljajo na gozdnem gospodarstvu Bled za ozelenitev golih površin na območju Karavank. Mešanica vsebuje sicer majhno število travnih in deteljnih vrst, vendar zaradi zastopanosti najustreznejših vrst in zaradi razmeroma ugodnih terenskih razmer se je taka sestava mešanice izkazala za uspešno in racionalno.

ad b) Vremenske razmere

Za kalitev in razvoj vegetacije v določeni vegetacijski dobi so pravgotovo pomembne vremenske razmere, ki vladajo v tem obdobju. Z namenom, da bi razpolagali z osnovnimi informacijami o vremenskih razmerah na objektu IV (cesta na Dobrčo) v obdobju, ko smo tam opravljali meritve, smo od Meteorološkega zavoda SRS dobili klimatološke podatke iz najbližjih meteoroloških postaj. Podatke o padavinah smo dobili iz postaje Moste pri Žirovnici, ki je 8 km oddaljena od naše trase, podatke o temperaturah pa iz postaje Radovljica (oddaljenost 5 km).

Iz podatkov o padavinah (graf. števil. 16 na prilogi števil. 26) je razvidno, da je mesečna in letna količina padavin precej odstopala od dolgoletnega povprečja. V prvi vegetacijski dobi po gradnji (v dobi prve setve) je bila letna količina 1793 mm, torej nekaj več kot izkazuje dolgoletno povprečje (1613 mm za obdobje 1926-1965), v naslednjih dveh letih pa je bila letna količina padavin nekoliko pod dolgoletnim povprečjem (1564 mm v letu 1976 in 1526 mm v letu 1977), vendar so bile padavine v dobi vegetacije dokaj ugodno razporejene.

Podatki o temperaturah zraka (graf. števil. 17 na prilogi števil. 26) nam kažejo, da v letih opazovanj ni bilo bistvenih odstopanj od dolgoletnega povprečja. Na osnovi klimatoloških podatkov lahko zaključimo, da so bile na trasi v prvih 3 letih po gradnji dosti ugodne vremenske razmere za ozelenitev brežin.

ad c) Stanje brežine

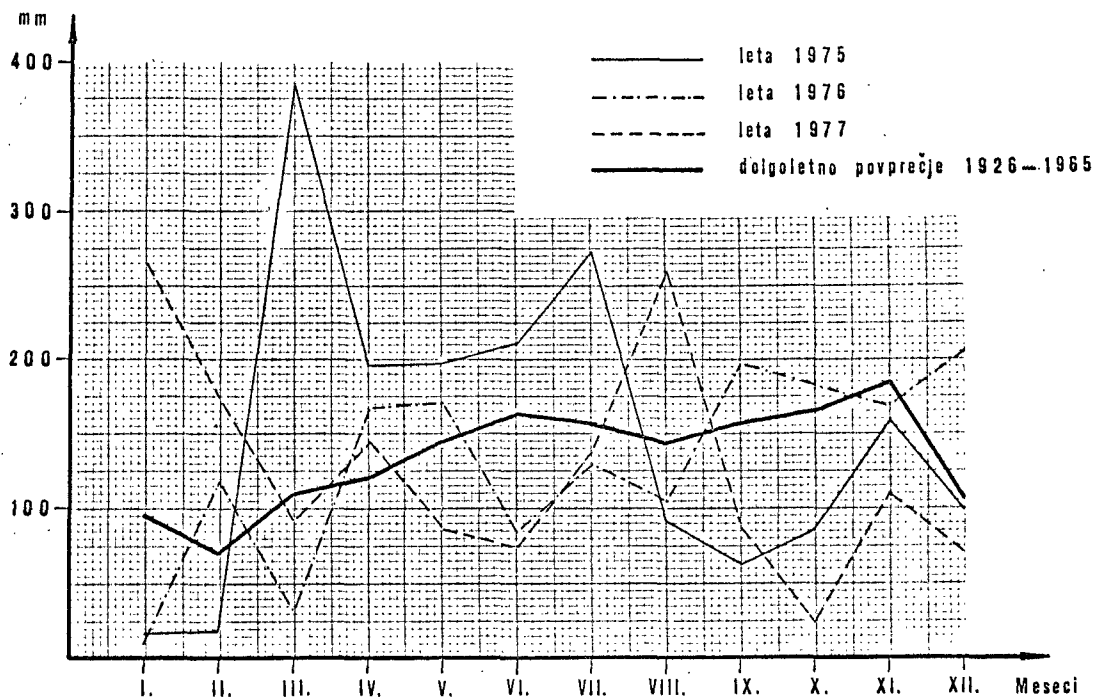
Iz podatkov v tabeli števil. 19 je razvidno, da je bila pri drugi meritvi ugotovljena znatno nižja pokrovnost vegetacije kot pri prvi meritvi. Tolikšno razliko si lahko pojasnimo na osnovi spoznanja, da je prva setev na mnogih profilih propadla.

MESEČNE KOLIČINE PADAVIN
(Meteorološka postaja Moste pri Žirovnici)

Priloga št.: 26

graf. št.: 16

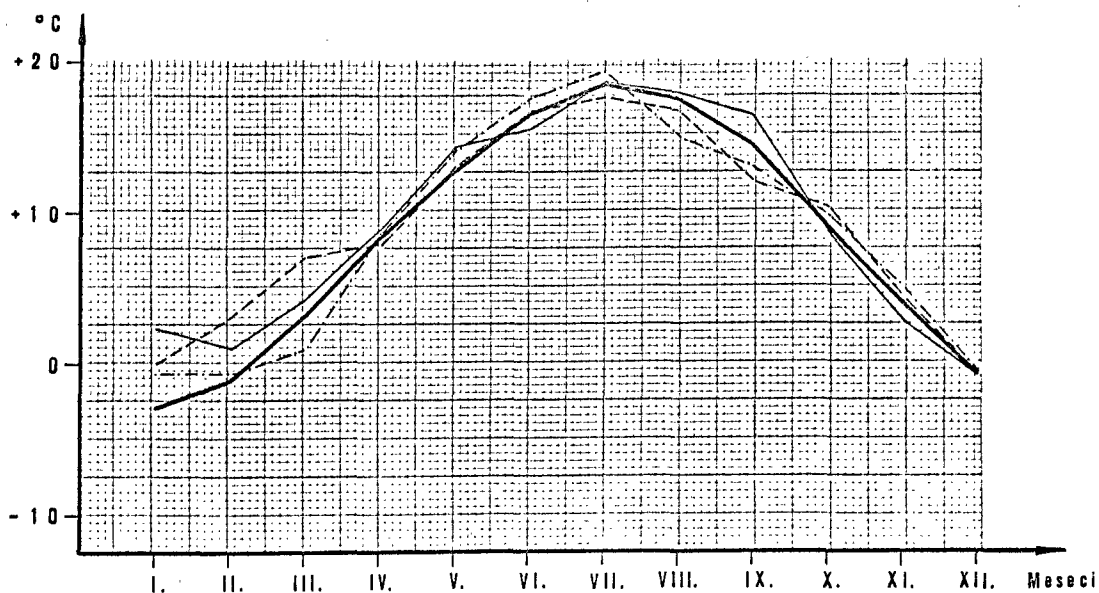
Padavine



SREDNJE MESEČNE TEMPERATURE ZRAKA
(Meteorološka postaja Radovljica)

graf. št.: 17

Temperatura



Maksimalno mesečno število dni z maksimalno temperaturo zraka nad 25°C.

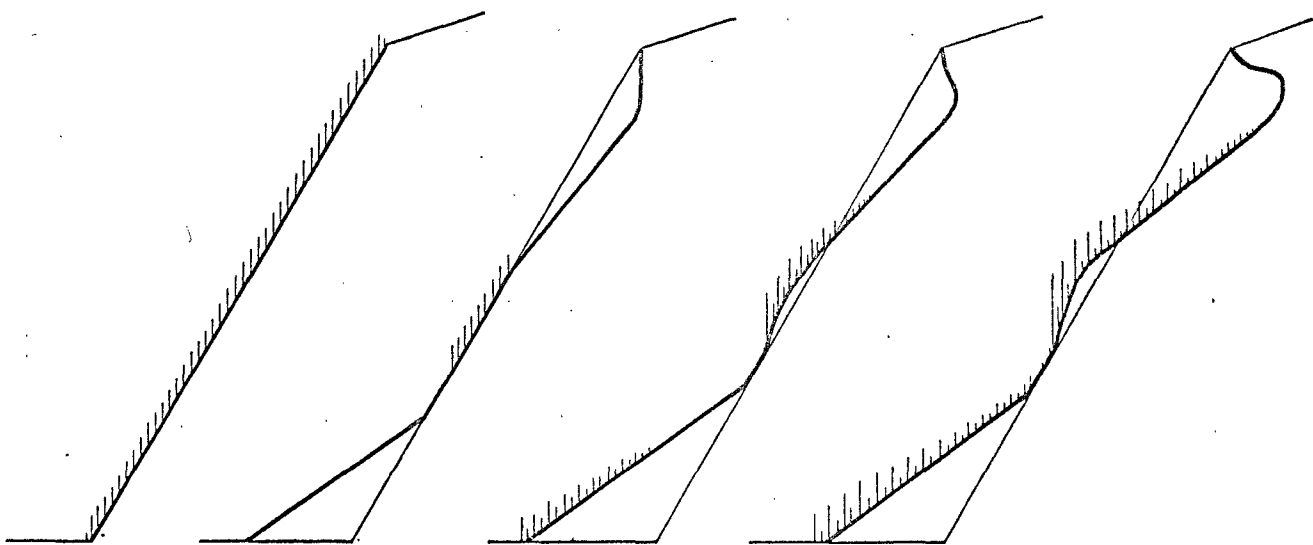
1975 v juliju 14 dni

1976 v juliju 18 dni

1977 v juniju 10 dni

Na tem mestu želimo nekoliko podrobneje opisati vzrok za neuspeh prve setve ter prikazati nadaljne postopno oblikovanje in zaraščanje odkopnih brežin. Omenili smo že, da je bila prva setev izvedena takoj po gradnji, ko brežine še niso bile ustaljene, pri sami gradnji pa so bile po večini prestrmo oblikovane. Na takih brežinah je mnogo semena po enostavni setvi odnesla padavinska voda. Če pa je seme že vskalilo, se mlada, slabo zakoreninjena rastlina ni mogla obdržati na brežini zaradi rušenja. Trganje vrhne plasti brežine se je pričelo najprej na tistem mestu, kjer so bile razmere najbolj kritične, to je pod zgornjim robom. Ob močnem nalivu, predvsem pa spomladi po odjugi, se je vrhna plast brežine skupaj s plastjo posevka odtrgala in se skotalila v vznožje brežine, kjer je začela nastajati sipina in na tem mestu pod seboj zasula vegetacijo prve setve. Tako je sedaj več ali manj uničen posevek pod zgornjim robom brežine zaradi rušenja in v vznožju zaradi zasutja. V najboljšem primeru se je posevek obdržal na ozkem pasu v sredini brežine. Ta preostali posevek se je v naslednji vegetacijski dobi utrdil, močnejše razvil in je predstavljal pas, kjer se je zaustavljal sipajoči material iz zgornje polovice brežine. Tako sta nastala sedaj dva dela, zgornji in spodnji del brežine, ki se samostojno oblikujeta. Spodnji del brežine skupaj s sipino je bolj ustaljen, zato se hitreje naravno zarašča od spodaj navzgor. Zgornji del brežine je v večji dinamiki, saj nastopa poleg površinske erozije še postopno rušenje ob zgornjem robu. Zato je tudi zaraščanje počasnejše. Najbolj trdovratno se zaraščanju upira ozek pas tik pod zgornjim robom brežine, saj tam vladajo najbolj neugodni pogoji za kalitev in razvoj vegetacije. Zgornji rob brežine je zaradi spremenjenega režima pretoka talne vode izredno suh in zato za naselitev rastlin negostoljuben.

Opisani proces preoblikovanja prestrme brežine, propad prve setve in postopno naravno zaraščanje brežine smo shematsko prikazali na skici števil. 3.



Skica šte. 3

Zaradi lažje presoje o najpomembnejših dejavnikih, ki so vplivali na uspešno ozelenitev odkopnih brežin na gozdni cesti na Dobrčo, smo od vseh opazovanih profilov izbrali 10 profilov z največjo intenziteto in 10 profilov z najmanjšo intenziteto zaraščanja.

Podroben opis profilov z največjo intenziteto zaraščanja je podan v tabeli šte. 21. Osnovne ugotovitve so naslednje:

- Nakloni brežin so v povprečju za 5-7° položnejši glede na sestavo kategorije hribine v primerjavi z vsemi opazovanimi profili. Nakloni se približno ujemajo z nakloni, ki jih izkazujejo ustaljene brežine. Ustaljenost brežine pa je osnovni pogoj za njeno uspešno zaraščanje,

- Višine brežin so znatno nižje (za 25-35%) od povprečnih višin za posamezne skupine profilov glede na kategorijo hribine. Pri nobenem profilu višina ne dosega 2 m. Razumljivo je, da imajo nižje brežine pri enakih ostalih pogojih zaradi posrednih vzrokov večje možnosti za hitrejšo ozelenitev kot visoke.

Opis profilov z največjo intenziteto zaraščanja odkopne brežine

Tabela števil.: 21

Zapor. številka	Številka profila	Višina brežine (cm)	Naklon brežine (°)	Ekspozicija	Kategorija hribine		P o k r o v n o s t vegetacije (%) pri meritvah					
					III.	IV.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
1	37	100	48	Z	4	0	100	90	100	100	100	100
2	29	134	43	JZ	4	0	90	90	100	100	100	90
3	8	160	49	JZ	1	3	80	80	100	100	100	100
4	187	124	57	J - JZ	1	3	80	90	90	90	100	100
5	90	138	48	Z	1	3	80	80	90	90	100	100
6	107	151	47	Z	1	3	80	90	90	90	100	90
7	20	170	46	JZ	4	0	90	40	90	90	100	100
8	19	199	47	JZ	4	0	90	70	80	80	90	90
9	120	119	57	Z	3	1	70	80	80	80	90	90
10	184	122	52	J - JZ	1	3	50	80	80	80	90	90
Srednja vrednost		142	49				81	79	90	94	97	95

Zapor. štev.	Številka profila	Višina brežine (cm)	Naklon brežine (°)	Ekspozicija	Kategorija hribine		P o k r o v n o s t vegetacije (%) pri meritvah					
					III.	IV.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
1	104	344	72	JZ	4	0	+	0	0	0	0	10
2	84	234	50	JZ	0	4	0	0	20	20	20	10
3	92	355	57	JZ - Z	1	3	30	0	10	10	20	30
4	67	345	70	J - JZ	1	3	10	0	20	10	20	50
5	225	233	68	JZ	1	3	+	0	10	< 0,1	0,5	0,4
6	101	300	70	JZ	1	3	10	0	20	10	30	40
7	223	266	68	JZ	0	4	+	+	10	0	40	60
8	229	288	61	JZ	1	3	30	0	10	< 0,1	30	40
9	91	281	66	JZ	1	3	20	0	20	20	30	30
10	220	242	65	JZ	1	3	+	+	10	20	30	60
Srednja vrednost		289	65				11	5	13	10	27	37

Opis tipičnih tal na profilih z največjo intenziteto zaraščanja

Plitva do srednje globoka rjava rendzina na razdrobljenem dolomitu

Horizont A₀- močno prepleten s koreninskim pletežem, sipek, (pojavlja se drobno zrnat, prhninast, s posameznimi zaobljenimi mestoma) kamni velikosti do 10 cm;

Horizont A₁- drobljiv, srednje grudičast, ilovnat s posameznimi zaobljenimi dolomitnimi kamni velikosti do 3 cm, sprsteninast, prekoreninjen s prosto drenažo, s HCl ne reagira;

Horizont (B)C- nekoliko stisnjen, s številnimi vertikalnimi in horizontalnimi razpokami, kepaste do poliedrične strukture, ilovnat do ilovnatoglinast s posameznimi dolomitnimi kamni, prosta drenaža, s HCl ne reagira;

Opis tipičnih tal na profilih z najmanjšo intenziteto zaraščanja

Srednje globoka do globoka rjava tla na laporju s povprečno globino 60 cm

Horizont A₁- nekoliko stisnjen, drobljiv s številnimi horizontalnimi in vertikalnimi razpokami, debelo grudičast do kepast, ilovnat, brez skeleta, sprsteninast, redko in enakomerno prekoreninjen, drenaža prosta do zadržana, s HCl ne reagira;

Horizont (B)- stisnjen, lomljiv in drobljiv z redkimi vertikalnimi razpokami, kepast, glinasto ilovnat, redko in enakomerno prekoreninjen, drenaža zadržana;

Horizont (C)- lapor z redkimi vertikalnimi razpokami

- Delež kategorije hribine je tudi pomembne dejavnik.

Od skupine profilov s sestavo hribine 4 : 0 je zastopanih 27% profilov, od skupine profilov s sestavo hribine 3 : 1 je zastopanih 20% in od skupine s sestavo 1 : 3 je zastopanih le 9% profilov.

- Tipična tla so podana na posebnem opisu (priloga števil. 27), značilna je zastopanost horizontov A_0 , A_1 in (B)C.

- Pokrovnost vegetacije dosega visoke vrednosti. Že v 1. veget. dobi je bila dosežena povprečna vrednost pokrovnosti 81%, ob koncu 2. veget. dobe 90%, ob koncu 3. veget. dobe 97% in v sredini 4. veget. dobe pa 95%. Vegetacija je samo zunanji odraz rastiščnih razmer, ki vladajo na brežini. Pomembno je omeniti, da je bilo že v začetku 2. veget. dobe 90% vseh profilov z ustaljenimi odkopnimi brežinami. Vegetaciji iz setve so se že v 1. veget. dobi na posameznih profilih pridružile avtohtone rastlinske vrste (*Cirsium* sp., *Salvia glutinosa*, *Fragaria vesca*).

Za skupino profilov z najmanjšo intenziteto zaraščanja (podroben opis je podan v tabeli števil. 22) veljajo naslednje značilnosti:

- Nakloni brežin so daleč nad povprečnimi vrednostmi in sicer od 7 do 21° pri posameznih skupinah glede na sestavo kategorije hribine.

- Višine brežin so tudi znatno višje od povprečnih. Pri najmočnejše zastopani skupini glede na sestavo hribine so višje za 34%.

- Glede na delež kategorije hribine je najmočnejše zastopana skupina s sestavo hribine 1 : 3. Kar 7 profilov od 10 je iz te skupine, dva profila pripadata skupini s sestavo hribine 0 : 4 in le eden je iz skupine s sestavo 4 : 0.

- V talnem profilu nastopajo horizonti A_1 , (B), C in D. Značilna sta horizonta C in D, kjer se pojavljajo plasti laporja. Podrobnejši opis tipičnih tal je prikazan na prilogi števil. 27.

- Pokrovnost vegetacije je bila zelo skromna. V 1. veget. dobi je dosegla povprečno vrednost 10%, nato se je pokrovnost še zmanjšala in šele na koncu 3. veget. dobe (pri 5. meritvi) je dosegla v povprečju vrednost 27% in v 4. veget. dobi vrednost 37%. Prvi profil z ustaljeno brežino smo ugotovili šele na začetku 3. veget. dobe, v 4. veget. dobi so ostali še vedno 3 profili z neustaljeno brežino.

Primerjava podatkov v tabeli šte. 21 in šte. 22 nam nazorno potrjuje, da so za razmere, kakršne so vladale na trasi gozdne ceste na Dobrčo, odločilni za uspeh ozelenitve odkopnih brežin naslednji trije dejavniki: ustrezen naklon, sestava tal in višina brežine.

4.3.4.1. Primerjava poteka ozelenitve odkopnih brežin na različnih objektih

Ob zaključku razprave smo napravili tudi primerjavo, kako je na različnih objektih potekala ozelenitev odkopnih brežin. Na objektih I., II., in III. je zaraščanje odkopne brežine potekalo naravnim potom, medtem ko je bila na objektu IV. izvedena sanacija odkopne brežine z enostavno setvijo.

Zaraščanje brežin smo prikazali s pokrovnostjo vegetacije v določenih obdobjih (v zaporednih vegetacijskih dobah) po gradnji. Povprečne vrednosti za pokrovnosti vegetacije smo še razčlenili glede na kategorijo hribine. Grupirani podatki so podani v tabeli št. 23.

V 1. veget. dobi so odkopne brežine, ki so bile prepuščene naravnemu zaraščanju, praktično ostale gole. Pokrovnost je neglede na talno podlago ostala na vrednosti 0%. Le na posameznih profilih so bile brežine poraščene z redkimi posameznimi rastlinami.

Tudi v 2. veget. dobi se stanje bistveno ni spremenilo. Brežine so bile še vedno gole, le na brežinah iz zemljine (sestava hribine 4 : 0) na objektu II. smo ugotovili pokrovnost 10%.

Pregled ozelenitve odkopnih brežin na različnih objektih

Tabela števil.: 23

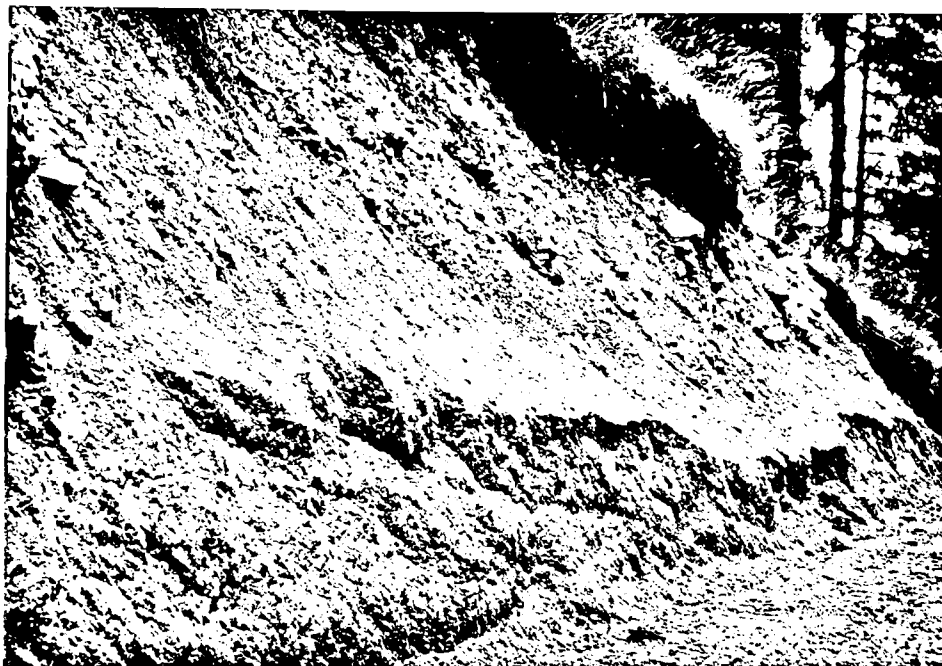
Kategorija hribine		Objekti	P o k r o v n o s t vegetacije (%) v veget. dobah po gradnji				
			1.	2.	3.	4.	8.
III. 4	IV. 0	I. II. III. IV.	0 0 - 45	0 10 - 56	0 20 - 63	10 30 - 73	70
III. 3	IV. 1	I. II. III. IV.	0 0 - 32	0 0 - 42	0 10 - 72	40 20 - 70	70
III. 2	IV. 2	I. II. III. IV.	0 0 - 20	0 0 - 29	0 10 - 50	20 10 - 48	50
III. 1	IV. 3	I. II. III. IV.	0 0 - 26	0 0 - 43	0 10 - 59	0 20 - 59	60
III. 0	IV. 4	I. II. III. IV.	0 0 - 20	0 0 - 29	0 0 - 50	0 10 - 48	50

V 3. veget. dobi je pokrovnost vegetacije na objektu II. dosegla vrednost od 10-20%, razen na brežinah s sestavo hribine 0 : 4, medtem ko so brežine na objektu I. ostale praktično gole.

V 4. veget. dobi pa doseže pokrovnost vegetacije vrednost celo od 30-40%, na profilih z najbolj ugodno sestavo hribine. Razlika med objektom I. in II. ni več tako izrazita.

Na objektu III. smo ugotavljali pokrovnost le v 8. veget. dobi. Vrednosti so v mejah od 50-70% in opaziti je, da se pokrovnost na brežinah z različno sestavo hribine precej izenači.

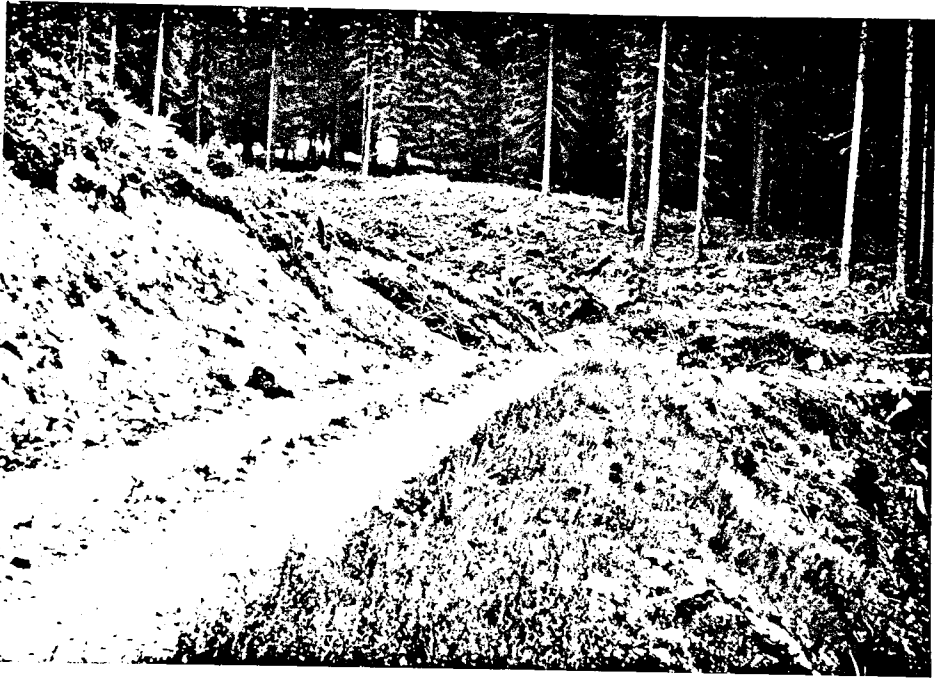
Za primerjavo smo navedli še podatke o pokrovnosti vegetacije na objektu IV., kjer je bila izvedena setev mešanice trav in detelje. Uspeh setve bi bil dosti boljši, če bi bile odkopne brežine predhodno pravilno oblikovane.



Slika 1.: Komaj ustaljena brežina je ponovno izpodkopana pri strojnem čiščenju planuma. Temu stanju sledi rušenje brežine od spodaj navzgor.



Slika 2.: Zasenčenost je eden od dejavnikov, ki omogoča naravno ozelenitev odkopne brežine na neugodni ekspoziciji.



Slika 3.: Nasipna brežina se je kljub večjemu naklonu mnogo hitreje naravno zarastla kot odkopna brežina, kjer je hribina preveč zbita.



Slika 4.: V ugodnih rastiščnih razmerah se tudi odkopna brežina zaraste v 4-5 letih, cesta se spoji z okoljem.



Slika 5.: Zaradi neustaljenih odkopnih brežin setev ni uspela. Posevek se je ohranil le v ozkem pasu na sredini brežine.



Slika 6.: Bujna zarast na ustaljeni odkopni brežini. Uporabljena je bila enostavna setev mešanice trav in detelj.

6. DISKUSIJA

Za pravilno risanje prečnih profilov v glavnih projektih za gozdne ceste, še bolj pa za pravilno izvajanje zemeljskih del, je nujno potrebno poznati, kako je oblikovano cestno telo, torej kako globoko v raščeno tlo je položeno cestišče, kako so nagnjene brežine in do kam te dejansko tudi segajo. Na osnovi v elaboratu podanih podatkov, ki so bili dobljeni pri proučevanju dejanskega stanja na terenu, je mogoče za vsak položaj trase v povprečnih terenskih razmerah predvideti vse razsežnosti osnovnih parametrov cestnega telesa. Tako je mogoče že v naprej predvideti, kako se bodo sčasoma oblikovale prestrme brežine in kako daleč bo zasuto cestišče.

Rezultati proučevanja ozelenitve brežin nam lahko pomagajo pri odločitvah, kdaj in na katerih odsekih je smotrno pristopiti k sanaciji brežin z biotehničnimi ukrepi oziroma kakšni pogoji morajo prevladovati na trasi gozdne prometnice, da sanacijo golih površin lahko prepustimo naravi, ki se ne ozira na naše smotre in ki ji čas ničesar ne pomeni. V vsakem načrtu za gozdno cesto bi morali jasno opredeliti kakšnemu namenu bo po gradnji služila površina odkopne in nasipne brežine in tem smotrom je potem potrebno prilagoditi tudi ukrepe. Gre v bistvu za rekultivacijo golih površin, ki so pred gradnjo predstavljale gozdno površino. Razumljivo, da je poglobitev naših prizadevanj potrebno prilagoditi obsegu golih površin, rastiščnim razmeram, občutljivosti okolja ter teži posledic, ki jih lahko predvidimo.

7. POVZETEK GLAVNIH UGOTOVITEV

Glavne ugotovitve bi bile naslednje:

- Na širino vozišča gozdne ceste vplivajo predvsem naslednji dejavniki: vpliv prometa (širina vozila, hitrost vožnje, gostota prometa), stabilnost ceste in gospodarnost gradnje. Širina vozišča v premi meri 3,0-3,5 m.

- Širina planuma ceste na pobočju je odvisna od širine vozišča, širine hodnikov oziroma koritnic, načina izvedbe odvodnjavanja, širine planuma v raščenenem tlu, razrahljanosti nasipnega materiala ter od splošnih zahtev po širšem planumu.

- Širina planuma v raščenenem tlu mora zagotoviti zadosten izkop materiala za prečno izravnavo mas ter zadostno stabilnost cestišča na slabše nosilni podlagi. Podani so matematični obrazci za izračun potrebnih širin planuma, ki navedenim pogojem zadovoljujejo.

- Izvajanje zemeljskih del z bagrom omogoča boljšo izrabo materiala, stabilnejšo izvedbo nasipa, zato je širina planuma lahko ožja.

- Povprečna širina planuma pri gradnji znaša 4,5-5,5 m, kar je odvisno od naklona terena, kategorije hribine in tehnologije gradnje.

- Naklon odkopne brežine zavisi od vrste in stanja hribine z upoštevanjem vodnih razmer, od višine brežine, rastiščnih pogojev glede na možnost hitre ozelenitve, od pomembnosti prometnice in od zunanjih vplivov na brežino. Podani so nakloni ustaljenih brežin v odvisnosti od višine brežine in kategorije hribine.

- Naklon nasipne brežine zavisi od vrste tal, granulacijske sestave, vlažnosti materiala, od naklona podlage in načina grad-

nje.

- Na večjo širino izsekanega pasu drevja na trasi gozdne prometnice vplivajo dejavniki kot so: vlažnost rastišča, nepreglednost vozišča, prevoz dolgih sortimentov in nestabilnost pobočja.

- Na manjšo širino izsekanega pasu vpliva zahteva po manjšem posegu v gozdni sestoj, manjši izgubi prirastka, varovanje okolja in zaščita cestnega telesa.

- Širina poseka nad odkopno brežino zavisi od mehanične in biološke stabilnosti terena nad brežino.

- Širina poseka na tlorisu nasipa je odvisna od zahtev po širšem ali ožjem izsekanem pasu, ki ga zahteva trasa in od občutljivosti dreves na zasutje.

- Potek naravne ozelenitve brežin je odvisen predvsem od talne podlage, faktorjev reliefa, od naklona brežine ter zaščitenosti brežine. Na vlažnih brežinah je ozelenitev ovirana zaradi dviganja in rušenja tal pri procesu zmrzovanja.

- Naravna ozelenitev nasipnih brežin poteka po vsej površini precej enakomerno, medtem ko na odkopnih brežinah napreduje od spodaj navzgor.

- Ozelenjevanje nasipne brežine poteka razmeroma hitro, saj v 2. vegetacijski dobi pokrovnost vegetacije v povprečju doseže vrednost 40-50%, v 3. vegetacijski dobi od 60-80% in v 4. veget. dobi okoli 90%.

- Odkopna brežina se v primerjavi z nasipno zelo počasi zarašča. Pokrovnost vegetacije šele v 3. veget. dobi doseže vrednost okoli 10% predvsem zaradi neustaljenosti brežin, v 4. veget. dobi pa doseže vrednost od 15-20%.

- Jakost zaraščanja tako odkopne kot nasipne brežine narašča z večjim deležem zemljine vendar samo do določene meje

(okoli 20%), nad to mejo so pomembnejši drugi dejavniki.

- Intenziteta zaraščanja nasipne brežine je največja v 2.vegetacijski dobi, odkopne brežine pa v 4.veget.dobi.

- Zatravitev pomeni najučinkovitejši sanacijski ukrep za hitro ozelenitev že ustaljenih brežin.

- Za uspeh zatraitve so pomembni tisti dejavniki, ki vplivajo na kalitev in razvoj rastline v začetni fazi rasti (zbitost tal, strmina, ekspozicija).

- Pri sestavi mešanice semena za zatraittev brežin na gozdni prometnici je potrebno paziti, da ostane dovolj prostora za nasemenitev avtohtonih zeliščnih in grmovnih vrst.

- Humuziranje golih površin ne pride več v poštev, ker so na razpolago uspešnejši in cenejši drugi, sodobnejši ukrepi za ozelenitev.

- Kot najbolj preprosta in cenena metoda za ozelenitev brežin je enostavna setev mešanice semen trav in detelj. Metoda je zaradi ugodnih pogojev na gozdnih prometnicah (nizke brežine, ugodne talne in klimatske razmere v gozdu) in v povprečnih terenskih razmerah dokaj uspešna.

LITERATURA IN VIRI

1. Adamek, I.: Výstavba lesnich cest, Praha 1967
2. Bačić, R.: Vegetacijsko utrjevanje in obnova vegetacije na brežinah gozdnih cest, (diplomsko delo), Ljubljana 1976
3. Črnagoj, B.: Optimalna širina šumskih puteva, IGLGS, Ljubljana 1957
4. Dimpflmeier, R.: Böschungsbegrünung mit Gras- und Gehölzsamen, Allgemeine Forstzeitschrift 1970/25
5. Dobre, A.: Oblikovanje krivin glede na prevoz dolgega lesa, IGLGS, Ljubljana 1977
6. Dretnik, D.: Uporabnost stabilizacije tal, Ljubljana 1969
7. Duthweiler, H.: Lebendbau an instabilen Böschungen (Erfahrungen und Vorschläge), Bad Gadesberg 1967
8. Flögl, S.: Gradnja šumskih puteva i pruga, Zagreb 1955
9. Grimšičar, A.: Geološki problemi pri gradnji sodobnih cest, Sodobna gradnja cest, Ljubljana 1969
10. Haaren, A.: Moderner Waldstrassenbau - Probleme der Wegnetzplanung und der Ausbautechnik, Hannover 1956
11. Hafner, F.: Regelprofile zur Massenermittlung beim Nulllinienverfahren, Allgemeine Forstzeitung 1965/7
12. Hafner, F.: Vermeidung von Schäden unterhalb der Trasse beim Bau von Hangwegen, Allgemeine Forstzeitung 1960/19-20
13. Hafner, F.: Forstlicher Strassen- und Wegebau, Wien 1971
14. Harth, H.: Postopek hidrosetev za ozelenitev pobočij Zbornik seminarja "Ceste in krajina", Ljubljana 1970

15. Horvat, S.: Pomen pionirskih drevesnih vrst, Gozdarski vestnik, 1972/5-6
16. Jeličić, V.: Korištenje dozera na izgradnji šumskih puteva (disertacija), Sarajevo 1975
17. Jenko, R.: Zgornji ustroj cest, Dimenzioniranje II.del, praktične metode, Ljubljana 1966
18. Jenko, R.: Zemeljska dela, Ljubljana 1960
19. Jovković, B.: Vegetativno vezivanje kosina na putevima i prugama, Naše gradjevinarstvo, Beograd 1954/9
20. Kazmaier, P.: Schutz und Begrünung von Böschungen durch die Grasspreite, Allgemeine Forstzeitschrift 1972/43
21. Klemenčič, I.: Stičnice in njihov pomen pri gradnji gozdnih cest, Gozdarski vestnik 1961/ str.65
22. Koczwanski, S.; Moryl, J.: Badanie przekroju poprzecznego léсных gruntowych drog stokowych, Lesnictwo 1969/50
23. Korber, B.: Projektiranje in gradnja gozdnih cest na krajinsko občutljivih območjih, Gozdarski vestnik 1972/3
24. Kramer, H.: Wegebrite und Zuwachs im angrenzenden Bestand, Allgemeine Forstzeitschrift 1958/6
25. Medvedović, A.: Hidrosjetva - kompleksna metoda zaštite tla protiv erozije, bez prethodne pripreme i humuziranja, Ceste i mostovi 1978/4
26. Nägeli, G.: Einfluss von Wegbreite, Hangneigung und Böschungswinkel auf die Baukosten eines Waldweges, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 1950/7-8
27. Neuber, B.: Die Erhaltung und Pflege von Waldwegen, Graz 1960
28. Neuber, B.: Der mechanisierte Felsvortrieb in Forstwegebau, Allgemeine Forstzeitschrift 1975/14

29. Neuber, B.: Pfüglichher Forstwegebau im steilen und felsigen Terrain, Allgemeine Forstzeitung 1977/8
30. Paholjšišin, G.: Kak udeševit drožnoe stroiteljstvo v gorah, Lesnaja promišlenost 1969/5
31. Pintar, J.: Prometnice in prostorske razmere
Zbornik seminarja "Ceste in krajine", Ljubljana 1970
32. Prückner, R.: Probleme am Rande des forstlichen Strassen und Wegebauces, Allgemeine Forstzeitung 1954/3-4
33. Prückner, R.: Die Technik der Lebendverbaung, Wien 1965
34. Rainer, F.: Utrjevanje golih pobočij pri cestnih telesih s pozelenitvijo, Gozdarski vestnik, Ljubljana 1964/7-8
35. Rothemund, H.: Der Lagerstreifen
Allgemeine Forstzeitschrift 1967/25
36. Schiechtl, H.: Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau
München 1973
37. Schiechtl, H.: Metode inženirske biologije za varovanje pobočij ob cestah, Zbornik seminarja "Ceste in krajina", Ljubljana 1970
38. Schiechtl, H.: Die Saat auf Strohdeckschicht, Allgemeine Forstzeitung 1964/5-6
39. Scheichtl, H.: Bautypen-Bemessung, Allgemeine Forstzeitung 1955/11
40. Schönauer, H.: Aktuelles von Forststrassenbau, Allgemeine Forstzeitung 1975/1
41. Schute, R.: Befestigung von Rohböschungen, Allgemeine Forstzeitschrift 1969/42
42. Sprang : Technische und biologische Massnahme für die Festigung und Sicherung der Erdbauten im Bereich von Verkehrsanlage, Strasse und Tiefbau 1963/10

43. Stärk, E.: Utrditev pobočij z rastlinskim gradivom
Zbornik seminarja, "Ceste in krajina", Ljubljana 1970
44. Strgar, V.: Ozelenjevanje rudniškega jalovišča Žirovski vrh
(1 in 2), Varstvo narave 1976/9
45. Strunk, W.: Moderne Verfahren der Auspritz-Begrünung von
Böschungen, Allgemeine Forstzeitschrift 1973/8
46. Šrajer, Ram,: Gradjevinska statika, 3 deo, Gradjevinska knjiga,
Beograd 1970
47. Šubic, F.: Vloga biotehnike pri gradnji sodobnih cest
(diplomsko delo), Ljubljana 1976
48. Veligoša, V.: Rasčeti terras, Lesnoe hozjajstvo, Moskva 1973/1
49. Weltstein, H.: Begrünung mit Rasen, Strasse und Verkehr,
1975/3
50. Zupančič, M.: Gozdni rob, Sodobno kmetijstvo 1977/1
51. - : Richtlinien für den Lebendverbau an Strassen
(RLS), Forschungsgesellschaft das Strassenwesen,
Köln 1971
52. - : Richtlinien für Strassenbepflanzung (RPf 3)
Köln 1968
53. - : Prosečne norme u gradjevinarstvu II.deo
Niskogradnja "Gradjevinska knjiga", Beograd 1963
54. več avtorjev: Ozelenitev cest, Ljubljana 1965, Izdala skupnost
cestnih podjetij SRS, Objava šte. 35
55. - : Normblatt SNV, 640 671 a, Bepflanzung, Aus-
führung, Zürich 1973
56. - : Mehanika tla pri projektiranju i gradjenju puteva,
Beograd 1964
57. - : Smernice za sestavo investicijskih programov in
glavnih projektov za gozdne ceste, Ljubljana
1962