

# Tehničko-biološka sanacija šumske putne mreže

---

**Pičman, Dragutin**

*Source / Izvornik:* **Glasnik za šumske pokuse: Annales pro experimentis foresticis, 1985, 23, 357 - 381**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:687478>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-20**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



DRAGUTIN PIČMAN

## TEHNIČKO-BIOLOŠKA SANACIJA ŠUMSKE PUTNE MREŽE

### TECHNISCH UND BIOLOGISCHE SANIERUNG DES WALDWEGNETZES.

Prispjelo 11. veljače 1985.

Prihvaćeno 31. ožujka 1985.

U ovom radu obrađen je problem sanacije površina usjeka i nasipa na šumskim cestama. Prikazani su različiti uzroci nastajanja oštećenja, osnovna oštećenja kosina, metode gradnje i osnovne vrste drveća i grmlja koje se mogu primjenjivati kod tehničko-biološke sanacije. Kao poligon za istraživanje uzet je Gorski Kotar odnosno Zelesina. Na pokusnoj dionici utvrđen je vegetacijski pokrov i biljne vrste koje sudjeluju kod sanacije površina usjeka i nasipa. Osnovni cilj je bio u tome, da se odredi mogućnost prirodnog materijala kao osnovnog sanatora na površinama usjeka i nasipa šumskih cesta.

**Ključne riječi:** inženjerska biologija, šumska cesta, oštećenja usjeka i nasipa, pokos, sanacija, tehničko-biološka gradnja.

#### UVOD — EINLEITUNG

Šumske ceste odnosno mreža šumskih cesta (puteva) izgrađena je na različitim terenima, terenima koji su više ili manje podložni djelovanju vanjskih činilaca — glavnih uzročnika nastajanja oštećenja na površinama usjeka i nasipa kod šumskih cesta. Oštećenja na površinama usjeka i nasipa predstavljat će osnovni problem ovog razmatranja.

Kako tehničko-biološka sanacija šumske putne mreže predstavlja upotrebu biljaka kao građevnog materijala, naš osnovni problem bit će da pokušamo pronaći glavne uzroke nastajanja oštećenja, a samim tim i pokušati spriječiti njihovo nastajanje upotrebom biljaka. Biljke koje se upotrebljavaju kod ovih radova, predstavljaju »živi« materijal za gradnju, a njihova je funkcija višestruka.

Tehničko-biološka sanacija predstavlja primjenu raznih metoda građenja s biljkama tzv. »inženjerska biologija«. Primjenom ovakove vrste građenja, što znači primjenu i ugradnju bilo živih bilo mrtvih djelova biljaka, ozelenjava se onaj dio naših šumskih cesta koji je najviše podložan utjecaju vanjskih činilaca.

KRATKI PRIKAZ RADOVA NA SANIRANJU POVRŠINA USJEKA I NASIPA  
— ABRISS DER ARBEITEN BEI DER SANIERUNG DER FLÄCHEN VON  
EINSCHNITTE UND DÄMME

Površina sanacija šumskih cesta odnosno puteva nije novijeg datuma, ali je zapravo tek 60-tih godina ovog stoljeća došlo do ponovnog razvoja i procvata različitih metodama gradnje. Povijest bavljenja ovom problematikom ide tamo negdje od 1850. godine, kada su razni stručnjaci, u prvom redu šarmarski, počeli intenzivnije proučavati problem upotrebe biljaka kao glavnog prirodnog građevnog materijala. Materijala, koji se može naći na svakom mjestu i koji se najviše i najbolje uklapa u krajolik u kojem je izgrađena određena šumska cesta.

Problem sanacije bio je isključivo vezan za područje viših i visokih planina u srednjoj Evropi u prvom redu u Alpama. Osnovni problemi koji se javljaju jesu različita klizanja i odronjavanja novoizgrađenih šumskih i javnih prometnica. Austrijski i švicarski stručnjaci prvi su ukazali na mogućnost primjene biljaka i njihovih dijelova kao osnovnih tehničko-bioloških materijala.

Inženjerska biologija, kao specifična grana, bavi se problemom primjene biljaka kao građevnog materijala. Biljke su predstavljale osnovni materijal, materijal koji je davao zadovoljavajuće rezultate. Kako se razvijala tehnika, biljke su sve manje korištene. Građevinski strojevi omogućili su brže i jeftinije radove na izvođenju sanacija, tako da je postojala mogućnost istiskivanja biljaka kao građevnog materijala. Uvidjevši ovaj problem, u Švicarskoj je saveznim zakonom o zaštiti prirode i krajolika iz 1966. godine obavezno upotrebljavati biljke kao materijal koji će se najlakše uklopiti u određeni krajolik — pejzaž.

Problem upotrebe biljaka kod sanacije šumskih cesta uvjetovan je daljnjim razvojem »inženjerske biologije« kao grane tehnike, tako da se ovakova vrsta radova sve više upotrebljava kod gradnje autocesta, oblikovanja krajolika u cestogradnji, u gradnji elektrana, kod osiguranja obala u vodogradnji, kod gradnje zimskih sportskih objekata i nastamba, kod kanala za plovidbu i drugdje.

Danas možemo sa sigurnošću reći, da se najveći zahvati u kojima je biljka glavni građevni materijal, obavljaju kod javnih cesta, prvenstveno kod gradnje širokih autocesta.

PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA — UNTERSUCHUNGSPROBLEM

Kao osnovni problem tehničko-biološke sanacije šumske putne mreže pojavljuju se razna oštećenja zemljanog trupa šumskih cesta, odnosno donjeg stroja ceste koji je izgrađen od različitih vrsta zemljišta (materijala). Problem istraživanja predstavljaju različiti činioci koji sudjeluju kod stvaranja štetnih deformacija (oštećenja).

Oštećenja šumskih cesta nastala na gornjem stroju nije moguće sanirati upotrebom biljaka kao građevnog materijala, tako da taj vid oštećenja nećemo niti obraditi.

Šumske ceste kao osnovni transportni element jednog transportnog sistema dobivaju sve značajniju ulogu. One postaju ne samo šumske, već i jednim dijelom turističke, i kao takove zavređuju drugačiji pristup. Naime, poznato je da se šumske ceste izgrađuju prema određenim investicijskim programima svake šumarije ili šumskog gospodarstva u cjelini i izgrađuju se u prvom redu radi otvaranja pojedinih gospodarskih jedinica, odnosno područja. Šumske ceste povezuju mjesta različitih zemljopisnih položaja, različite šumske predjele. Iz tog razloga potrebno je graditi takve ceste, koje će tehnički i građevinski biti najbolje izvedene i na taj način veće upotrebne vrijednosti i dužeg vijeka trajanja.

Tehničko-biološka sanacija, odnosno popravak šumskih cesta, daje mogućnost iskorišćivanja biljaka kao »živog« i »mrtvog« materijala. Dakle, oštećenja usjeka i nasipa mogu biti spriječena ili smanjena pravilnom primjenom biljnog materijala.

U daljnjim razmatranjima upoznat ćemo se ukratko s glavnim vanjskim i unutrašnjim (obzirom na tlo) činiocima, koji utječu na stvaranje oštećenja.

#### Tlo kao činilac stvaranja oštećenja — Boden als Gestaltungsfaktor der Beschädigungen

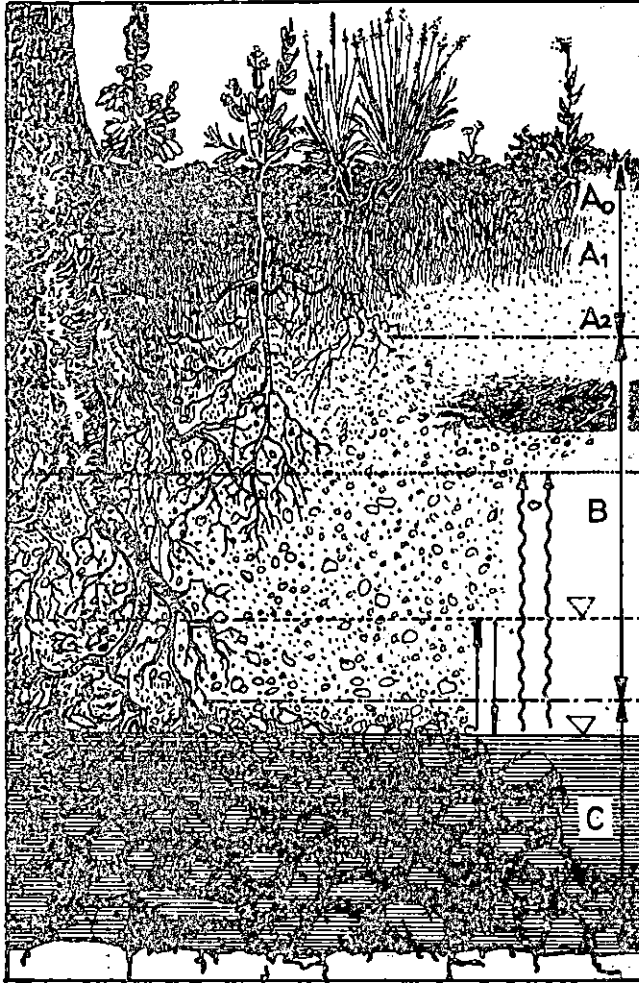
Tlo je jedan od osnovnih, ako ne i osnovni činilac koji utječe na stvaranje oštećenja površina usjeka i nasipa na novoizgrađenim ili postojećim šumskim cestama.

Kad govorimo u unutrašnjim činiocima nastajanja oštećenja, mislimo na sile koje djeluju u samom tlu. Tlo od kojeg je izgrađen zemljani trup ceste, različito je po nastanku, koherenciji i tvari. Tlo se sastoji od čestica tla, vode u porama i zraka u porama i po svom nastanku odnosno postanku nastalo je u različito doba razvijanja zemljine kore i nalazi se uvijek na mjestu prvobitnog nastanka. Tlo je smjesa različitih organskih i anorganskih tvari, povezano je ili nepovezano, a može biti različitih kombinacija.

U ovom djelu razmatranja govorit ćemo o tlu kao građevnoj komponenti, tj. koristit ćemo se slojevima tla sposobnim da se na njima izgrađuje šumska cesta.

U karakterističnom presjeku kroz jedno tipično tlo (slika 1) razlikujemo tri potpuno različita sloja sastavljena iz različitih tvari:

- A — eluvijalni sloj, plodna zemlja. Prema stupnju zasićenosti organskim tvarima i stupnju prisutnosti živih organizama, dijeli se na podslojeve  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ;
- B — iluvijalni sloj predstavlja raspadnuti mineralni sloj koji je prema stupnju ispravnosti podijeljen na podslojeve  $B_1$  i  $B_2$ ;
- C — matični supstrat nije ništa ili vrlo malo obuhvaćen raspadanjem. Atmosferski utjecaj i kretanje vode ovdje teško mogu imati neko značajnije djelovanje.



Slika — Bild 1. Poprečan presjek kroz jedno tipično tlo (Kruedener, 1951)  
— Querschnitt durch einen typischen Boden (Kruedener, 1951)

Kao građevna podloga koristi se C-sloj, u kojem je nastalo najmanje promjena od njegovog nastanka. Za radove na biološkoj sanaciji upotrebljavat ćemo materijal iz slojeva A i B sa svim njihovim podslojevima. Ovi su slojevi manje ili više bogati hranjivim tvarima potrebnim biljkama za njihov normalni razvoj.

Obzirom na biološke radove, tlo u rješavanju naznačenog problema sanacije ima veliku ulogu. Postojanost donjeg stroja šumskih cesta, a samim tim površina usjeka i nasipa, ovisi o ravnoteži sila koje djeluju u njemu ili na njega. Ovdje razlikujemo dvije vrste sila:

— vanjske sile — vlastita težina, stalno pokretno opterećenje i reakcija temeljnog tla;

— unutrašnje sile — kohezija, adhezija i trenje.

Trajnost i nosivost cesta u prvom redu ovisi o osobinama tla iz kojeg je izgrađena. Zbog toga je potrebno, da se prilikom građenja šumske ceste tlo temeljito ispita, i da se donese točna ocjena o njegovom ponašanju pod svim uvjetima koji mogu biti povoljni i nepovoljni, te da na taj način tlo osigura tako, da cesta bude trajna i promet siguran. Za ispitivanje tla potrebno je izvršiti kopanje sondažnih jama i izvršiti pokusna bušenja odnosno sondiranja terena. Raspored iskopanih jama mora biti takav, da uzorci daju čim potpuniju sliku o vrstama tla, slojevima, rasprostriranju podzemne vode i drugo.

Upravo djelovanje podzemne vode u tlu i površinske vode na površinama kosina glavni su uzroci nastajanja štetnih oštećenja zemljanog trupa. Kod izgradnje nasipa najviše oštećenja nastaje kod primjene neodgovarajućeg materijala za gradnju, kao što su tla s većim sadržajem organskih tvari ili većim postotkom gline. Ove vrste tla — materijala upijaju i zadržavaju vodu, koja vrši promjenu njihovih mehaničkih osobina. Dolazi do stvaranja navlaženog sloja ili plohe unutar tla, tzv. *puzotine*, a one su uzrok nastajanja *opuzlina*, znači dolazi do smanjenja čvrstoće i nepovezanosti čestica tla uzrokovano djelovanjem vode.

Oštećenja tla nastaju i na onim mjestima gdje dolazi do spajanja ugrađenog i temeljnog tla. U ovom slučaju susrećemo se s pojavom nepovezanosti dvije vrste tla, koja se odmah ne javlja.

Kao osnovni zaključak o tlu kao činiocu stvaranja oštećenja zemljanog trupa, možemo reći da djelovanjem podzemne i površinske vode dolazi do razgradnje strukture i na taj način do nestabilnosti kosina usjeka i nasipa i same šumske ceste.

#### Klimatski činioci — Klimatische Faktoren

Govoreći o klimatskim činiocima koji negativno utječu na površine kosina šumskih cesta, mislimo u prvom redu na djelovanje oborina, sunca, vjetra i ostalog.

Uz tlo klimatski činioci uvjetuju pravilno odabiranje određenih biljnih vrsta potrebnih za radove na sanaciji površina usjeka i nasipa. Znamo da biljne vrste imaju određene zahtjeve za tlom i istom tako imaju određene zahtjeve u pogledu klime. Klimatski nam činioci omogućavaju lakši odabir vrsta pogodnih za tehničko-biološke radove na nekom području. Ne samo da nam klimatski činioci određuju primjenu određenih biljnih vrsti, već nam oni omogućavaju da na vrijeme predvidimo različite mogućnosti stvaranja oštećenja na šumskim cestama.

#### Voda — Wasser

Kako smo ranije naveli, voda je zapravo najvažniji vanjski čimilac koji uvjetuje stvaranje oštećenja i u pravilu radovi na sprečavanju štetnog djelovanja površinske i podzemne vode mogu u potpunosti spriječiti nastajanje štetnih oštećenja.

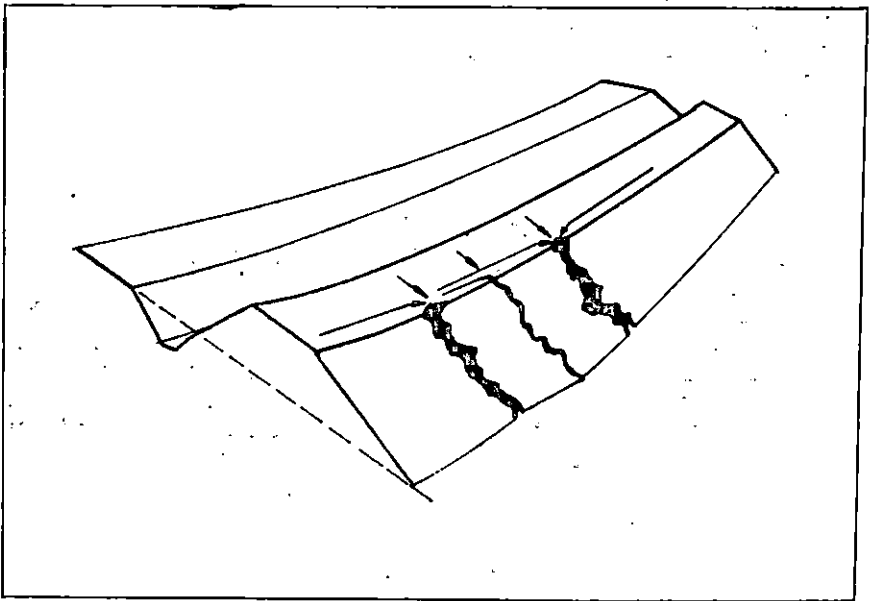
Poznato je da voda može djelovati kao površinska i podzemna. Promatrajući oštećenja površina usjeka i nasipa, ustanovili smo da su ona nastala djelovanjem površinskih voda u većoj mjeri. Iako bismo mogli reći, da se djelovanje površinske i podzemne vode u određenim uvjetima povezuje i zajedno negativno djeluje na šumske ceste.

Atmosferska ili površinska voda pojavljuje se kao kiša, snijeg, te kao njihove različite kombinacije. Voda koja padne na površine šuma, jednim djelom se zadržava na površinama krošanja stabala, a drugim djelom pada na površinu tla.

Intenzitet oborina je najvažniji činišlac štetnog i razornog djelovanja. Kiša kao oborina može padati u kraćim ili dužim razmacima i sa slabijim ili jačim trajanjem. Ona kiša koja pada kratko vrijeme i slabe je jačine, stvara samo površinska oštećenja, dok kiša s jačim udarima vjetrova i dužim trajanjem stvara veća oštećenja, kako površina usjeka tako i nasipa.

Poznato je da sva količina oborina koja padne na kolnik i ceste i slijeva se niz površine kosina nasipa, ne prolazi u potpunosti odvodnim jarcima. Naime, jedan dio takove površinske vode uslijed nejednake poprečnog nagiba kolnika ne odlazi u jarke, već se slijeva niz površinu kosine nasipa. Zato takva površinska voda stvara male pukotine iz kojih mogu nastati veći odroni (slika 2).

IZ navedenog razloga potrebno je izrađivati kod svih šumskih cesta odvodne jarke bilo trokutnog bilo trapeznog oblika propisanih dimenzija.



Slika — Bild 2. Štetno djelovanje površinskih voda na površine nasipa —  
— Schädliche Wirkung der Oberflächenerwasser auf die Dammlächen

Usljed loše izvedene kolničke konstrukcije može doći do prodora vode u donji stroj i na taj način se stvaraju optimalni uvjeti za nastajanje oštećenja, u ovom slučaju nasipa. Voda kod profila nasipa uvijek ima jednu slobodnu stranu, stranu niz padinu, koja omogućava da se ona voda koja prodre u donji stroj iz njega prirodnim putem odstrani, ali ujedno takova voda stvara oštećenja koja će ovisno o količini vode odnijeti veće ili manje količine tla.

U prethodnom izlaganju govorili smo o vodi, zapravo o kiši kao glavnoj atmosferskoj oborini, oborini koja je prisutna u svim našim šumskim krajevima u većoj ili manjoj mjeri. Od ostalih vrsta oborina značajnu ulogu ima snijeg.

#### Snijeg — Schnee

Snijeg kao čimilac stvaranja šteta na postojećim šumskim cestama prisutan je u velikoj mjeri u našim brdskim i planinskim terenima. Snijeg kao oborina dolazi gotovo uvijek sa slabijim ili jačim vjetrom, vjetrom koji stvara sniježne nanose koji opet mogu biti različitih veličina, ovisno o konfiguraciji terena. Snijeg svojom težinom može stvoriti manja oštećenja, ali zato površina snijega, koja je u dodiru sa površinom tla polako se topi i na taj način navlažuje tlo. Ova pojava je izrazitija u proljeće, kada dolazi do kopnjenja i stvaranja manjih bujičnih tokova.

Snijeg nošen vjetrom prolazeći kroz različite tipove vegetacije stvara i različite nanose (slika 3).

Na slici je prikazano nanošenje snijega koji je nošen vjetrom prošao kroz razne tipove raslinja:

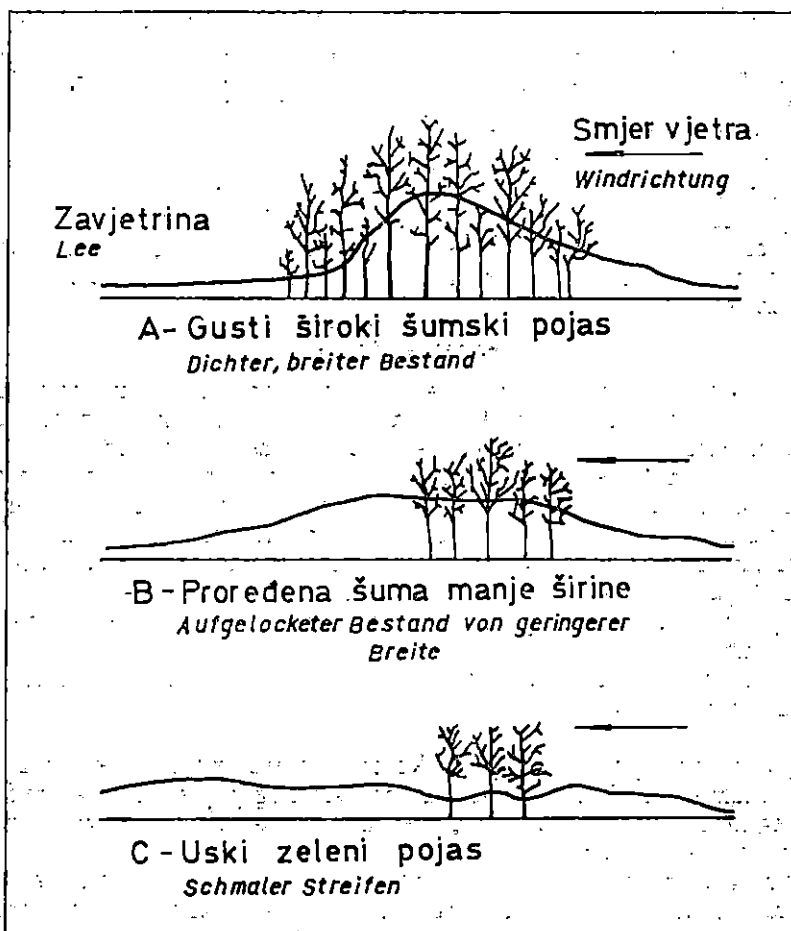
- A — *gusti široki pojas šume*, kod kojeg se snijeg nošen vjetrom zaustavlja između stabala unutar takovog širokog pojasa. Na taj način snijeg koji padne na suprotnoj strani, tj. u zavjetrini znatno je manji i neće se stvarati veći nanosi.
- B — *prorijedena šuma manje širine*, kod nje se snijeg nošen vjetrom samo u manjoj mjeri zadržava između stabala, tako da u zavjetrini postoji mogućnost nastajanja sniježnih nanosa.
- C — *uski zeleni pojas*, on predstavlja pojas u kojem se jačina vjetra malo ublaži i praktično se kroz njega snijeg normalno širi i pada. Ovaj pojas nema neku značajniju primjenu u praksi.

#### Vjetar — Wind

Vjetar kao vanjski uzročnik utječe na stvaranje oštećenja, kao sredstvo pojačanja intenziteta oborina, kiše i snijega. Ranije smo naveli da vjetar stvara sniježne nanose koji opet ovisi o pružanju i položaju ceste na terenu. Kako smo ranije vidjeli, snaga vjetra slabi prolazeći kroz različite prepreke od zasadenog drveća ili grmlja.

Vjetar koji puše bez prisutnosti kiše ili snijega, odnosi samo površinski sloj zemlje, bilo usjeka bilo nasipa i na taj način ne stvara veća oštećenja. Sekundarno se na mjestima gdje je odnesen površinski sloj mogu stvoriti uvjeti za lakši prodor vode u donje slojeve.





Slika — Bild 3. Prikaz nanošenja snijega na površine pod raznim tipovima raslinja: (Lorenz, 1971) — Darstellung der Schneeablagerung auf den Flächen mit verschiedenen Pflanzentypen (Lorenz, 1971)

Svi ovi do sada opisani klimatski činioci u sprezi s tlom glavni su uzročnici nastajanja štetnih oštećenja i deformacija usjeka i nasipa, odnosno zemljanog trupa šumskih cesta. Upotrebom biljaka, ovo negativno djelovanje može se u potpunosti spriječiti.

Štetna oštećenja zemljanog trupa — Schädliche Beschädigungen der Erdgrundstockes

U dosadašnjim razmatranjima govorili smo o činiocima koji utječu na stvaranje oštećenja na šumskim cestama, a sada ćemo govoriti o karakteri-

stičnim oštećenjima zemljanog trupa. Kao dva osnovna karakteristična presjeka šumskih cesta uzimamo usjek i nasip. Na površinama kosina ovih poprečnih presjeka javljaju se različita oštećenja. Glavni problem rješavanja sanacije šumske putne mreže tehničko-biološkim metodama predstavlja upravo oštećenja nastala na gore navedenim površinama.

#### Oštećenja usjeka — Beschädigung der Einschnitte

Uzroci nastajanja oštećenja usjeka mogu biti različiti. Ipak možemo kao osnovne uzroke navesti promjenu prvobitnog otpora zemljišta nastalog u manjoj mjeri kopanjem ili su izradom usjeka poremećeni tokovi površinskih i podzemnih voda.

Oštećenja usjeka (Jeličić, 1979) možemo podijeliti u pet osnovnih grupa, odnosno kategorija:

- 1 — zastorna korita
- 2 — grbine
- 3 — ispadanje materijala
- 4 — odvaljivanje kosina
- 5 — klizanje kosina

#### Ispadanje materijala — Materialausfall

Ovo oštećenje pojavljuje se kod usjeka izgrađenim u različitim vrstama stijena. Djelovanjem vode, sunca, mraza i vjetra pospješuje se nastajanje ovog oštećenja. Količina i veličina kamenog materijala koji padne na površinu kolnika u prvom redu ovisi o trošnosti stijene i utjecaju raznih vremenskih (klimatskih) činilaca.

#### Odvaljivanje kosina — Abwälzung der Böschungen

Ovo oštećenje pojavljuje se kod dubljih usjeka gdje je nagib kosine veći od onog predviđenog za određenu vrstu ili kategoriju zemljišta. Tereni na kojima nastaje ovo oštećenje u najvećoj mjeri su glinoviti ili trošne stijene.

#### Klizanje kosina — Rutschen der Böschungen

Ovo oštećenje karakteristično je za usjeke koji su izgrađeni na vodonosnom sloju ili na mokrim slojevitim terenima. Kod ovog oštećenja dolazi do postepenog odvajanja slojeva zemljišta zbog postojanja vodonopropusnog sloja. Klizanje ovakvih kosina sprječavamo izvođenjem i izgradnjom drenažnih kanala (drenaža).

#### Oštećenje nasipa — Dammbeschädigung

Općenito su uzroci nastajanja oštećenja nasipa vanjski klimatski činioci, koji uvjetuju promjene u ravnoteži unutrašnjih sila — otpora i klizanja. Ova vrsta oštećenja nastaje i zbog loše izvedenosti nasipa, slabe podloge i ostalih činilaca.

Oštećenja nasipa možemo podijeliti u osam grupa, odnosno kategorija (Jeličić, 1979):

- 1 — slijeganje nasipa
- 2 — zastorna korita
- 3 — grbine
- 4 — raspadanje nasipa
- 5 — odvaljivanje nasipa
- 6 — klizanje nasipa
- 7 — podlokavanje kosina nasipa
- 8 — slijeganje podloge nasipa

#### Odvaljivanje nasipa — Dammabwaltung

Ovo oštećenje nastaje zbog prevelikog nagiba kosina, lošeg načina gradnje i ugradnje lošeg građevnog materijala.

#### Klizanje nasipa — Rutschen der Damme

Klizanje nasipa predstavlja oštećenje nasipa, i ono se događa na strmijim padinama, prvenstveno zbog loše izvedenosti i zbijenosti materijala. Klizanje nasipa može biti na pojedinim djelovima nasipa ili cijelog nasipa.

U svakom tipu tla može se napraviti kosina dovoljno visoka i strma da ona izazove lom tla uslijed vlastite težine (Terzaghi, 1972).

Upoznavši se s osnovnim oštećenjima usjeka i nasipa vidimo da su problemi sanacije različiti od oštećenja do oštećenja. Sva ova oštećenja mogu se u potpunosti sanirati pravilnom primjenom biljaka kao samostalnog građevnog materijala ili u kombinaciji s tehničkim građevnim materijalima.

Opisana glavna oštećenja usjeka i nasipa predstavljaju zapravo najjednostavnije primjere oštećenja, odnosno one vrste oštećenja koja su najčešća u našim šumskim cestama. U mnogim slučajevima oštećenja nasipa mogu biti takova da njihovo saniranje predstavlja zapravo izgradnju novog dijela nasipa, onog dijela koji je u potpunosti ili većim djelom uništen djelovanjem vode. Takova oštećenja nasipa najčešća su kod šumskih cesta kod kojih kroz nasip prolaze cijevni propusti. To su oni nasipi koji su izgrađeni na raznim vodotocima.

Kod lošeg projektiranja i kasnije izvođenja cijevnih propusta, pri dolasku visoke vode uslijed udara iste u tijelo nasipa i zatvaranja cijevnih propusta, dolazi do stvaranja manjih akumulacija. Nakon povlačenja vode dolazi do stvaranja odrona, tj. oštećenja nasipa. Ovakovo oštećenje potpomognuto je i velikom količinom površinskih voda koje se slijevaju niz površinu nasipa. Saniranje ovako nastalog oštećenja možemo izvesti u prvom redu izgradnjom potpornih zidova i sadnjom biljaka na golim površinama nasipa.

Da bismo spriječili nastajanje opisanih osnovnih oštećenja usjeka i nasipa, potrebno je zajedno s radovima na izgradnji, kako donjeg i gornjeg stroja šumskih cesta, prići radovima na sadnji grmlja ili drveća ili opet sjetvi sjemena trava ili prizemnog rašča. Površine usjeka i nasipa koje se osiguravaju kod samog izvođenja radova na šumskim cestama u potpunosti će spriječiti stvaranje oštećenja.

METODE RADA KOD TEHNIČKO-BIOLOŠKE SANACIJE ŠUMSKE PUTNE  
MREŽE — ARBEITSMETHODEN BEI TECHNISCHER UND BIOLOGISCHER  
SANIERUNG DES WALDWEGNETZES

Općenito o tehničko-biološkoj gradnji — Allgemeines über  
technisch-biologischen Bau

Kako smo ranije vidjeli, djelovanje vode ima veliki utjecaj kod razaranja površine usjeka i nasipa. Razorna snaga vode povećava se na neuređenim i nesaniranim kosinama usjeka i nasipa. Na svim vrstama zemljišta potrebno je izvršiti čisto tehničko ili kombinirano tehničko-biološko saniranje nastalih oštećenja.

Oštećenja koja su nastala na kosinama nasipa, rješavaju se pomoću gradnje potpornih zidova, i to onda kad se nemože primijeniti biljni materijal ili kada takova gradnja ne bi dala odgovarajuće rezultate. Kako je za sanaciju gotovo svih oštećenja nastalih na zemljanom trupu šumskih cesta moguće primjeniti i biljni materijal, to će predmet našeg daljnjeg rada biti upravo metode i vrste radova kod kojih su biljke glavni građevni materijal. Ova vrsta radova, osim što je jeftinija od klasične gradnje svojim se izgledom uklapa u sredinu u kojoj se izvodi.

Izvođenje radova na tehničko-biološkoj sanaciji moguće je na svim terenima i ono ovisi u prvom redu o pravilnom izboru biljaka kao građevnog materijala. Tehničko-biološka sanacija predstavlja upotrebu trava, grmlja i drveća kao sanacionog materijala.

Svaka od ovih grupa raslinja ima određene zahtjeve koji moraju biti ispunjeni, da bi se moglo normalno razvijati i rasti. Mi ćemo u metodama rada govoriti uglavnom o upotrebi grmlja i drveća, a tek nešto manje o travama. Kod izgradnje šumskih cesta površine usjeka i nasipa ostaju gole i kao takve omogućuju vodi, vjetru i suncu da počinju stvarati površinska oštećenja koja se kasnije mogu i povećati.

Kod strojem građene šumske ceste potrebno je svu plodnu zemlju sa buduće trase deponirati. Plodna zemlja je različitih debljina, ali općenito možemo reći da se ona kreće oko 20 cm. Ovakvo deponirana plodna zemlja služiti će kod sadnje biljaka i ostalih radova biljnim materijalom.

Plodna zemlja — humus, omogućava brži razvoj biljaka bilo da se one razvijaju iz sjemena, bilo da rastu s razvijenim korijenskim sustavom. Na strmim i vlažnim terenima, raspadnutim slojevima i drugim, erozija bi išla do razaranja istih, međutim, zasađivanjem biljaka ovakav sloj zemlje se zaštititi. Biljke kao djelovi flore najbolje zaštićuje tlo od negativnih utjecaja prirodnih sila.

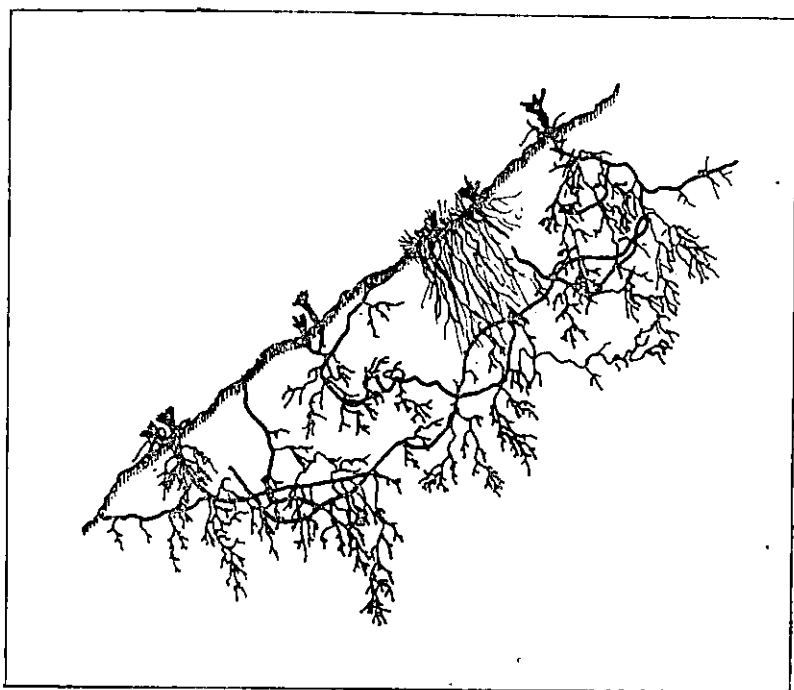
Korijenski sustav zasađenog ili samoniklog bilja predstavlja glavni učvršćivač protiv klizanja površinskih slojeva (slika 4). Prodor korijena zeljastog bilja u prvom redu trava, prodire pod površinu tla otprilike 8 cm.

Na slici 5 prikazan je prolaz korijena breze koji usisava vodu iz vodo-propusnog sloja li joha čiji korijen prolazi kroz ovaj sloj i razvija se u glinovitom sloju.

### Trave kao sredstvo za učvršćivanje kosina — Gräser als Mittel zum Festigung der Böschungen

Trave kao sredstvo za ozelenjavanje i učvršćivanje imaju veliko značenje i primjenu kod javnih cesta, gdje je uz tehničke uvjete gradnje važan i estetski izgled. Kod šumskih cesta estetski izgled nije toliko bitan, tako da se trave malo ili uopće ne upotrebljavaju. Zatravljivanje golih površina usjeka i nasipa nastaje obično prirodnim putem.

Ako je potrebno zatraviti pojedine površine usjeka ili nasip, onda se služimo strojevima. Kod primjene strojeva sjeme se izbacuje na površinu koju treba ozeleniti pomoću vodenog ili zračnog mlaza izmješanog s različitim materijalom koji će omogućiti brži razvoj sjemena.



Slika — Bild 4. Vežanje tla korijenom trava i prizemnog rašća (Lorenz, 1971)  
— Bindung des Bodens durch die Gräserwurzel und Krautschichten (Lorenz,  
1971)

Materijal za sjetvu sjemena primjenom strojne sjetve je sljedeći:

- sjeme
- tresetni prah
- umjetno gnojivo ili žitko blato
- različiti materijali za prihranjivanje
- emulzija od bitumena ili slično.

Prednost upotrebe sjetve strojem je u slijedećem:

- ušteda u radnoj snazi
- veliki dnevni učinak
- zaštita sjemena od rasijavanja i ispiranja
- ozelenjavanje kod terena neprikladnih za ručnu sjetvu.

Sjetva sjemena moguća je na svim terenima i nagibima, a najbolje rezultate daje ako nagib kosine nije veći od 1:1,5. Osim sjetve sjemena drugi način primjene trava je upotrebom travnog busena, tzv. *buseniranje*. Travnj busen predstavlja posijano travno sjeme na plodnu zemlju, koja je određenim zahvatima i radnjama odvojena od ostalog tla (podloge). Preporučljiva debljina busena iznosi oko 10 cm. Kod buseniranja razlikujemo slijedeće tipove busena:

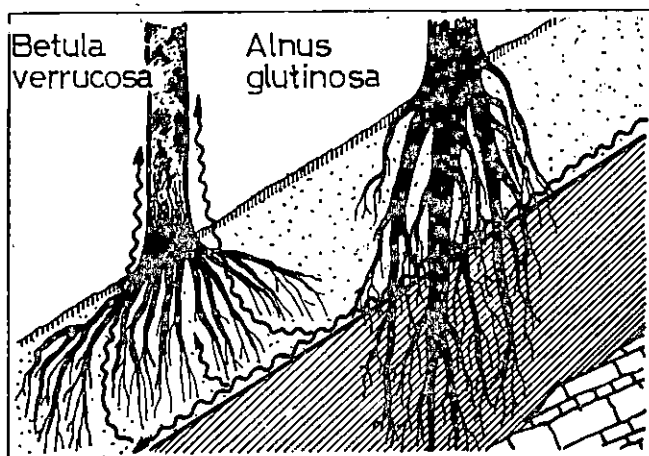
- 1 — kvadratni busen (25—30 cm širine stranice)
- 2 — busen u trakama (30 x 200 cm)
- 3 — travni tepisi (širine 80—100 cm, a dužine do nekoliko metara).

Busen s travom sadrži mnogo rezervne hranjive tvari, tako da je njegova primjena moguća na svim terenima. Za terene zasadene busenom bitno je da imaju mogućnost da busen vlastitim korijenom dođe do vlage prijeko potrebne za normalan razvoj. Najidealnije je da se travni busen upotrebljava na onim terenima — plodnim tlima, gdje će korijenski sustav trava iz busena vrlo brzo doći do hranjivih tvari. Kod stjenovitog terena u prvom redu kod trošnih stijena, korijen trava pronalazi hranjive tvari između pojedinih kamena, u tzv. »džepovima«. Učvršćivanje terena travnim sjemenom ili travnim busenom može se kombinirati s grmljem ili drvećem. Ova sadnja ovisi o položaju na kojem je izgrađena cesta.

Učvršćivanje površina usjeka i nasipa pomoću vrbe — Festigung der Einschnitt und Dammenflächen mittels der Weiden

Trajna zaštita od erozije tla tehničko-biološkim metodama je upravo sadnja vrbovih sadnica — reznica. Vrbove reznice mogu se saditi kao grmovi, pojedinačno ili se od njih izrađuje pleter (poplet). Kod manjih površina kosina, upotrebljava se vrbova reznica koja će kasnije izrasti u grupe grmlja, dok se kod većih kosina, pogotovo usjeka, upotrebljava vrbov pleter. Osnovni princip kod sadnje vrbovih reznica je taj da se one uzmu za sadnju u vrijeme vegetacijskog mirovanja, kad su bez lista, a njihovom sadnjom i dolaskom u tlo počinje vegetacija.

Vrba kao pionirska vrsta u sprječavanju nastajanja erozije površina usjeka i nasipa, stvara preduvjete za rast i razvoj ostalih biljnih vrsta. Vrbova reznica treba mnogo svjetla, ona se sadi debljim krajem postavljenim u tlo i to tako da veći dio reznice ostaje u tlu, ukupno 2/3 dužine. Razvojem korjenskog sustava, vrba počinje vezati čestice tla i na taj način sprječava odnošenje površinskog sloja tla. Tijekom razvoja vrbu treba prikraćivati tako, da na kraju ostane samo razvijen korjenski sustav, koji je u potpunosti spriječio daljnje širenje erozije.



Slika — Bild 5. Prolaz korijena kroz tlo (Lorenz, 1971) — Wurzeldurchgang durch den Boden (Lorenz, 1971)

#### Načini sadnje vrbe na manjim površinama — Pflanzmethoden der Weide auf den kleineren Flächen

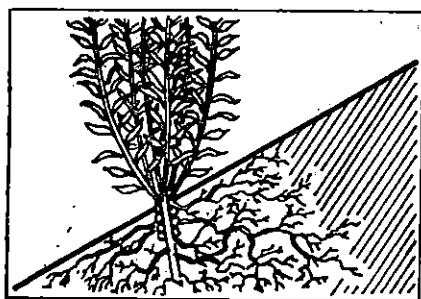
Sadnja vrbe na manjim površinama usjeka i nasipa obavlja se uvijek pomoću vrbovih reznica, pojedinačno ili u određenim grupama odnosno elementima pogodnim za sadnju. Ova vrsta sadnje vrbovih reznica na manjim površinama moguća je na svim vrstama zemljišta na kojima postoji dovoljna dubina plodnog tla. Vrbe kao vrste općenito podnose više vlage, tako da će one biti pravilno posađene na takvom području gdje je veća vlažnost zraka i tla.

#### Načini sadnje vrbe na većim površinama — Pflanzmethoden der Weide auf den grösseren Flächen

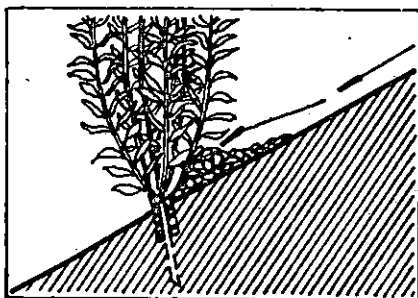
Gradnja velikih površina usjeka ili nasipa prisutna je u prvom redu kod javnih cesta, dok je kod šumskih cesta ona manje prisutna. Površine usjeka i nasipa tako velikih gradnji mogu biti stabilizirani i zaštićeni sadnjom vrbe ili primjenom mehanizacije ili kombinacijom sadnje i radova izvedenih strojem. Strojna gradnja moguća je naročito kod izrade novih nasipa. Kod ovakvih vrsta sadnje, tlo se strojevima odmah nanosi na biljne djelove i na taj način omogućava stopostotan uspjeh sadnje. Ova vrsta sadnje ne može se primjenjivati kod stjenovitih terena.

#### Izrada pletera (popleta) — Ausarbeitung des Weidenflechtwerkes

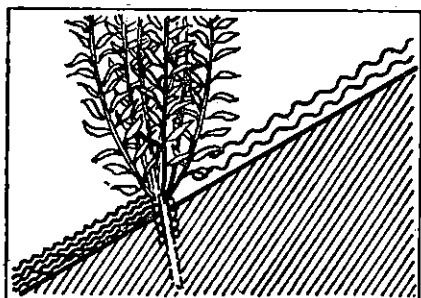
Osim sadnje grmlja u redovima ili pojedinačnom sadnjom vrbovih sadnica postoji način sadnje vrbovih reznica pomoću pletera. Pleter se postavlja tamo gdje je došlo do stvaranja oštećenja zemljanog trupa i gdje po-



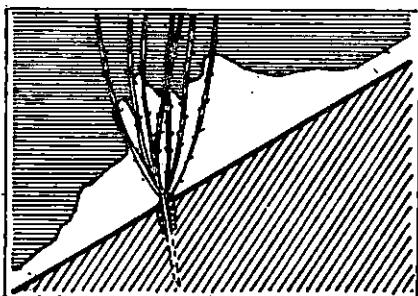
A



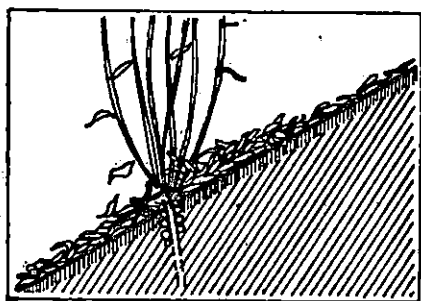
B



C



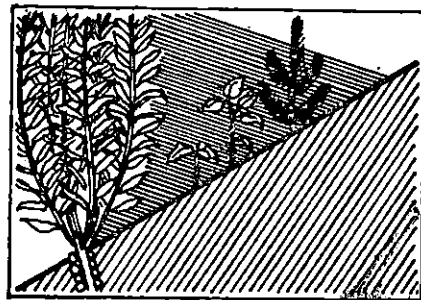
D



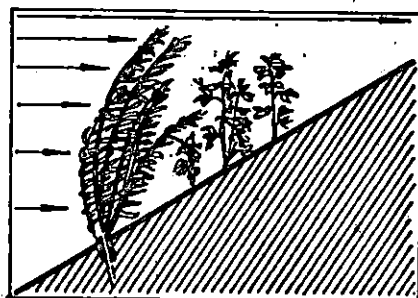
E



F



G



H

Slika — Bild 6. Prikaz korisnog djelovanja vrbovog pletera (Lorenz, 1971)  
 — Darstellung der nützlicher Weidenflechtwerkwirkung (Lorenz, 1971)



stoji mogućnost stvaranja većih oštećenja ili ispiranja tla. Za izradu pletera služe štapovi od vrbovih grana koji se zabijaju u temeljno tlo 20—25 cm iznad površine tla. Oko ovako zabijenih štapova obavijaju se (pletu) vrbove šibe u cik-cak liniji.

Korisno djelovanje pletera prikazano je na slici 6 (slika 6), kako slijedi:

- A — ožiljavanje vrbe (nije prikazano na ostalim slikama na kojima je prikazano korisno djelovanje i uloga pletera),
- B — spriječava zadržavanje odronjenog materijala,
- C — smanjuje brzinu vode koja se slijeva niz padinu,
- D — zadržava snijeg i na taj način povećava vlažnost zemljišta,
- E — otpalo lišće stvara humus,
- F — suvišnu vodu koristi i ostalo okolno raslinje,
- G — svojom sjenom štiti mlado bilje,
- H — štiti mlado bilje i ne jako raslinje od naleta i udara vjetra.

Vrbov pleter može se izvoditi i na neplodnom tlu, kod kojeg će uspjeh sadnje biti nešto manji. Na tlu učvrstnutom pleterom stvoreni su preduvjeti za rast ostalih biljnih vrsta. Pošumljavanje površina zasadenim vrbovim pleterom ili reznicama izvodi se različitim metodama sadnje. Sjemenje vrsta drveća koje raste u sastojini, nošeno vjetrom, past će na ovakvo plodna tlo učvrstnuto vrbovim reznicama i pleterom i iz njega će se razvit drveće. Tako ozelenjene površine postaju u kasnijoj dobi sastavnim djelom sastojine.

Sadnja mladih sadnica različitih vrsta drveća nije moguća kod velikih površina nasipa, jer takva mala stabalca nisu u mogućnosti preuzeti opterećenje tla u takvoj mjeri da ne bi došlo do nastajanja njihovog oštećenja.

Kod osiguranja i učvršćivanja kosina vrbovim sadnicama mogu se upotrijebiti slijedeće vrste vrba: *Salix alba*, *Salix purpurea*, *Salix appedunculata*, *Salix daphnoides*, *Salix nigricans*, *Salix caprea*, *Salix viminalis* i druge.

#### Ozelenjavanje stijena — Felsbegrünung

Kako erozija nije prisutna samo na različitim vrstama tla, već i na stijenama, potrebno je upoznat određene metode kojima se mogu ozeleniti stijene, te na taj način ublažiti razornu snagu vode.

Radovi na ozelenjavanju stijena izvode se za II-kamenitu klasu tla (klasifikacija tla prema JUS-u U.E1.010 1981), i to za slijedeće vrste klasa tla:

- 1 — polučvrsta kamenita,
- 2 — čvrsta kamenita,
- 3 — veoma čvrsta kamenita.

Najbolje rezultate postizemo kod prve polučvrste kamenite vrste koja je po sastavu: laporci, pješčari, srednje vezani konglomerati, raspadnuti škriljci, raspadnuta čvrsta kamenita tla i kod čvrste kamenite klase tla koja je po sastavu: dolomiti, vapnenci, sedimentne metamorfne i eruptivne stijene srednje čvrstoće.

Na šumskim cestama izgrađenim u čvrstim neraspadajućim stijenama (graniti i druge eruptivne stijene) ozelenjavanje nema niti praktičnu niti ekonomsku vrijednost, pa se ono ne primjenjuje. Općenito možemo reći, da ozelenjavanje stijena predstavlja estetsku vrijednost, pa je stoga uloga ozelenjavanja kod zaštite kosina izrađenim u stijenama vrlo mala.

Stijene prošarane pukotinama i ispunjene tlom stvaraju dobre preduvjete za sadnju biljnog materijala.

Sedimentne stijene podložne raspadanju zaštićujemo smanjenjem nagiba i upotrebom biljaka, prvenstveno trava. Na djelovima usjeka gdje nije moguća primjena biljaka kao sanatora upotrijebit ćemo razna tehnička pomagala, u prvom redu zaštitne mreže.

Svi ovi opisani načini sadnje i rada s biljkama vrlo su jednostavni za primjenu i daju izvrsne rezultate. Biljke u potpunosti smiruju teren radom svog korijenskog sustava, pa se zbog toga mogu primjenjivati na svim terenima.

#### Kombinirane metode sadnje — Kombinierte Pflanzungsmethoden

Osim navedenih načina radova postoje i tzv. kombinirane metode gradnje. Ove metode primjenio je i obradio Schiechl M. H. (Zeh, 1979). Prema ovom autoru možemo govoriti o pet osnovnih metoda. Svaka metoda kao osnovni element ima različite biljke i načine sadnje. Radovi s vegetativnim djelovima biljaka pogodnih za razmnožavanje ili sadnjom gotovih, školovanih sadnica bjelogoričnog ili crnogoričnog grmlja i drveća. Kombiniranim metodama dobije se još bolji i čvršćiji gornji površinski sloj tla, jer se kako sama riječ kaže, služimo raznim načinima sadnje ovisno o metodi koja će biti primjenjena.

#### Stabilne gradnje — Stabilbauweisen

Stabilne gradnje izrađuju se od dijelova biljaka sposobnih da izbijaju korijenje i grane iz adventivnih pupova. Ova metoda služi za učvršćivanje temeljnog tla od popuštanja unutrašnjih sila. Kod ove vrste gradnje korijenski sustav ne prolazi u dublje slojeve tla, već se on širi odmah ispod površinskog sloja.

Metoda stabilne gradnje može se primjeniti kako kod velikih usjeka, tako isto i kod velikih nasipa. Mogućnost probijanja korijena kod učvršćivanja ovisi o vrsti materijala kao temeljnog tla.

Gradnja odnosno sadnja vrši se reznicama kao osnovnim materijalom. Kod ove metode služimo se slijedećim metodama rada:

- 1 — Izrada pletera
- 2 — Polaganje reznica
- 3 — Sadnja valjaka od fašina na položene reznice

Maksimalna dubina učvršćivanja iznosi do 2,0 m.

### Kombinirane gradnje — Kombinierte Bauweisen

Kombinirane gradnje izvode se uz pomoć živih i mrtvih djelova biljaka. Kod ovog načina gradnje dolazi odmah do čvrstog vezanja tla. Kombinirana gradnja upotrebljava se kod površina na kojima treba izvršiti zaštitu od odronjavanja površinskog sloja tla, od ispiranja površinskog tla i kod zaštite obale nasipa koji je izgrađen u blizini vodotoka (potoka).

Kod ove gradnje služimo se slijedećim metodama rada:

- 1 — Živa ograda (palisada)
- 2 — Zeleni pragovi
- 3 — Ozelenjeni kameni blokovi

Materijali kod ove vrste gradnje mogu biti osim biljaka još beton, kamen i ostali građevni materijali.

### Biotehnička odvodnja — Biotechnische Entwässerung

Ova metoda zaštite površina usjeka i nasipa i sanacije nastalih oštećenja izvodi se pomoću biljaka i tehničkih građevnih materijala pogodnih za manje odvodnje. Primjenjujemo takve biljke, koje imaju veću sposobnost upijanja vode, što je jedan od načina površinske odvodnje.

Kod ove gradnje služimo se slijedećim metodama rada:

- 1 — Travni žlijeb
- 2 — Drenaža od fašina
- 3 — Sadnja biljaka koje podnose vodu

Ova metoda gradnje primjenjuje se na onim mjestima gdje je potrebno vršiti stalnu odvodnju s površina usjeka i nasipa.

### Zaštitne (površinske) gradnje — Deckbauweisen

Zaštitna gradnja primjenjuje se na onim mjestima gdje je došlo ili može doći do brzog odnošenja površinskog tla. Ova vrsta gradnje upotrebom sjemena i ostalih načina sadnje ispunjava površinu tla (pokriva tlo) i na taj način štiti od štetnog djelovanja površinskih voda, osim toga zaštićuje tlo od udara kiše, tuče i vjetra.

Kod ove gradnje primjenjuju se slijedeće metode rada:

- 1 — Sjetva sjemena
- 2 — Betonski travni elementi
- 3 — Sloj položenih grana — pruća

Strojom sjetvom sjemena postiže se velik učinak, a brzina nicanja sjemena se povećava i na taj način postiže se brzo vezanje čestica površinskog tla i njegovo daljnje osiguranje. Dubina prodiranja korijena — desetak cm, tako da je to površinska metoda vezanja tla.

### Dopunske-naknadne gradnje — Ergänzungsbauweisen

Zadatak ove vrste gradnje je da osigura početnu vegetaciju, koja će kasnije biti nadopunjena u trajno stanje, prirodnim putem.

Kod ove gradnje služimo se slijedećim metodama rada:

- 1 — Sjetva sjemena drveća i ostalog
- 2 — Sadnja baliranih sadnica
- 3 — Sadnja u tresetne lončice
- 4 — Sadnja u jame
- 5 — Sadnja balirane trske

Izbor prave vrste sadnje ovisi o geološkoj podlozi, odnosno vodi i tlu, opasnosti od erozije, ekspoziciji i ostalom. Ovom metodom učvršćivanja više slojeva tla moguća je zaštita nasipa od visokih voda upotrebom kamena i baliranih sadnica trske.

Sve gore napisane i opisane kombinirane gradnje, odnosno načini osiguranja površina usjeka i nasipa moguće je primijeniti kod šumskih cesta. Izbor prave metode ovisi o čitavom nizu činilaca koji utječu na stvaranje oštećenja i o veličini nastalih oštećenja.

### VRSTE DRVEĆA I GRMLJA POGODNOG ZA IZVOĐENJE RADOVA NA SANACIJI ŠUMSKE PUTNE MREŽE — ENTSPRECHENDE BAUM- UND BUSCHWERARTEN ZUM AUSFÜHRUNG DER ARBEITEN AN DER SANIERUNG DES WALDWEGNETZES

U opisanim metodama gradnje — sadnje biljaka kao elemenata potrebnih za učvršćivanje površina kosina usjeka i nasipa i sanaciju nastalih oštećenja, mogu se primijeniti različite biljne vrste. Biljke, ovdje u prvom redu mislimo na drveće i grmlje, osim svojeg tehničkog djelovanja, imaju i estetsku vrijednost, prijeko potrebnu kod javnih cesta.

Za sadnju kod radova na učvršćivanju površina šumskih cesta podložnih oštećenjima upotrebljavamo različite vrste bjelogoričnog grmlja i drveća; vrsta koje podnose promjenu unutrašnjih i vanjskih sila u tlu. Prema Kruedeneru, 1951. razlikujemo slijedeće vrste drveća i grmlja pogodnih za navedene radove.

### Drveće — Bauarten

1. *Abies alba* Mill. — jela
2. *Acer campestre* L. — klen
3. *Acer platanoides* L. — javor mljječ
4. *Acer pseudoplatanus* L. — gorski javor
5. *Aesculus hippocastanum* L. — obični divlji kesten
6. *Alnus glutinosa* Gärtn. — crna joha
7. *Alnus incana* Moench. — bijela joha
8. *Alnus viridis* DC. — zelena joha
9. *Betula humilis* Schrank. — brezica
10. *Betula pubescens* Ehrh. — breza cretuša

11. *Betula verrucosa* Ehrh. — obična breza
12. *Carpinus betulus* L. — obični grab
13. *Castanea sativa* Mill. — evropski kesten
14. *Fagus sylvatica* L. — obična bukva
15. *Fraxinus excelsior* L. — obični jasen
16. *Larix decidua* Mill. — evropski ariš
17. *Picea abies* Karsten — smreka
18. *Pinus sylvestris* L. — obični bor
19. *Populus alba* L. — bijela topola
20. *Populus nigra* L. — crna topola
21. *Populus tremula* L. — trepetljika
22. *Prunus avium* L. — divlja trešnja
23. *Prunus padus* L. — sremza
24. *Quercus petraea* Liebl. — kitnjak
25. *Quercus robur* L. — lužnjak
26. *Robinia pseudoacacia* L. — obični bagrem
27. *Salix alba* L. — bijela vrba
28. *Salix aurita* L. — uhorkasta vrba
29. *Salix caprea* L. — obična iva
30. *Salix cinerea* L. — siva iva
31. *Salix fragilis* L. — krhka vrba
32. *Salix grandifolia* Ser. — velelisna vrba
33. *Salix elaeagnos* Scop. — siva vrba
34. *Salix purpurea* L. — rakita
35. *Salix triandra* L. — bademasta vrba
36. *Salix viminalis* L. — košaračka vrba
37. *Sorbus aucuparia* L. — jarebika
38. *Tilia cordata* Mill. — malolisna lipa
39. *Tilia platyphyllos* Scop. — velelisna lipa
40. *Ulmus laevis* Pall. — vez
41. *Ulmus glabra* Huds. — gorski brijest
42. *Ulmus carpiniifolia* Gled. — poljski brijest

#### Grmlje — Buscharten

1. *Berberis vulgaris* L. — žutika
2. *Corylus avellana* L. — lijeska
3. *Cornus mas* L. — dren
4. *Cornus sanguinea* L. — svib
5. *Crataegus monogyna* Jacq. — jednoplodni glog
6. *Crataegus oxyacantha* L. — obični glog
7. *Evonimus europea* L. — obična kurika
8. *Hippophae rhamnoides* L. — vučji trn
9. *Ligustrum vulgare* L. — kalina
10. *Prunus spinosa* L. — crni trn
11. *Rhamnus cathartica* L. — pasdrijen, krkavina
12. *Sambucus nigra* L. — crna bazga
13. *Sambucus racemosa* L. — crvena bazga

14. *Sarothamnus scoparius* Wimm. — obični zečjak
15. *Viburnum lantana* L. — crna hudika
16. *Viburnum opulus* L. — crvena hudika
17. *Rosa* sp.
18. *Rubus* sp.

Navedene vrste drveća i grmlja upotrebljavaju se u različitim kombinacijama i vrstama radova na učvršćavanju usjeka i nasipa. Vrba kao pionirska vrsta omogućava da se stvore uvjeti za sadnju ostalih vrsta, kako grmlja, tako i drveća. Kombiniranom sadnjom drveća i grmlja omogućava se slabljenje snage površinske vode i vjetra.

Upotrebom šumskog drveća i grmlja kao građevnog materijala, a prema ispitanim vrstama koje posjeduju tehničke karakteristike prijeko potrebne za radove na sanaciji i uređivanju površina kosina, usjeka i nasipa, može se samo njihovom primjenom smanjiti nastala oštećenja.

#### REZULTAT ISTRAŽIVANJA — UNTERSUCHUNGERGEBNISSE

Upoznavši detaljno problematiku istraživanja, metode rada i vrste drveća i grmlja pogodnog za sadnju i izvođenje radova na učvršćavanju površina usjeka i nasipa, možemo vrlo jednostavno rješavati određene stvarne probleme. Za potrebe ovih istraživanja odabrali smo šumske ceste izgrađene na području nastavno pokusnog šumskog objekta Zalesina. Ove ceste su izgrađene ili se nalaze u fazi gradnje na području gospodarske jedinice »Belevine« (tab. 1).

Gospodarska jedinica »Belevine« ima ukupnu površinu od 293,94 ha. Na ovoj površini protežu se šumske ceste u ukupnoj dužini od 5.000 m. Ove šumske ceste prolaze kroz različite šumske zajednice. Na ovoj površini prema Ra u š u, 1980 nalaze se tri šumske zajednice:

1. Šuma jele s rebračom na crvenim laporima  
(*Blechno-Abietetum fagetosum* Rauš)
2. Šuma jele s rebračom i žutim mahom  
(*Blechno-Abietetum hylacomietosum* Horv.)
3. Šuma jele s rebračom i okruglastom bročikom  
(*Blechno-Abietetum galietosum rotundifolii* Horv.)

Geološka podloga na kojoj su izgrađene šumske ceste odnosno na kojima se nalaze ove šumske zajednice jesu:

- karničke (Rabial) naslage
- crni brusilovci, rdasti drobljivi škriljci, kvarcni pijesci i konglomerati.

U šumi jele s rebračom u sloju drveća dominira jela, a uz jelu nalazi se u prvoj subasocijaciji smreka, ali i bukva ima važan udio. Od ostalog drveća nalazi se stalno prisutna jarebika. Svojstvene vrste asocijacije imaju regionalan karakter, ali zajednicu vrlo jasno ograničavaju prema svim dru-

Tabela — Tab. 1. Raspored šumskih cesta u gospodarskoj jedinici »Belevine«  
— Anordnung der Waldwege in der Wirtschaftseinheiten »Belevine«

ODJEL ABTEILUNG	IZGRADENE AUSBAUTE	U IZGRADNJI IN AUSBAU	UKUPNO SUMME
	m		
1,2		7 8 0	7 8 0
3,5,6,7,8	2.2 6 0		2.2 6 0
10,11,12,13,14, 15,16	1.5 8 0		1.5 8 0
15		3 8 0	3 8 0
UKUPNO SUMME (m)	3.8 4 0	1.1 6 0	5.0 0 0

gim zajednicama u istom pojasu. To su vrste: *Blechnum spicant*, *Nephrodium oreopteris*, *Rurhynchium striatum*, *Campylopus flexuosus*, *Melampyrum vulgatum* i dr.

Među ostalim vrstama osobito se ističu svojstvene vrste sveze i reda te pratilice: *Nephrodium dilatatum*, *Vaccinium myrtillus*, *Lucoposium an-notinum*, *Hieracium murorum*, *Luzula nemorosa* i druge.

Asocijacije se dijele u dvije subasocijacije:

a) *Blechno-Abietetum hylacomietosum* Horv. — javlja se u vlažnim staništima, osobito u manjim depresijama.

b) *Blechno-Abietosum galietosum rotundifolii* Horv.

Usljed geološke podloge na kojoj su izgrađene šumske ceste na ovom cijelom području položene su većim ili manjim oštećenjima, kako usjeka, tako i nasipa. Poslije jačih kiša pojavljuju se manje erozije, koje odnose površinski sloj zemlje. Ovaj sloj se ispire i na taj način gubi vezu s podlogom, što stvara mogućnost razornom djelovanju vode.

Istraživanjima je ustanovljeno da površine usjeka i nasipa na navedenim šumskim cestama, koje su izgrađene ili su u izgradnji, dolazi do djelomičnog učvršćivanja sjemenom prizemnog rašča iz navedenih zajednica. Površine usjeka i nasipa nakon izgradnje ostaju gole i na taj način stvoreni su uvjeti da sjeme raznog bilja padne na ove površine.

Nisko rašće koje se ovdje razvija povezuje površinski sloj tla i sprječava njegov odron. Na ovakav teren padne sjeme drveća koje svojim korjenjskim sustavom prolazi u dublje slojeve tla i na taj način izvršava povezivanje površinskih slojeva tla i podloge.

Na površinama usjeka i nasipa na ovim cestama pronađene su slijedeće vrste drveća i grmlja koje imaju tehničke karakteristike pogodne za radove na sanaciji: *Abies alba*, *Sorbus aucuparia*, *Lonicera nigra*, *Rubus idaeus*, *Betula verrucosa*, *Populus tremula*, *Salix caprea*, *Salix cinerea*, *Vaccinium myrtullus*, *Fraxinus excelsior*, *Picea abies*, *Fagus sylvatica* i prizemno rašće iz navedenih zajednica.

Nađene biljne vrste potrebno je primjenjivati kod svih sanacionih radova na postojećim ili budućim cestama, jer su ove vrste pokazale određene pozitivne karakteristike s obzirom na učvršćivanje. Upotrebom ovih biljaka kao učvršćivača terena u potpunosti sprječavamo nastajanje ili širenje oštećenja na šumskim cestama.

Na površinama usjeka i nasipa izgrađenih šumskih cesta na području gospodarske jedinice »Belevine« nije upotrebljavana niti jedna od navedenih gradnji. Razlog tome je taj, što su ove površine malene i kako smo vidjeli, one su sanirane prirodnim putem tj. prirodnim podmlađivanjem.

Ovakva metoda sanacije bit će prisutna u većoj mjeri u svim našim šumskim terenima, dakle tamo gdje su stvoreni određeni prirodni uvjeti. Ovakva sanacija ne nastupa odmah, pa postoji opasnost da prije njene pojave ne dođe do pojave stvaranja oštećenja. Ako bi do toga došlo, onda je potrebno primijeniti neku od opisanih metoda gradnje. Sam odabir metode ovisit će o vrsti i karakteru nastalih oštećenja i mogućnosti primjene okolnog građevnog materijala. Na taj način sama gradnja biti će ekonomičnija i praktičnija i uklapat će se u okolni teren.

#### ZAKLJUČAK — ZUSAMMENFASSUNG

Metodama sadnje odnosno gradnje sa šumskim drvećem i grmljem vidimo da je moguće u potpunosti spriječiti daljnje širenje i nastajanje oštećenja na šumskim cestama. Oštećenja površina usjeka i nasipa diktiraju nam odabiranje pravilne metode rada. Površinska oštećenja odnosno deformacije, kako smo vidjeli, moguće je u cjelosti spriječiti upotrebom trava i niskog grmlja koje ima bogato korijenje. Dubinske ili veće deformacije sprječavamo kombiniranim metodama gradnje, metodama koje nam omogućavaju i primjenu tehničkih građevnih materijala.

Kod terenskog istraživanja utvrđeno je da su biljke u potpunosti ili djelomično spriječile površinska oštećenja. Upravo na istraženim površinama pronađene su biljne vrste sa tehničkim karakteristikama, pogodnim za tehničko-biološku gradnju.

Gradnjom i izvođenjem radova s biljkama na površinama usjeka i nasipa stavljamo u potpunu vezu sve prirodne elemente i na taj način ne narušavamo određene odnose koji u prirodi vladaju. Tako smanjujemo daljnje nastajanje i širenje oštećenja i omogućavamo prirodnim elementima kojim gradimo da se međusobno upotpunjuju i učvršćuju.



Budućnost radova na saniranju šumskih puteva, isto tako i javnih, tehničko-biološkim metodama gradnje poprimit će još veći značaj. Biljke kao građevni materijal postaju nepresušan izvor za izvođenje različitih kombinacija gradnje. Ovaj materijal nalazi se u neposrednoj blizini radilišta i na taj način smanjuju se troškovi radova na sanaciji.

Općenito možemo reći da tehničko-biološku sanaciju treba primjenjivati svugdje, gdje za to postoje određeni prirodni uvjeti i ekonomska opravdanost.

#### LITERATURA — LITERATUR

- Jeličić, V., 1979: Šumske komunikacije II, Šumski putevi, Projektiranje (skripta); 76—88, Sarajevo.
- Kruedener, A., Ingenieurbiologie, München/Basel, 9—164.
- Lorenz E. H., 1971: Trassierung und Gestaltung von Strassen und Autobahnen, 238—346, Wiesbaden/Berlin.
- Rauš Đ., 1980: Šumarska fitocenologija (skripta), drugo ispravljeno i dopunjeno izdanje, Poseban dio, 150—345, Zagreb.
- Schiechtl, M. H., 1978: Ingenieurbiologie — Methoden und Anwendungen, Verbauungsmöglichkeiten im Rahmen des Nationalstrassenbaues in Leventina, Schweizerische Bauzeitung 51/52: 988—999, Zürich.
- Zeh H., 1977: Ingenieurbiologische Bauweisen. Tagungsbericht über »Bauen mit Natur«, Schweizerische Bauzeitung 13: 187—191, Zürich.
- Zeh H., 1979: Böschungsstabilisierungen mit ingenieurbiologischen Methoden. Ein Baustellenbericht, Schweizer Ingenieur und Architekt 47: 961—966, Zürich.
- J U S U. El. 010, 1981: Zemljani radovi u izgradnji puteva, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd.
- Terzaghi, 1972: Teorijska mehanika tla, Naučna knjiga 118—120, Beograd.

DRAGUTIN PIČMAN

## TECHNISCH UND BIOLOGISCHE SANIERUNG DES WALDWEGNETZES

### *Zusammenfassung*

Mit den Pflanzungsmethoden nämlich Bauweisen mit den Waldbäumen und den Buschwerk sehen wir, dass es möglich ist im ganzen die weitere Verbreitung und die Entstehung von Beschädigungen der Waldwege zu verhindern.

Die Beschädigungen der Einschnitt- und Dammlflächen diktieren uns die Auswohl der richtigen Arbeitsmethoden. Die Beschädigungen der Oberflächen nämlich die Deformationen wie wir gesehen haben, kann man mit Verwendung von Gräser und mit niedrigen Buschwerken, welche reich am Wurzel sind, im ganzen verhindern. Deformationen in der Tiefe oder grössere Deformationen werden wir mit kombinierten Bauweisen aber auch mit solchen Methoden die Anwendung des technischen Baumaterials ermöglichen.

Bei der Geländeuntersuchungen wurde es festgestellt, dass die Pflanzen die Flächenbeschädigungen im ganzen oder teilweise verhindert haben. Gerade bei der Flächenuntersuchungen wurden die Pflanzengattungen mit den technischen Charakteristiken gefunden, die für technisch-biologische Bauweise geeignet sind.

Mit dem Bau und mit ausführung der Arbeiten mit den Pflanzen auf der Oberfläche der Einschnitte und Damme stellen wir in völlige Verbindung alle Naturelemente, und auf diese Weise stören wir nicht die bestimmten Verhältnisse, die in der Natur herrschen. So verminder wir weitere Entstehungen und eine Verbreitung der Beschädigungen, so auch ermöglichen wir den Naturelementen mit denen wir bauen, dass sie sich vervollständigen und befestigen.

Die Zukunft der Arbeiten an der Sanierung der Waldweg, wie auch an der öffentlichen mit technischen-biologischen Methoden der Bauweise wird so die grössere Bedeutung bekommen. Die Pflanzen als Baumaterial werden eine unversiegbare Quelle zum Ausführung verschiedener Baukombinationen. Dieser Material befindet sich in der unmittelbarer Nähe der Arbeitsstelle und somit vermindern sich die Unkosten der Sanierung.

Im allgemeinen können wir sagen, dass man die technisch-biologische Sanierung überall dort verwenden soll, wo dafür die bestimmten natürlichen Bedingungen und ökonomische Berechtigungen bestehen.

Eingegangen am 11. Februar, 1985.

Akzeptiert am 31. März, 1985.

Die Adresse des Autors:

Forstliche Fakultät  
41001 Zagreb, Postfach 178  
Jugoslawien