

REPUBLIKA SRBIJA
PROJEKAT REHABILITACIJE TRANSPORTA

**PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE
PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI**

7 PUT I ŽIVOTNA SREDINA

7.3 ZAŠTITA PUTEVA OD UTICAJA OKOLINE

Izdavač: Javno preduzeće Putevi Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 282, Beograd

Izdanja:

| Br. | Datum | Opis dopuna i promena |
|------------|--------------|------------------------------|
| 1 | 30.04.2012. | Početno izdanje |
| | | |
| | | |
| | | |

SADRŽAJ

| | | |
|---------|---|----|
| 7.3.1 | ZAŠTITA OD EROZIJE..... | 1 |
| 7.3.1.1 | Uvodni deo | 1 |
| 7.3.1.2 | Mere za zaštitu od erozije | 2 |
| 7.3.2 | ZAŠTITA OD ODRONA I SNEŽNIH USOVA | 15 |
| 7.3.2.1 | Uvodni deo | 15 |
| 7.3.2.2 | Mere za zaštitu | 15 |
| 7.3.3 | ZAŠTITA OD VETRA I SNEŽNIH NANOSA | 19 |
| 7.3.3.1 | Uvodni deo | 19 |
| 7.3.3.2 | Dejstva vetra..... | 19 |
| 7.3.3.3 | Zaštita od neposrednih dejstava vetra | 20 |
| 7.3.3.4 | Zaštita od snežnih nanosa | 20 |
| 7.3.4 | ZAŠTITA OBJEKATA OD VIBRACIJA | 23 |
| 7.3.4.1 | Uvodni deo | 23 |
| 7.3.4.2 | Analiza stanja objekta..... | 23 |

7.3.1 ZAŠTITA OD EROZIJE

7.3.1.1 Uvodni deo

Zemljište na kojem je građen put mora da se učvrsti do te mere i tako da prirodni procesi ne mogu da ugroze stabilnosti samog putnog tela i putnih objekata, kao što su nasipi, mostovi i druge slične građevine.

Inženjersko-biološke mere kod uređivanja prostora uz puteve su često jedine koje se kod građenja puteva uzimaju u obzir za zaštitu životne sredine. Pored ove ključne uloge zadatak inženjersko-bioloških mera je obezbeđivanje stabilnosti kolovoza i objekata kao i zemljišta uz puteve.

U ovom priručniku upotrebljeni stručni termini imaju sledeće značenje:

Brazdanje (furrowing, Furchen) predstavlja način oštećenja na kosinama ili padinama zbog ispiranja (erozije) u obliku šiljastog jarka.

Erozija (erosion, Erosion) označava pojavu kod koje vučna sila tekuće vode na kosinama i padinama postepeno odronjava sitna kao i potporna zrna opterećenog tla odnosno narušava skelet tla do rušenja.

Ozelenjavanje (planting, Begrünung) predstavlja mere za zaštitu i učvršćenje planiranih zemljišta sa zatravljivanjem ili zasađivanjem.

Poplet (hurdie work, Flechtwork) predstavlja način zaštite i učvršćenja ozelenjavanja na kosinama i padinama prepletenim šibljem uz zabodene kolce.

Retencioni jarak (retention ditch, Zurückhaltungsraben) je jarak namenjen za zadržavanje po površini otičuće vode.

7.3.1.1.1 Karakteristični oblici erozije

Utvrđivanje padina i kosina, iskopa i nasipa treba obezbediti i u slučajevima kada njihova nestabilnost ne ugrožava put i saobraćaj na njemu. Radi se o čistoj sanaciji oštećenih zemljišta. Tom zahtevu treba pridodati i zaštitu od erozije na ogoljenim površinama, koja može biti za stabilnost puta i objekata na njemu beznačajna, ali je zato nepovoljna za okolinu puta - na primer za vodene tokove ili susedna zemljišta. Režim voda kao i površinskog oticanja vode na razorenim površinama treba urediti budući da je voda najvažniji razlog za nestabilnost zemljišta.

Na područjima izloženim vetru eroziji vodom se pridružuje erozija vetrom (eolska erozija); to je proces odnošenja, prenošenja i odlaganja delića zemljanog materijala zbog delovanja vetra. Zimi se na područjima koja su pokrivena snegom, pojavljuje još i snežna erozija, koja prouzrokuje klizanje i odronjavanje snežnog pokrivača na nagnutoj podlozi. Blagovremeno treba onemogućiti sve navedene faktore (voda, vetar, sneg), koji ograničavaju razvoj vegetacije.

7.3.1.1.2 Uticaji erozije na puteve

Pomoću inženjersko-bioloških mera neophodno je sprečiti ili ublažiti pluvijalnu, površinsku vodnu i snežnu eroziju, kao i eroziju usled vetra. Potrebno je sprečiti štetno ispiranje zemljišta i onemogućiti razvoj gorih oblika erozije, posebno erozije vodom - brazdaste, jarkaste i bujične erozije. Potrebno je utvrditi i klizeće i uslovno stabilne padine i kosine. Ukoliko inženjersko-biološki zahvati nisu uspešni, tlo je pre svega potrebno stabilizovati zahvatima koji su poznati iz mehanike tla: isušivanjem i preraspoređivanjem masa materijala, kao i podupiranjem padina i kosina. Tek na prethodno stabilizovanim padinama i kosinama može se početi sa unošenjem vegetacije, i to sa tzv. biotehničkim radovima. Biotehničko utvrđivanje i osiguravanje padina i kosina uz puteve mora da bude deo protiverozione zaštite rušivih i narušenih zemljišta. Protiveroziona zaštita kosina mora da bude što potpunija, budući da eroziona pojava, koje inače imaju praktično zanemarljiv uticaj na narušavanje ravnoteže među rušivim i stabilizirajućim silama u širem prostoru, mogu da prouzrokuju teška oštećenja na saobraćajnicima i time znatno ugroze bezbednost saobraćaja.

Potreba za zatravljivanjem i zasađivanjem pogođenih zemljišta građevinskim merama je neizbežna, ukoliko se želi obezbediti stabilnost tla na takvim zemljištima, bez obzira na sve druge mere. Zasađivanje rastinja zato mora da bude neodvojiv deo svih inženjersko-bioloških mera. Različito rastinje, koje građevinske mere izlože novim uslovima rasta, treba zaštititi, na primer zasađivanjem ivice šume za njenu stabilizaciju, popunjavanjem oštećene žive ograde, rastinjem uz vodu, drvoredima i tako dalje.

Pomoću inženjersko-bioloških mera na padinama i kosinama uz puteve obnavlja se vegetacija, i to najčešće na goloj površini, kao i na površinama sa nerazvijenim ili slabo razvijenim zemljištima. Na takvim površinama

kišne kapi doslovno bombarduju tlo i uništavaju njegovu strukturu, dok površinski otičuća voda neometano ispira deliće zemljanog materijala, pravi brazde i jarke, i time sprečava razvoj vegetacije prirodnim putem.

Bez doslednog uzimanja u obzir ključnih stručnih načela i pravilnog redosleda izvođenja biotehničkih mera, utvrđivanje padina i kosina sa vegetacijom nije uspešno, ili je uspeh samo privremen, odnosno rezultati su mnogo slabiji nego što je to neophodno.

Stoga je na padinama i kosinama pre svega neophodno stvoriti što adekvatnija mesta za naseljavanje i razvoj vegetacije (zemljišni uslovi, ograničavanje ispiranja tla, sprečavanje povratne erozije, uređenje režima voda, ograničavanje klizanja i odronjavanja snežnog pokrivača, pravljenje zaštite od vetra,...), a zatim je formirati na u ekološkom i ekonomskom smislu najadekvatniji način i negovati je do potpunog preuzimanja svih funkcija, a posebno njene zaštitne funkcije.

Biotehničke mere moraju pored funkcionalnosti da obezbede i odgovarajući estetski učinak, budući da imaju važnu ulogu u oblikovanju izgleda okoline. Njihovo kvalitetno projektovanje i izvođenje veoma su važni za odgovarajuće uklapanje putnog tela u okolinu. Kod toga se ne sme izgubiti iz vida da je taj vidik nadgradnja funkcionalnog vidika i njemu je i podređen.

7.3.1.2 Mere za zaštitu od erozije

U načelu je neophodno da padine uz puteve kao i kosine nasipa i useka nakon uspostavljanja uravnoteženog stanja (ustaljivanje nagiba, vodnog režima itd.) postepeno zarastaju prirodnim putem.

Zbog neuređenosti vodnog režima bi ipak u toku postepenog zarastanja moglo nastati osetno preoblikovanje površine (brazdice, brazde, jarkovi itd.), a lokalno bi došlo do oblikovanja novih - stalnih erozionih jarkova. Prirodno zarašćivanje bi se odvijalo tako da bi gola tla najpre naselila pionirska vegetacija, a zatim bi se na vezanom i postepeno poboljšanom tlu naselile nove biljne zajednice, i to svaki put sve višeg razvojnog stupnja.

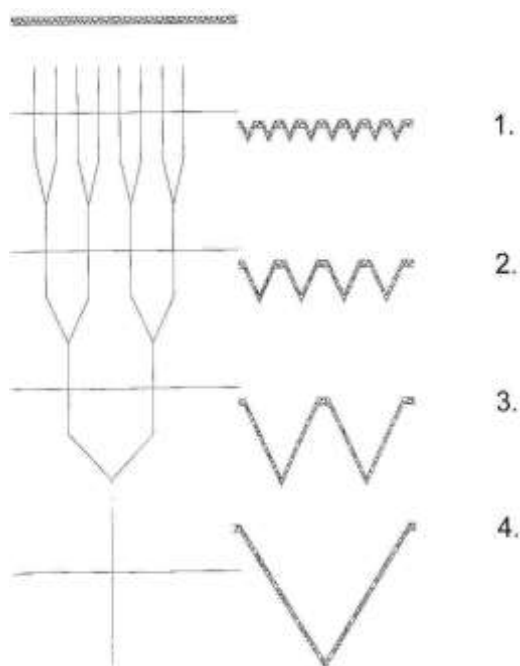
Stoga se kod uređivanja kosina i padina uz puteve, od kojih zavisi bezbednost

saobraćaja, pokušava posebnim tehnikama, koje zahtevaju bitno manje vremena, pratiti prirodan razvoj vegetacionih sukcesija.

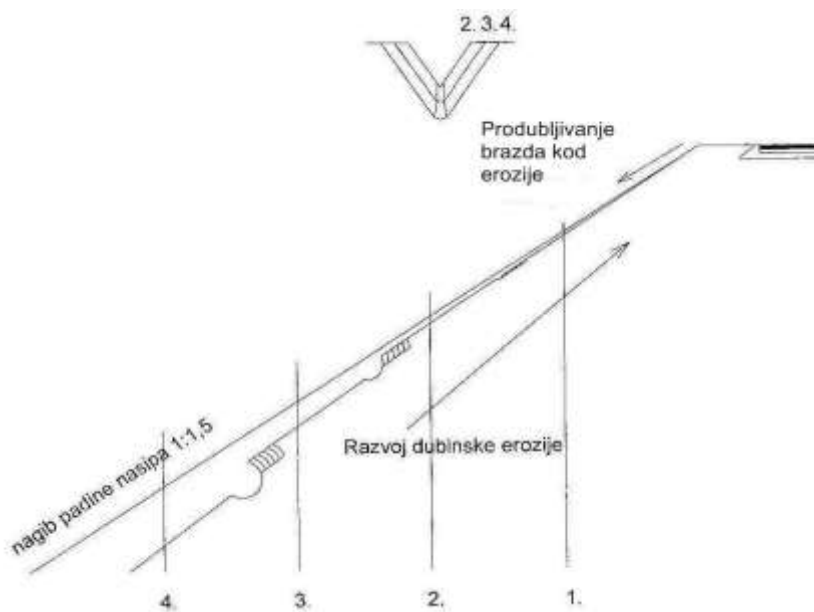
Različite metode vegetativnog utvrđivanja narušenih zemljišta su neophodne budući da na zemljištima postoje veoma različiti prirodni uslovi. Prekomerno uopštavanje i neprimerena upotreba pojedinih metoda često su se pokazali manje uspešnim. Istovremeno, ne sme se zaboraviti ni na troškove, jer je izbor najprimerenije metode kako stručna tako i ekonomska odluka. Sa gledišta prilagođenosti prirodnoj okolini poželjna je upotreba onih metoda kod kojih je potrošnja energije najmanja, budući da baš te metode najbolje podržavaju prirodne procese.

Inženjersko-biološke mere za zaštitu od erozije čine dve grupe radova:

- građevinsko-tehnički radovi (priprema padina i kosina, uređenje vodnog režima, pravljenje zaštite od vetra, ograničavanje klizanja snežnog pokrivača),
- biotehnički radovi (stvaranje vegetacione zaštite radi zaštite od pluvijalne erozije kišnim kapljicama i površinsko vodene erozije ispiranjem (slika 7.3.1.1 i 7.3.1.2).



Slika 7.3.1.1: Šematski prikaz razvoja brazdanja kod dubinske erozije na padini ili kosini



Slika 7.3.1.2: Šematski prikaz oblikovanja erozionih brazdi

Vegetativno utvrđivanje padina i kosina je lakše kad je pažljivo napravljen projekat saobraćajnice (nažalost je veoma čest potcenjivački odnos prema problemu mehanike tla i obnove vegetacije) i što kvalitetnije i stručno korektnije izveden, što je posebno važno kod dubokih useka, zaseka i visokih nasipa.

7.3.1.2.1 Građevinsko-tehnički radovi

Građevinsko-tehničke radove potrebno je po pravilu izvesti pre biotehničkih, budući da su baš oni preduslov za uspešnost biotehničkih radova. Izvode se na tek geomehanički ustaljenom ili već stabilnom zemljištu, jer vegetacijom nije moguće rešiti probleme mehanike tla. Ukoliko je poželjno zemljište uz puteve prilagoditi prirodnoj okolini, veoma je poželjno da nagib zemljišta nije ravnomeran, nego promenljiv kao što je to i u prirodi. Ovu promenljivost je moguće stručno i korektno izvesti jedino projektovanjem različitih nagiba, ali kod toga svi nagibi moraju da budu manji od prirodnog ugla nagiba zemljišta, odnosno od najnepovoljnijeg sloja zemljanog materijala.

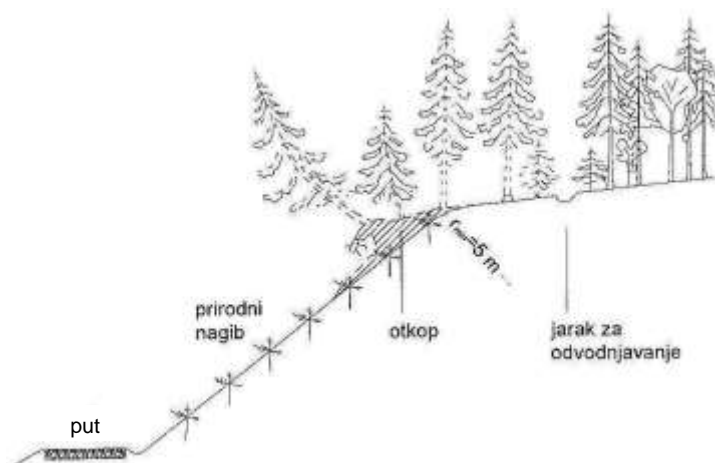
Često je potrebna i zaštita podnožja padine i kosine od izjedanja (što je posebno važno kod vodenih tokova i kod odvodnjavanja sa putnog tela). Pre svega je potrebno zemljište prethodno oblikovati tako da se na predelima gde dolazi do procesa raspadanja uklone svi grebeni i lokalne strmine čiji je prirodni ugao stabilnosti zemljišta veći nego kod mokrih

zemljišta. Potrebno je poravnati brazde i jarkove.

Posebnu pažnju je potrebno posvetiti gornjim ivicama kosina na usecima. Radi sprečavanja povratne erozije, osipanja i provaljivanja zemljišta, kao i nepovoljnog delovanja visokog drveća i smrzavanja na gornjoj otkopnoj ivici, kosinu odnosno padinu treba oblikovati na shodan način (slika 7.3.1.3). Otkopna ivica treba da dobije zaobljen oblik sa minimalnim poluprečnikom 5,00 m. Poželjno je da se sa porastom visine kosine odnosno padine povećava poluprečnik zaobljenosti. Tako zaobljene otkopne ivice nekad bez preloma prelaze u prirodni, obrasli deo više ležećeg zemljišta.

Drveće treba na odstojanju od najmanje 5,00 m od tako zaobljene gornje ivice kosine/padine poseći kako bi se sprečio nepovoljni uticaj usled njihanja izazvanog vetrom na mehaničku povezanost zemljišta.

Na delovima kosine/padine gde je potrebna seča drveća nije dozvoljeno čupanje panjeva, budući da bi se u tako nastalim jamama sakupljala voda, koja bi koncentrisanim razmekšavanjem zemljišta mogla da prouzrokuje njegovo puzanje. Povoljan učinak panjeva se vidi kod mehaničkog vezivanja tla sa njegovim korenskim sistemom, a panjevi ujedno pružaju osnovu za vegetativno razmnožavanje i time nastanak novih, visinsko primerenije oblikovanih šumskih sastava.



Slika 7.3.1.3: Šematski prikaz uređenja i utvrđenja kosine/padine

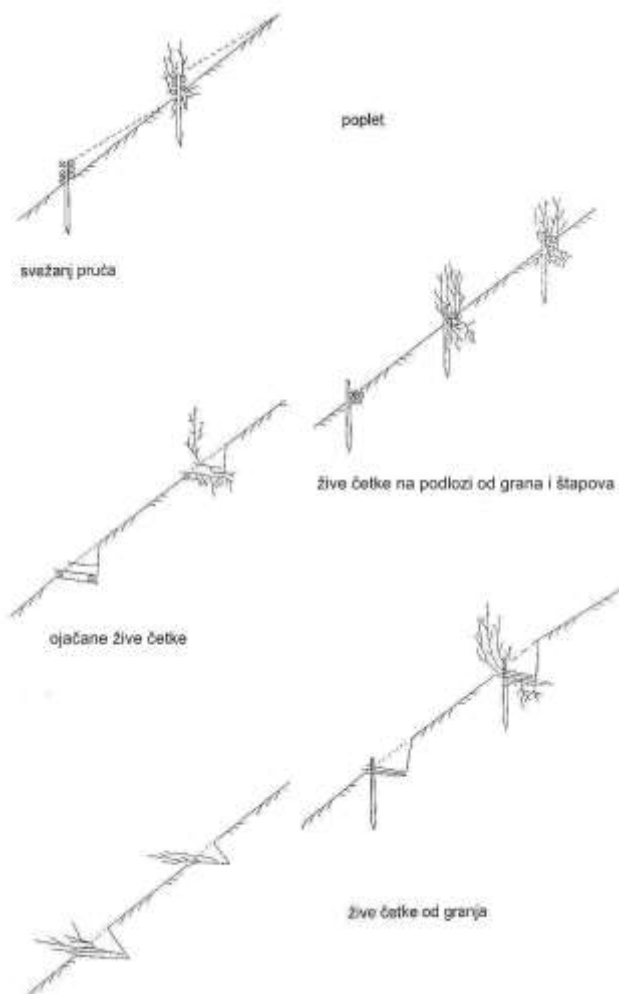
Vodu koja se sliva po površini zemljišta prema otkopnoj ivici kosine, potrebno je prethodno uhvatiti i preusmeriti je na stabilno zemljište koje nije pogođeno građenjem, ili je bar na odgovarajući način raspršiti.

Poljoprivredne površine, gde se u izoranim brazdama koncentriše površinsko otičuća voda, i tako istovremeno omogućava njeno bolje prodiranje i s tim u vezi povećavanje vlažnosti potencijalnih klizećih slojeva, kao i klizanje kosina/padina, nisu poželjne na padinama iznad otkopnih kosina. U slučajevima gde zbog drugih interesa, posebno vlasničkih, poljoprivredno korišćenje zemljišta nije moguće nadomestiti, obavezno treba da se primenjuje što pliće oranje duž izohipse, a ujedno treba da se sačuva, bar srazmerno širok, zaštitni pojas iznad otkopne ivice, koji treba da bude zasađen grmljem.

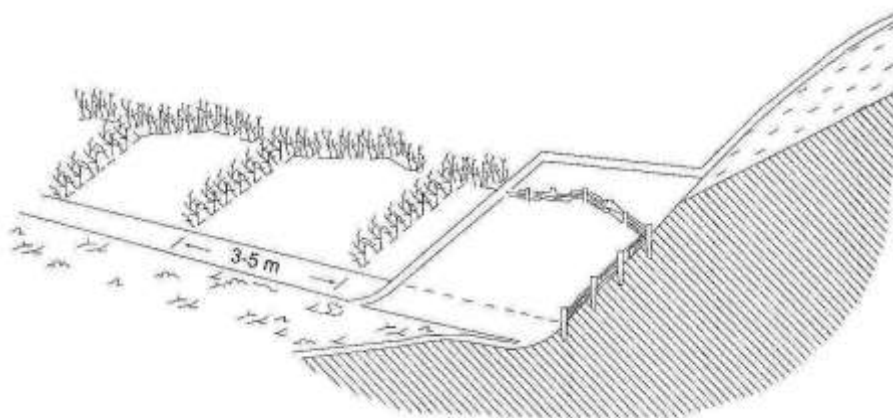
Sledeći korak kod stručno pravilnog biotehničkog utvrđivanja i zaštite putnih kosina, kako u usecima tako i na nasipima, jeste uređenje vodnog režima na kosinama. Ukoliko su kosine dovoljno duge, otičuća voda po njima razvija dovoljno veliku erozionu silu, tako da površinsko ispiranje zemljanog materijala može da pređe u različite oblike dubinske erozije. Najpre dolazi do pojave malih erozionih brazda, dok produžavanje koncentracije vodenih tokova povećava erozionu silu, i tada se pojavljuju sve gori oblici dubinske erozije - brazde, jaruge i sl. Poseban problem je još i povratna erozija koja je posledica potkopavanja padajuće vode preko mestimično otpornijih delova kosine i završava se premeštanjem jarka u novo ravnotežno stanje (slika 7.3.1.1).

Ukoliko se ne uklone uzroci za razvoj dubinske erozije, to jest koncentraciju površinskih vodenih tokova - ograničavajućeg ekološkog faktora, svako unošenje i razvijanje vegetacije je osuđeno na propast.

Što veće raspršivanje površinskih vodenih tokova je, dakle, važno za sprečavanje razvoja površinske i dubinske vodene erozije, a ujedno je poželjno i radi poboljšavanja vegetacionih uslova. Kosine na putevima su većinom sušna područja gde nedostatak vode, kojeg prouzrokuju kako prebrzo površinsko oticanje vode tako i nerazvijena struktura zemljišta, u velikoj meri ograničava razvoj rastinja. Zato je raspršivanje površinskih vodenih tokova, koje ujedno omogućava, koliko je to moguće, ravnomerno vlaženje tla, veoma poželjno za razvoj vegetacije. Postiže se sa pravljenjem popleta, živih četki, terasa, gradona, policama, malih zidova za zaštitu od ispiranja, popleta na policama, grmovitih građa, ozelenjavanjem sa kordonskim sađenjem i brojnim drugim zahvatima (slika 7.3.1.4 i 7.3.1.5). Često se upotrebljavaju kombinacije različitih pomenutih tehničkih radova. Za sve navedeno je karakteristično da se izvodi, više ili manje, po izohipsama. Ukoso po padini odnosno kosini izvodi se jedino kada se ograničavaju male površine koje su povezane sa učvršćenim žlebovima za odvođenje površinskih voda, budući da ovakvo izvođenje zbog dinamike inače prouzrokuje i ubrzava nastanak i razvoj površinske i dubinske, vodom prouzrokovane erozije.



Slika 7.3.1.4: Postupci za raspršivanje vode, vlaženje zemljišta i za vegetativno utvrđivanje kosina i padina



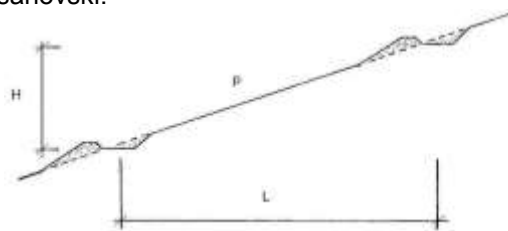
Slika 7.3.1.5: Razvijeno postavljanje popleta za raspršivanje vode

Raspoređivanje mera za raspršivanje vode po izohipsama ne sme da bude kruto, jer je s gledišta uređenja okoline poželjno da se izbegavaju "školska pravila" raspoređivanja. Sloboda oblikovanja je veoma poželjna.

Primer za to daje šumsko rastinje u prirodnoj okolini sa svojim rasporedom u obliku buketa i malih grupa; više ili manje vodoravan tok ipak podrazumeva globalno i funkcionalno ograničenje.

Razmak između pojedinih vrsta tehničkih mera za raspršivanje površinskih voda i vlaženje zemljišta zavisi od sastava tla i nagiba padine ili kosine. Sa smanjivanjem granulacije, povećanjem nekoherentnosti tla i sa povećavanjem nagiba zemljišta, smanjuje se razmak među terasama, policama i sličnim uređenjima. Njihovo preporučeno međusobno rastojanje se može videti na slici 7.3.1.6. i u tabeli 7.3.1.1. Kod najčešćeg nagiba kosina odnosno padina uz puteve, a to je 1 : 1,5, i manje više prosečne koherentnosti zemljišta koje ih sastavlja, izvode se na svakih 5,5 m do 7,4 m visine

padine. Njihov raspored može biti linijski ili šahovski.



Slika 7.3.1.6: Šematski prikaz mreže protiverozionih jarkova - bermi

Tabela 7.3.1.1: Međusobna horizontalna udaljenost tehničkih mera

| Nagib padine p | % | 3 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 50 | 80 |
|---------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Visinska razlika H | m | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 3,8 | 4,0 | 4,3 | 4,5 | 5,0 | 5,8 |
| Horizontalna udaljenost L = H/p | m | 67,0 | 50,0 | 30,0 | 23,0 | 19,0 | 16,0 | 15,0 | 13,0 | 10,0 | 7,0 |

Za raspršivanje vode primenjuju se različite tehničke mere.

7.3.1.2.1.1 Infiltracione terase (berme)

Prikladne su za položite padine i kosine sa nagibima do 30%. Infiltraciona terasa je u poprečnom preseku slična putu u zaseku. Grade se u sistemu, na celoj površinskom erozijom pogođenoj padini. Uzdužni i poprečni padovi terasa su takvi da voda koja na njih doteče sa površina među njima uglavnom ponire u tlo, dok višak polako otiče prema prijemniku - i to onda kada je reč o naletu veće količine vode. Učinak terasa je višestruko koristan: površinska erozija prestaje odmah nakon izgradnje, brazde počinju da zarastaju, povećavaju se prodiranje vode i vlažnost u zemljištu, obnavljaju se pedogenetski procesi. Zbog smanjenja površinskog oticanja i većeg prodiranja podiže se nivo podzemne vode i poboljšava vodni režim okolnih vodenih tokova i smanjuje nanošenje sitnog zrnatog materijala. Omogućeno je poljoprivredno korišćenje zemljišta ili pošumljavanje.

Razmak između terasa mora biti takav da se voda među pojedinim terasama ne može previše koncentrisati i početi da brazda površinu. Okvirni podaci za proračun

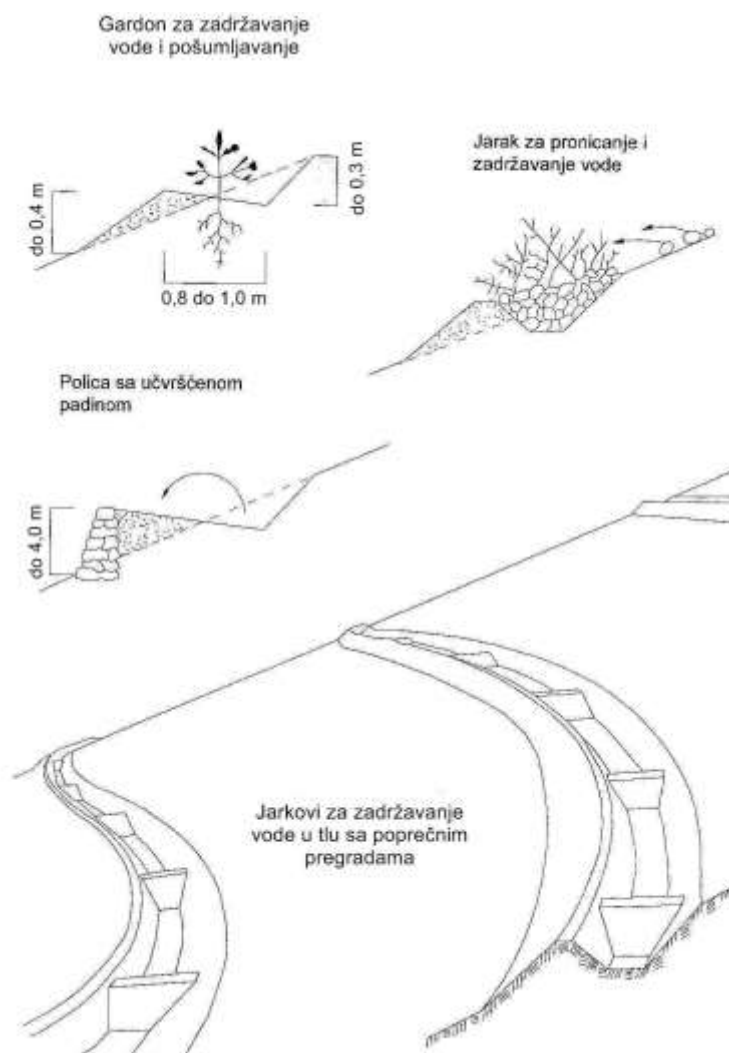
razmaka nalaze se u tabeli 7.3.1.1. Dužina terase je ograničena količinom vode, koja može kontrolisano da otiče po njoj do prijemnika.

Uzdužni pad terase zavisi od nagiba padine ili kosine, količine vode i apsorpcione sposobnosti zemljišta. Potpuno vodoravne terase mogu da se koriste na položenijim padinama sa nagibima do 4%. Inače su uzdužni padovi uobičajeno od 0,2 do 0,5%. Poprečni presek terase može da bude u obliku kanala ili da ima nasip na spoljnoj ivici.

7.3.1.2.1.2 Terasa za pošumljavanje

Terasa su namenjene za pripremu terena za sadnju sadnica drveća. Uobičajeno su u obliku polica širine 80 do 90 cm sa planumom, nagnutim prema padini/kosini (nagib oko 30%), iskopanih u smeru izohipsa sa uzdužnim padom 0,5% (vodoravne su samo, ako je teren veoma propusan).

Kod veoma strmih nagiba padina/kosina (iznad 50%) potrebno je nasip terase podupreti sa oblogom ili zidom od kamena na suvo (slika 7.3.1.7) ili sa ojačanim popletima.



Slika 7.3.1.7: Terase, police, retencioni jarkovi

Zemljište na planumu police treba pre sadnje prekopati, jer se na taj način poboljšavaju svojstva na mestu sadnje i u dubini korenja sadnica. Sadi se u jednom redu sa gustinom koja je prikladna upotrebljenoj biljnoj vrsti. Najprikladnije vreme za sadnju je u jesen, a za gradnju police proleće.

Terase su veoma prikladne za pošumljavanje padina sa suvim i degradiranim zemljištima, na južnim ekspozicijama (sa ekstremnim osunčavanjem). Povoljno deluju na vodeni režim, vlažnost zemljišta i na mikro ekspoziciju.

7.3.1.2.1.3 Retencioni jarkovi

Namenjeni su za zadržavanje površinski otičuće vode. Voda sa padina i kosina puteva otiče u jarke, u kojima se zadržava oko 75% (gde ponikne ili izvetri), dok preostala voda otiče po jarku u uzdužnom smeru do prijemnika. Najbolji je takozvani američki

sistem retencionih (konturnih) jarkova (slika 7.3.1.7).

Jarkovi (trapeznog profila) se grade u smeru izohipsa (u sistemu) na takvim međusobnim rastojanjima da voda na površinama između njih ne erodira. Gradnja teče odozgo prema dole. Od iskopanog materijala se pravi nasip na spoljnoj ivici. Sve površine treba zatravniti.

Jarkovi su u uzdužnom smeru pregrađeni u komore sa malim poprečnim nasipima, čija je visina prelivanja ispod nivoa ivice spoljnog nasipa. Svi jarkovi moraju da vode do prijemnika. Dimenzionisanje jarkova i njihova međusobna udaljenost zavisi pre svega od nagiba padine, propusnosti zemljišta i količine mogućih padavina.

7.3.1.2.1.4 Popleti

Popleti mehanički utvrđuju zemljišta sa korenjem, ubrzavaju nastanak plodne zemlje,

zadržavaju padajuće kamenje i sneg, zaustavljaju oticanje vode, poboljšavaju režim vode u zemljištu – povećavaju vlažnost zemljišta i drugo. Predstavljaju vezu između građevinsko-tehničkih i biotehničkih radova.

Izvode se isto kao kod priobalnih osiguranja uz vodene tokove: drveni kočici su zabijeni u zemljište (do 2/3 dužine), među njima su upletene grane vrba, koje su takođe zabijene u zemljište. Preporučljivo je da kočici budu zabijeni što više pravougaono na padinu/kosinu. Uobičajeno se postavljaju u smeru izohipsi, u neprekinutim ili prekinutim redovima, koji su među sobom paralelni. Mogu se postaviti u iskošenim paralelnim redovima, ali samo onda kada je time usmerena otičuća voda prema odvodnom žlebu ili jarku. Razmaci između redova popleta zavise od nagiba i od vrste zemljišta (slika 7.3.1.4 i 7.3.1.5).

Na veoma strmim padinama je preporučljivo praviti poplete na do 50 cm širokim policama (bermama), gde se poplet oblaže sa živim prućem i zatim zasipa zemljom, tako da blago štrči iznad površine.

7.3.1.2.1.5 Ozelenjavanje sa granatom oblogom

Upotrebljava se pre svega za osiguravanje podnožja golih putnih nasipa, koji su u dohvat srednjih i poplavnih voda, ili onda kada zemljište nabrekne usled vlage (na flišu i sl). I ovaj zahvat je kombinacija građevinsko-tehničkih i biotehničkih radova, jer omogućava kako raspršivanje vodenih tokova, tako i ujednačenje vlaženje zemljišta, te time i razvoj vegetacije.

Padina se oblaže što ravnijim granama u smeru padanja, te sa debljim krajevima zabija u zemljište i pričvršćuje sa niskim popletima ili žicom po izohipsama, i zatim zasipa sa zemljom (slika 7.3.1.4).

7.3.1.2.1.6 Grmovito ozelenjavanje

Povezuje građevinsko-tehničke i biotehničke radove. Regenerativno pruće je gusto posađeno na prethodno iskopane police i pokriveno sa zemljom. Police se iskopavaju više ili manje u smeru izohipsa sa blagim nagibom prema padini, a spoljna ivica se osigurava sa popletom. U siromašnijim i/ili rastresitijim zemljištima se u polici iskopava još i manji jarak (30 x 20 cm). Takav način ozelenjavanja je veoma skup i zato se upotrebljava samo u najtežim vegetacionim uslovima.

7.3.1.2.1.7 Kordonska sadnja

Predstavlja jednostavan i efikasan postupak, koji povezuje građevinsko-tehničke i biotehničke radove. Grmlje ili rizomi se sade u oko 10 cm dubok iskop u padinu. Iskopi su nagnuti prema padini sa uspravnim otkopnim delom. Sadi se odozdo prema gore; donja, već zasađena polica zasipa se otkopnim materijalom sledeće police. Površine među pojedinim ukopima se zatravljaju. Već prve godine se razvijaju žive, grmičaste živice, a za nekoliko godina zemljište se već toliko poboljša da je moguće pošumljavanje između grmića.

7.3.1.2.1.8 Žive četke

Jeftinije su od popleta, brzo deluju, budući da brzo puštaju korenje i mladice. Kombinacija su građevinsko-tehničkih i biotehničkih radova. Veoma su pogodne za sterilno i siromašno zemljište. Što je ono slabije, žive četke su prikladnije u poređenju sa popletima. Za sadnju se upotrebljavaju 80 do 120 cm duga podmeća (ožiljenice), koje se polažu ukoso preko prethodno iskopanih polica, i to tako da su na međusobnoj udaljenosti od 1,50 do 2,50 m. Sledeći postupak je isti kao kod kordonske sadnje. Može se izvoditi na gruboj podlozi od smrčevih grana (slika 7.3.1.4).

Na strmijim padinama žive četke se ojačavaju sa niskim "horizontalnim" popletom, koji sprečava da otičuća voda izbrazda površinu.

Žive četke od granja su pojednostavljen oblik. Umesto podmeća (ožiljenica) upotrebljene su nepotkresane, do 3 m duge grane biljnih vrsta, koje su sposobne za vegetativno razmnožavanje. Žive četke mogu da se kombinuju sa raznim materijalima, sa raznim folijama, krovnom lepenkom, limom itd. S tim materijalima voda se usmerava u zemljište, zadržava se u njemu, sprečava se brazdanje i otplavlivanje zemlje i mehanički se utvrđuje padina.

Za izradu živih četki upotrebljava se šiblje i grane regenerativnih vrsta vrba, topola, bekovine i zanoveti. Budući da te vrste dostižu srazmerno kratko životno doba, preporučljivo je između njih posaditi sadnice pionirskih vrsta drveća koje odgovaraju datom staništu, i to: sive i zelene jove, topole, vrbe, jarebike, zove, udike, bresta, jasena, gloaga, šipka, kaline itd. Time se ubrzava sukcesivan razvoj biljne zajednice. Kasnije je moguće pošumljavanje sa borom, smrčom, arišem i drugim klimaksnim vrstama drveća.

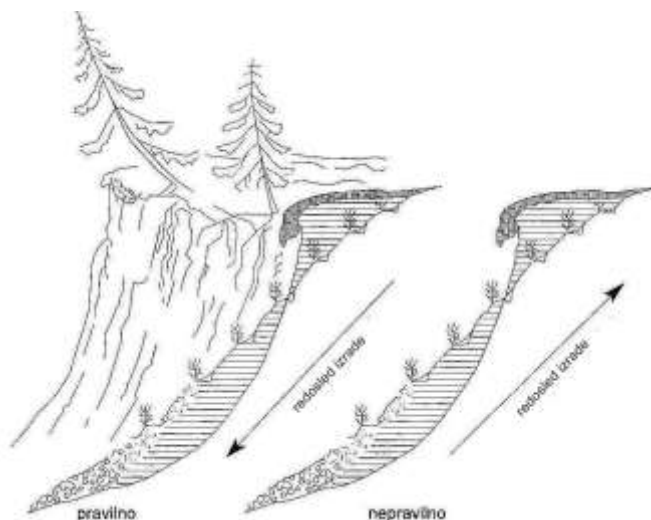
7.3.1.2.1.9 Građevinsko-tehnički radovi na uslovno stabilnim zemljištima

Kada se izvode građevinsko-tehnički radovi na uslovno stabilnim zemljištima, treba ih izvoditi tako

- da se voda rasprši i ujedno po različito utvrđenim nepropusnim žlebovima odvede po padini, i time spreči nepoželjno dodatno namakanje zemljišta a
- osiguranje kosine i nožice nasipa pored vodotoka izradi prema JUS U.S4.064, tč. 4.

7.3.1.2.2 Redosled izvođenja građevinsko-tehničkih radova

Za kvalitetno izvođenje građevinsko-tehničkih, i kasnije ili istovremeno, i biotehničkih radova važan je pravilan redosled izvođenja pojedinih radova na padini. Po pravilu se radovi izvode odozgo prema dole, budući da bi se obrnutim redom novim radovima oštetili prethodno već izvedeni radovi (slika 7.3.1.8).



Slika 7.3.1.8: Redosled izvođenja radova na padini

7.3.1.2.3 Građevinsko-tehnički radovi za površinsko vezivanje zemljanog materijala

U posebnim prilikama, kada se zbog nepovoljnih prirodnih uslova ne može adekvatnije oblikovati nagib, a posebno kod otkopnih kosina, za sprečavanje ispiranja zemljišta vodom upotrebljavaju se zaštite u obliku jednostavnih i razgranatih mreža ili saća (ćelija), kao pogodni tehnički zahvati za sprečavanje ispiranja i ravnomernije vlaženje zemljišta. Većinom su izrađene od teško raspadljivih plastičnih vlakana, a pojedine su takođe izrađene od raspadljivih materijala, bilo da su od žičanog pletiva ili od prirodnih vlakana organskog porekla (juta, kokos). U poređenju sa "klasičnim" ovi zahvati samo "dodatno utvrđuju" zemljište, čime inače povećavaju otpornost prema dubinskom ispiranju, a ne utiču bitno na raspršivanje površinskih vodenih tokova i bolje prodiranje u zemljište.

Takve zahvate, koji mogu biti i veoma skupi, prikladno je upotrebiti samo na onim mestima

gde se istovremeno rešavaju i problemi stabilnosti kosine (armiranje zemlje, površinsko krunjenje), odnosno ako je zemlja na padini veoma sitnozrnasta ili je zemljište i inače stabilno, bez obzira na veliki nagib (kod većih brzina oticanja površinske vode – jačeg ispiranja - različite vrste setve u prostirku bez pomoći raznih mreža nisu dovoljno efikasne). Zato je neophodno dodatno utvrđivanje površine zemljišta sve vreme dok vegetacija ne preuzme punu protiverozionu zaštitu.

Kod spomenutih načina osiguravanja, na kosinu ili padinu nanosena mešavina travnog semena, startnog đubriva, stelje i drugih dodataka (načini zatavljanja su detaljnije opisani u poglavlju 7.3.1.2.4.1) prekriva se mrežama različitog porekla radi sprečavanja ispiranja.

Poznate su mreže iz:

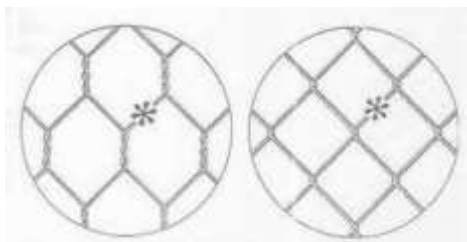
- žičanog pletiva,
- kokosa,
- jute, i
- plastičnih vlakana.

Za izradu mreža od žičanog pletiva upotrebljava se pocinkovano žičano pletivo, koje može još dodatno biti zaštićeno sa tankom, prevlakom od PVC folije debljine 0,40-0,60 mm. Plastificirano žičano pletivo je posebno prikladno kod armiranja zemlje, jer obezbeđuje odgovarajuće dugo životno doba pletiva.

Mreže od žičanog pletiva dele se po

- prečniku žice (2,00 do 3,40 mm),
- veličini otvora/okna (50, 60 i 80 mm),
- širini trake pletiva (2,00 do 4,00 m),
- dužini trake (25 do 100 m), i
- načinu pletenja (jednostavno ukrštanje, dvostruki preplet).

Čvrstoća žičanog pletiva raste sa debljinom žice, a takođe zavisi i od načina pletenja (slika 7.3.1.9). Heksagonalno pletenje, za koje je karakteristično duplo preplitanje žičanog pletiva, obezbeđuje približno dva puta veću čvrstoću kod zatezanja u odnosu na uporedivu jednostavnu pletenu mrežu. Karakteristike heksagonalnog pletiva su utvrđene u EN 10223-3:1998 i prEN 10223-3:2009.



Slika 7.3.1.9: Heksagonalno pletenje (levo), obično pletenje (desno)

Prednost heksagonalnog pletenja je u tome što se kod napreznjanja žice sprečava lančano rasplitanje mreže.

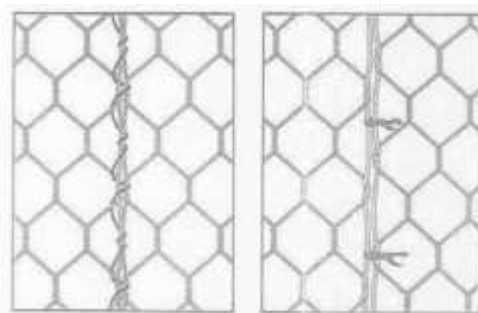
Jednostavno pletene mreže preporučljivo je upotrebiti za zaštitu kosina isključivo u najlakšim uslovima.

Žičano pletivo treba takođe i odgovarajuće pričvrstiti na kosinu/padinu, a u tu svrhu se koriste odgovarajući načini ankerisanja, koji zavise od vrste zemljišta, njegovog nagiba a istovremeno se razlikuju na vrhu, dnu, kao i na samoj padini ili kosini.

Na vrhu mreže treba da bude pričvršćene sa ankerima, čiji se vodoravni razmak u odnosu na vrstu zemljišta kreće između 1,00 i 3,00 m, a njihova dužina zavisi od vrste zemljišta. Ankeri, koji su u odnosu na vrstu zemljišta napravljeni u obliku ekspanzionih klinova, sa

kukama od rebrastog čelika ili od rebrastog čelika, zaliveni sa cementnim betonom, međusobno su i sa mrežom dodatno povezani sa čeličnim šipkama ili pletenim žicama. Preporučljivo je da se oko 0,50 m mreže na vrhu zavije i učvrsti preko položene mreže. Na samoj padini ili kosini mrežu treba učvrstiti sa ankerima, čiji se međusobni razmak u zavisnosti od vrste zemljišta i načina zaštite (sprečavanje ispiranja, osiguravanje od padajućih osipanja,...) kreće između 15 do 30 m²/kom ankera. Preporučljivo je da se ankeri i mreže dodatno povežu sa čeličnim šipkama ili još bolje sa čeličnim pletenicama.

Kod polaganja visećih mreža potreban je veoma pažljiv rad, budući da razvijene mreže zbog velikog trenja praktično nije više moguće usmereno pomaknuti. Kako su mreže sastavljene od koluta širine 2,00 do 4,00 m, kosinu ili padinu treba prekriti sa serijom mreža koje se među sobom dodiruju i koje moraju da budu spojene tako da je obezbeđena odgovarajuća čvrstoća mreže na čitavoj padini. Razlikuju se kontinuirano povezivanje mreža sa upletenim žičanim pletivom, tačkasto spajanje sa spojnicama od žičanog pletiva (slika 7.3.1.10) i prepletanje.



Slika 7.3.1.10: Kontinuirano spajanje (levo) i spajanje sa spojnicama (desno)

Mreže od kokosa prekrivaju zatravljenu površinu sve vreme dok se vegetacija ne razvije u dovoljnoj meri i potpuno preuzme zaštitnu funkciju.

Pogodne su na padinama i kosinama koje su povoljne za rastenje, pošto se srazmerno brzo raspadaju a u težim uslovima ne bi pružale dovoljno dugotrajnu zaštitu. Za zaštitu od većih osipanja stena nisu efikasne, i zato na padinama s većim stepenom osipanja neupotrebljive.

Kokosove mreže se dele prema:

- načinu pletenja (gusto pletene - 1 x 1 cm, mreže sa otvorima - najčešće 5 x 5 cm),

- masi (0,4 do 0,9 kg/m²),
- širini traka (100, 122, 200, 300, 400 cm), i
- dužini traka (30, 46, 100 m).

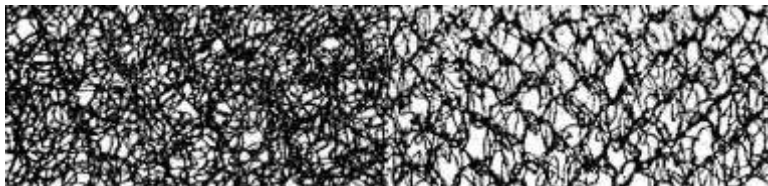
Kokosove mreže treba pričvrsti na zemljište drvenim klinovima, debljine 4 do 6 cm, koji moraju biti zabijeni najmanje 0,5 m duboko.

Mreže od kokosovih vlakana upotrebljavaju se na kosinama od sitnijih truleži. Posebno su pogodne za zaštitu kosina, koje su završene u jesenjoj i zimskoj sezoni, budući da bi sa nezaštićenih površina voda do proleća mogla da ispere veliku količinu sitnih delova zemlje, a posebno najsitnijih koloida koji su nosioci plodnosti. Kod polaganja treba biti oprezan zbog njihove osetljivosti na vlagu, i zato ih treba položiti tako da se upotrebi više materijala zbog sprečavanja nepovoljnih posledica skupljanja.

Mreže od jute daju istu zaštitu kao mreže od kokosovih vlakana.

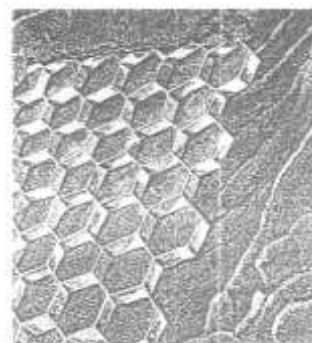
Razlikuju se prema:

- načinu pletenja,
- masi,
- širini traka, i
- dužini traka.



Slika 7.3.1.11: Trodimenzionalne mreže sa različitim gustinom plastičnih vlakana

Posebna vrsta mreža su mreže u obliku saća (ćelija – slika 7.3.1.12), sa kojima se prekrivaju kosine odnosno padine. Učvršćuju se ankerima, a saće se zasipa zemljom i zatim zatravljuje. Saće je većinom izrađeno od nerazgradljivih plastičnih materijala. Takođe postoji i saće od jute. Umesto ovih skupih eko-komercijalnih načina sanacije poznata su brojna, za okolinu povoljnija i nekoliko puta jeftinija rešenja, te bi ih stoga trebalo upotrebljavati samo onda kada je poželjno "napraviti stenu zelenom" radi estetskog efekta.



Slika 7.3.1.12: Mreža u obliku saća (ćelija)

Veličine su iste kao i kod kokosove mreže.

Trodimenzionalne mreže od plastičnih vlakana (slika 7.3.1.11) sa dodatnim "armiranjem" površine zemljišta pružaju zaštitu kosina od ispiranja, ali ne i dovoljnu zaštitu od jačeg krunjenja (osipanja). Većina mreža je napravljena od tankih vlakana koja su neraspadljiva. U poslednje vreme pojavljuju se takođe i mreže od vlakana koja se nakon određenog vremenu raspadnu. Na odgovarajućim kosinama obezbeđuju adekvatnu protiverozionu zaštitu do uspostavljanja kvalitetne protiverozione zaštite sa vegetacijom. Za okolinu su manje prikladne, energetski su zahtevne i znatno skuplje od rešenja povoljnijih za okolinu. Trodimenzionalne mreže se polažu po površini kosine i radi povezivanja sa zemljištem pričvršćuju se ankerima.

Mreže se popunjavaju humusom odnosno plodnom zemljom i zatravljaju.

Trodimenzionalne mreže se dele prema

- gustini vlakana,
- debljini, i
- širini.

Prostirke sa utkanom setvom su mreže u kojima su travne mešavine đubriva mašinski utkane. Za prostirke se upotrebljavaju kokosova vlakna, juta, konoplja, slama, drvena saćma kao i plastična vlakna pretežno propilenskog porekla. Mogu takođe

da budu ojačane i žičanim pletivom. Prostirke sa utkanom setvom se polažu na izravnate površine. Pošto sadrže većinom prirodne materijale, za sprečavanje neugodnih posledica skupljanja potrebno je 5 do 10%-no prekrivanje. U zavisnosti od vrste stene pričvršćuju se ankerima ili posebnim ekserima. Kiša ili temeljno zalivanje tesno spaja prostirku sa tlom. Povoljna snabdevenost semena sa hranjivim materijama i vlagom omogućava veoma brzo klijanje, a kod pravilno guste prostirke omogućeno je i brzo zakorenjavanje u podlogu. Sa gledišta zaštite životne sredine pogodnija je upotreba prostirki od organskih i razgradljivih materijala. Njihova upotreba je zbog visoke cene pogodna na eroziono ugroženim, teško dostupnim mestima, gde različiti načini zatravljivanja ne uspevaju samostalno i stoga ih treba izvoditi u kombinaciji sa prekrivanjem pomoću mreža.

7.3.1.2.4 Biotehnički radovi

Biotehnički radovi se najčešće izvode nakon građevinsko-tehničkih radova ili kao kombinovani radovi. Samo izuzetno je vodeni režim na padini toliko pogodan da je dovoljna samo zaštita pomoću biotehničkih radova.

Biotehnički radovi dele se na

- radove zatravljivanja, i
- radove pošumljavanja.

Dugoročni cilj zaštite kosina i padina od erozije kao i njihovo stabilizovanje je uspostavljanje prikladne šumske sastojine. Zbog dugotrajnog procesa razvoja šumske sastojine, kosine uz saobraćajnice zahtevaju bržu zaštitu od erozije. Uobičajeno se prvo izvode radovi zatravljivanja, što se kasnije prema potrebi dopunjuje sa radovima pošumljavanja.

7.3.1.2.4.1 Radovi na zatravljivanju

Zatravljivanje površina se može izvoditi različitim postupcima:

- zasejavanjem travnih mešavina, i/ili
- oblaganje kosina/padina busenom.

Poslednje navedeno je danas već redak, a istovremeno i veoma skup zahvat, koji se primenjuje jedino u izuzetnim okolnostima.

Kod zasejavanja travnih mešavina upotrebljavaju se različite tehnike, u zavisnosti od nagiba, stepena erodiranosti i svojstva tla na razmatranim površinama.

Postupci zasejavanja se generalno mogu razdeliti na sledeće vrste:

- obična setva,
- vodena setva,
- setva sa prostirkom,
- setva sa biljnom pulpom.

Kod izbora tehnike zatravljivanja i kod njezinog izvođenja treba paziti i na njenu prikladnost za okolinu. Većinom se izvode zatravljivanja sa različitim mešavinama travnog semenja. Sa ekološkog stajališta je važno da se u mešavinama upotrebljava ona vrsta trava koje su već prilagođene tretiranoj okolini. Za zatravljivanje jako degradiranih zemljišta, kakva su po pravilu na putnim kosinama, za upotrebu je na raspolaganju samo manji broj vrsta prilagodljivih teškim ekološkim uslovima. Ipak za nekoliko godina dolazi do spontanog nasemenjavanja sa susednih travnih površina, tako da postupno i na putnim kosinama travni ekosistem postaje istovetan onom u bližoj okolini.

Kod svih vrsta se semenskoj mešavini dodaje đubrivo u manjim količinama. Količina i učestalost tih dodataka moraju da budu u skladu sa kapacitetom nosivosti ekosistema. Sa ekološkog gledišta je pored količine i učestalosti važna i izabrana vrsta đubriva.

Usklađenost sa kapacitetom nosivosti ekosistema uslovljava količinu i kvalitet đubriva koje se dodaje, kako se stabilnost sistema zemljišta, odnosno sposobnost njegove samoregulacije ne bi narušila. Naravno, najprikladnija je upotreba prirodnog stajskog đubriva, koje zbog veoma ograničenih količina, cene i teškoća sa prevozom samo retko dolazi u obzir. Uglavnom se upotrebljavaju različite vrste veštačkih đubriva, a u poslednje vreme i takozvana bio đubriva, čija osnova je većinom dehidrirano kokošije đubrivo. Kod upotrebe veštačkih đubriva je pored kapaciteta nosivosti ekosistema i odgovarajuće količine važan i izbor zemljišta odgovarajuće vrste. Osnova za izbor vrste veštačkog đubriva trebalo bi da budu rezultati pedoloških analiza tla, pošto se zemljištima mogu dodavati samo oni makro- i mikroelementi, koji im nedostaju. Kod toga treba obratiti pažnju na "mikro lokacijsku" promenljivost svojstva zemljišta. Ekološka merila za obično, odnosno ručno sejanje semenske mešavine i đubriva, sa zatrpavanjem ili bez njega, bila su već pominjana. Tim merilima se kod vodene setve, sa prostirkom i setve sa biljnom pulpom pridružuje još pitanje prikladnosti dodataka od prirodnih ili sintetičkih organskih materija, koji poboljšavaju fizičke, hemijske i mikrobiološke uslove zemljišta, odnosno

povezuju sitne delove zemlje i na taj način sprečavaju njihovo ispiranje i otplavlivanje.

Za poboljšanje fizičkih svojstava zemljišta dodaju se u manjim količinama dodaci koji su početni input i ekološki su neutralni, a u teškim ekološkim prilikama predstavljaju kao organogene odnosno humifikaciji podvrgnute materije, sredstva za privremeno vezivanje vode u sušnim zemljištima.

Vrste radova na zatravljivanju su navedene po redosledu, koji je analogan redosledu povećavanja teškoća uslova staništa. Zahtevniji način zatravljivanja je prikladan na težim staništima, a srazmerno raste i njegova cena.

Kod obične setve se ručno seje semenska mešavina i đubrivo. Za kvalitetno zatravljivanje treba na kvadratni metar obezbediti najmanje 4 dag semenske mešavine i u proseku još 4 dag odgovarajućeg đubriva za travnate površine.

Kod vodene setve se sa posebnom štrcaljkom na kosinu odnosno padinu ubrizgava u cisterni prethodno pripremljena mešavina vode, semenske mešavine, đubriva i različiti dodaci za poboljšanje strukture zemljišta, kao i veziva semena za podlogu.

Kod setve sa prostirkom semenska mešavina i đubrivo se ručno seju, a zatim se prostirka rastrese i dodatno vezuje, najčešće sa bitumenskom emulzijom (biotorkret) ili prekriva mrežom. Kao prostirka se upotrebljavaju seno, slama, drvene sačme, mlevena kora, kukuruzne sačme i druge odgovarajuće organske materije.

U obzir treba uzeti i prikladnost materijala koji se upotrebljavaju kao prostirka koja prekriva zatravljene površine i poboljšava ekološke, a posebno mikroklimatske uslove za klijanje i rast trava. Sve materije za prostirku su organskog porekla i u procesu prirodnog raspadanja postepeno podvrgnute humifikaciji, odnosno adekvatne su ekološki. U toku raspadanja počinju postepeno nadomeštati svoje funkcije u protiverozivnoj zaštiti i u poboljšavanju mikroklimatskih prilika već porasle odgovarajuće trave. Pozitivan mikroklimatski uticaj prostirke se ogleda u povećavanju vlažnosti, smanjivanju temperaturnih kolebanja, zaštiti od sunčevog zračenja, vetra i drugih uticaja.

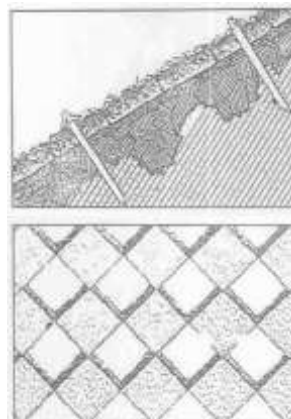
Za vezivanje prostirke (kako je ne bi odnela voda, vetar, iskoristila divljač za prehranu)

upotrebljava se bitumenska emulzija, delimično hidrolizovani polivinil-acetat i rastvor celuloze u vodi. Sve te materije deluju kao koloidi, koji pored vezivanja prostirke povezuju takođe i semena i sitne delove zemlje.

Bitumen, koji je tamno obojen, takođe mikroklimatski povoljno deluje. U hladnoj okolini povećava apsorpciju sunčevih zraka i time stvara topliju mikroklimu. Na izrazito toplim ekspozicijama i na višim nadmorskim visinama bitumenska emulzija se ne upotrebljavaju, pošto to može prouzrokovati pregrevanje i posledično neklijanje semena. Spomenute druge materije dodaju se u veoma malim količinama, netopive su i raspadaju se, neke brže, a druge sporije. Zbog takvih svojstva one su u manjim količinama za okolinu još uvek prihvatljive.

Setva sa biljnom pulpom se izvodi isto kao i vodena setva, samo se mešavini vode, semena, đubriva i dodacima za poboljšanje strukture zemljišta i vezivanje semena za podlogu dodaje još i odgovarajuće zdrobljena prostirka i sitnozrnasta humusna zemlja.

Izrada travnih površina busenom je klasičan način ozelenjavanja. Upotrebljavaju se kvadratni ili pravougaoni komadi busena, veličine 20 x 20 do 40 x 40 cm i debljine 7 do 10 cm, koji se polažu po površini odozdo prema gore, u redovima, vodoravno ili koso. Ako je kosina ili padina jače nagnuta, busen treba pričvrstiti sa drvenim kočnicama. Kada je na raspolaganju isuviše mala količina busena, on se polaže u šahovski raspored ili u trakama, a prostor između se humuzira i zatravluje sa setvom trave (slika 7.3.1.13).



Slika 7.3.1.13: Oblaganje kosina/padina busenom

7.3.1.2.4.2 Radovi na pošumljavanju

Radovi na pošumljavanju na erozionim područjima izvode se uz upotrebu različitih tehnika. Na golim kompaktnim stenama pošumljavanje je retko kad uspešno.

Cilj učvršćenja padina sa biljnim pokrivačem nije "ozelenjavanje" stena, gde se odvija normalna ili geološka erozija, nego protiveroziona zaštita padina od nepremeštenih i još posebno premeštenih materijala, gde bez odgovarajuće zaštite u veoma kratkom periodu dolazi do snažnog razvoja erozije.

Pravilan izbor biljnih - drvenastih i grmovitih vrsta je osnova kvalitetnog, uspešnog i ekološki adekvatnog pošumljavanja. Potrebno je da se izaberu staništa odgovarajuće vrste, koje lakše uspevaju i sigurnije prelaze u stabilne fitocenoze. Sa ekološkog aspekta prednost moraju da imaju lokalne autohtone vrste, a među njima varijeteti, koji u pogledu otpornosti najviše odgovaraju veoma teškim uslovima staništa (adekvatnost u pogledu uslova staništa, otpornost prema negativnim biotičkim i abiotičkim uticajima, privredna korist). Na putnim kosinama se u prvoj fazi upotrebljavaju pre svega one pionirske vrste koje mogu da uspeju u tako teškim prirodnim uslovima i na taj način stvaraju pretkulturu, koja se nakon obavljenog zadatka postepeno uklanja šumskoj sastojini, sastavljenoj od drvenastih i grmovitih vrsta, adekvatnijih za pojedinu okolinu. Varljivo je mišljenje da je moguće već kod prvog pošumljavanja na padinama i putnim kosinama upotrebiti veći broj vrsta i oblikovati stabilnu, mešanu sastojinu. Teški uslovi staništa, koje karakterišu neodgovarajući životni uslovi za brojne biljne vrste, sužavaju izbor na retke pionirske vrste.

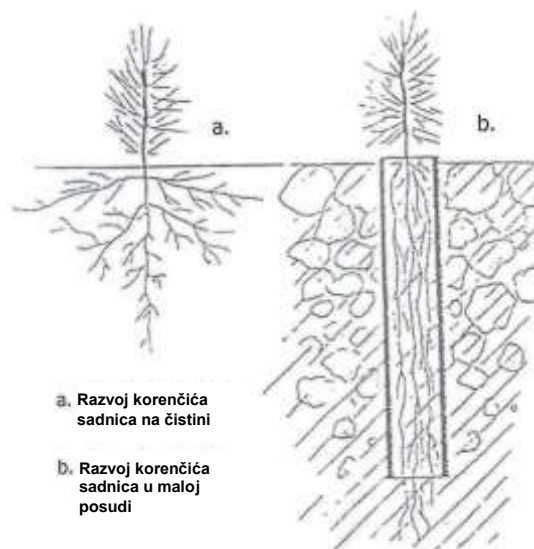
Kod pošumljavanja se upotrebljavaju različite tehnike setve i sađenja. Za poslednje pomenuto se upotrebljavaju materijali, kako semenskog, tako i vegetativnog porekla.

Osnova za kvalitetno, i na prirodan način zasnovano pošumljavanje jeste dovoljno širok izbor semenskog materijala, odnosno materijala za sađenje.

Tehnike pošumljavanja je potrebno prilagoditi prirodnim mogućnostima. Na putnim kosinama mašinsko sađenje je zbog nepovoljnog terena uglavnom onemogućeno. Stoga se pribegava različitim tipovima ručnog sađenja, koji se postepeno prihvataju.

Poseban primer pošumljavanja je upotreba sadnica u malim posudama čija je posebna namena smanjenje šoka za biljku koji nastaje kod presađivanja, i produženje perioda mogućeg pošumljavanja u toku godine. I ovde je osnova prirodni izbor odgovarajućih vrsta. Zbog ekstremnosti životnih uslova sadnice u sudićima posebno su prikladne za sađenje na putnim kosinama (slika 7.3.1.14). Namera je da se kod sadnje postigne još veći uspeh, a jedan od bitnih uslova za to je smanjivanje šoka prilikom presađivanja mlade biljke iz rasadnika u prirodnu okolinu. Pored upotrebe sadnica u malim posudama, mladim biljkama se pomaže i dodavanjem zemlje - humusa, treseta ili đubriva. Svi ti oblici su prikladni, ali moraju da budu prilagođeni prilikama na staništu. U pitanju je prirodni zahvat za pomoć biljkama u borbi za preživljavanje, gde priroda još uvek vrši pozitivnu selekciju.

U ekstremnim prilikama često nije dovoljna samo pomoć u toku sadnje, već je potrebna nega mlade sastojine još najmanje jednu do dve godine, a uobičajeno i znatno duže. U glavnom se radi o dodavanju đubriva, gde treba na osnovu pedoloških analiza dodavati staništu, odnosno zemljištima kvalitetne i količinski adekvatne hranjive materije, odnosno đubriva. Nega mladih biljaka je nenadomestiv i sastavni deo pošumljavanja.



Slika 7.3.1.14: Uzgajanje i sađenje sadnica u sudićima

Stručna dokumentacija:

Urejanje obcestne krajine, Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana, 1997.

7.3.2 ZAŠTITA OD ODRONA I SNEŽNIH USOVA

7.3.2.1 Uvodni deo

Biotehničke mere često se izvode na padinama i kosinama, koje su inače stabilne, mada su krunljive – pa tako odronjeni delovi mogu da padaju na put.

U priručniku za zaštitu puteva od odrona i padina i kosina sklonih krunjenju ili drobljenju, kao i zaštitu od snežnih usova primenjeni stručni termini imaju sledeće značenje:

Biotehnička mera (biotechnical measure, biotechnische Massnahme) je stvaranje vegetacijske zaštite na padini ili kosini.

Građevinsko tehnička mera (civil engineering measuer, Bautechnische Massnahme) je stručna priprema obrađivane površine po projektu za dalje radove.

Odron (crumbly slope, bröckeliger Hang) je u pravilu stena razgrađena uticajima vremena, na padini/kosini.

Snežni usov (snow avalanche, Schneelawine) je klizajući sneg po padini bez primerne hrapavosti.

Zaštita rastinja (growth protection, Wachstumschutz) je mera potrebna za sprečavanje štetnih uticaja u prirodi na postojeće rastinje ili rastinje u razvoju.

7.3.2.1.1 Karakteristike odronjenja kamenja na padinama

Karakteristično odronjenje kamenja na padinama rešava se na više načina:

- sprečavanjem pokretanja odronjenog kamenja na izvoru,
- kontrolisanim vođenjem odronjenog kamenja do mesta odlaganja, gde se povremeno uklanja, i
- dočekivanjem odnosno hvatanjem odronjenog kamenog materijala na padini/kosini.

U posebnim slučajevima izgradnjom galerija se može sprečiti da odronjeno kamenje dođe na put. Galerije se grade za zaštitu puta jedino u vanredno nepovoljnim uslovima, kada je odronjavanje na veoma velikoj padini ili kod rešavanja problematike većih stenovitih sručenja.

7.3.2.1.2 Karakteristike snežnih usova

Kod planiranja i gradnje puteva često se ne mogu izbeći veoma visoke kosine i padine na kojima može kod većih količina snega doći do klizanja, odnosno do odronjavanja snežnog pokrivača.

Klizanje i odronjavanje snega većinom nastupi na dugim i strmim padinama bez primernog šumskog rastinja. Padine, pokrivene različitim vrstama mreža, mogu da budu zbog smanjenog trenja između snega i podloge još više ugrožene.

7.3.2.2 Mere za zaštitu

7.3.2.2.1 Mere za zadržavanje odronjenog kamenja na izvoru i kontrolisano vođenje

Mere za sprečavanje pokretanja odronjenog kamenja odnosno kontrolisanog pokretanja pogodne se pre svega za zaštitu kosina puteva (iskopa) ili krunljivih padina u užem području puta. U takvim slučajevima trošne kosine i padine u celosti mogu da budu zaštićene metalnim mrežama (žičanim pletivom). Žičano pletivo mora da odgovara zahtevima evropskog standarda EN 10223-3:1998 odnosno prEN 10223-3:2008.

S obzirom na način polaganja zaštitne mreže se mogu razvrstati u

- viseće, i
- prilagođene (ankerisane na kosini).

Visećim zaštitnim mrežama prekrivaju se odronljive kosine iznad puta i ankerišu se na odgovarajući način u podlogu na gornjoj ivici kosine. Na donjoj ivici kosine zaštitna mreža treba da je opterećena cementnobetonim utegama. Zaštitne mreže po pravilu treba da su položene na kosinu tako da se odronjeno (osipajuće) kamenje odlaže uz podnožje kosina. U toku radova na održavanju puta treba povremeno ukloniti odronejni materijal, da preveliki pritisak odronjenog materijala ne bi oštetio/pokidao zaštitnu mrežu. Ukoliko postoji potreba zaštitna mreža se može na istupajućim područjima prilagoditi kosinama pomoću dodatnih ankera.

Na kosinama puteva sa relativno kompaktnim stenama gde se ne očekuje odronjavanje kamenja većeg obima i kod kosina sa manjim nagibom zaštitne mreže se prilagođavaju – ankerišu po kosini. U tom slučaju odronjeni materijal se zadržava na kosini i kod redovnog održavanja čišćenje zaštitnih mreža nije potrebno. Projektom treba da je

određena gustina postavljanja ankera (npr. 1 anker na 2 m² mreže) na osnovu očekivane količine odronjenog materijala; trošna stena uslovljava više ankera, a ravna i glatka manje. Posebnu pažnju treba obratiti na neravne delove kosina, gde između zaštitne mreže i površine kosine nastaju džepovi, u kojima može da se nakupi odronjeni materijal i što dovodi do oštećenja na zaštitnoj mreži.

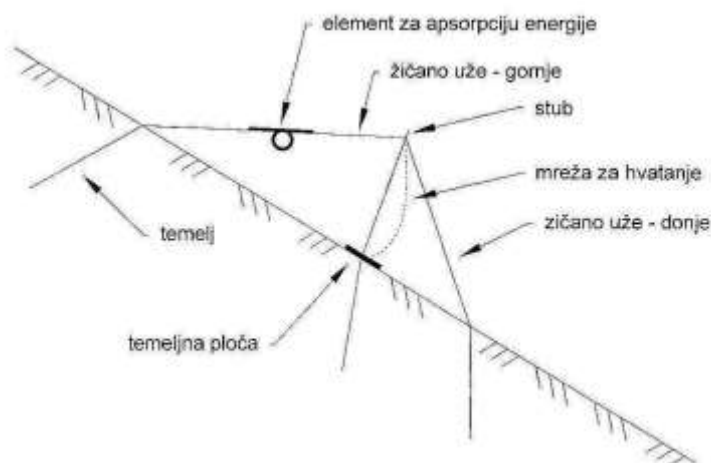
U primerima kosina sa malim nagibom i heterogenom stenom (naizmenično čvrsta i izdrobljena stena) shodno je kombinovanje zaštitnih mreža i različitih načina zatavljanja; zaštitna mreža sprečava odronjavanje većih komada dok vegetacija zadržava manje frakcije.

7.3.2.2.2 Mere za hvatanje odronjenog kamenja na padini

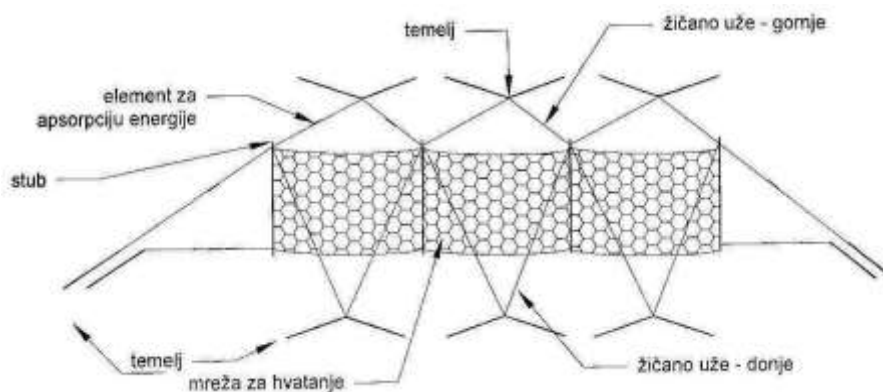
U primerima pružanja odronjenog kamenja na širem području puta – padini u pozadini,

kad je površina za zaštitu postupkom prekrivanja mrežama suviše velika i zbog toga postupak neekonomičan, za zaštitu mogu da posluže sistemi za hvatanje odronjenog kamenja i većih komada kamenja, tj. ograde odnosno mreže za hvatanje, koje mogu da budu krute ili pružne. Projektovanje ovih sistema za zaštitu puteva mora da se bazira na dinamičkom pritisku padajućeg kamenja. Ovakvi sistemi za zaštitu treba da budu projektovani tako da omogućavaju pristup za odstranjivanje uhvaćenog odronjenog kamenja i održavanje ograde.

Za kompenzaciju većeg dinamičkog pritiska izričitu prednost – pre svega u teškim uslovima – ima primena pružnih (elastičnih) sistema za hvatanje kamenja (slika 7.3.2.1 i 7.3.2.2).



Slika 7.3.2.1: Osnovni elementi sistema za hvatanje odronjenog kamenja



Slika 7.3.2.2: Poprečni presek i pogled sistema za hvatanje odronjenog kamenja

Sistemi za hvatanje odronjenog kamenja se sastoje od sledećih delova:

- deo za hvatanje odronjenog kamenja je u osnovi mreža od žičanih konopa ili drugačije pregrade od različitih materijala; često je to i dodatni sloj žičane mreže sa manjim otvorima. Funkcija ovog dela je da se kod hvatanja odronjenog materijala elastično ili plastično deformiše i prenosi opterećenje na elemente za spajanje, strukturu za podupiranje/oslanjanje i temelje;
- struktura za podupiranje/oslanjanje (stubovi od različitog materijala, oblika i dužine, npr. od cevi ili drukčijih čeličnih konstrukcijskih elemenata) nosi deo za hvatanje i spojena je sa njim ili povezana sredstvom za vezivanje;
- sredstvo za vezivanje (različiti konopi, čelične užadi, žice, lanci, elementi za apsorpciju energije itd.) treba da prenosi energiju na temelje i održava deo za hvatanje odronjenog kamenja na mestu;
- temelji, koji se po EATG ne ubrajaju u sistem za hvatanje odronjenog kamenja na tržištu (za koji se dodeljuje atest), treba da su projektovani obzirom na konkretne uslove na terenu. Zadatak temelja je prenos energije uhvaćenog odronjenog kamenja u tlo.

Po definiciji je sistem za hvatanje odronjenog kamenja poseban oblik građevinskog proizvoda od više sastavnih delova, na tržištu sa jedinstvenom oznakom CE i sastavljen na terenu.

Za jednoobraznost sistema za hvatanje odronjenog kamenja EOTA (European organisation for technical approvals) je izdala preporuke ETAG 27, kojima definiše svojstva sistema, kriterijume i postupke proveravanja za sticanje evropske tehničke saglasnosti (atesta) za pojedinačni sistem. Sistemi za hvatanje odronjenog kamenja po ETAG 27 sastoje se od najmanje tri modula, tj. 3. polja zaštitne mreže i 4 stuba. Razmak između stubova određuje proizvođač.

Kod postavljanja sistema ove vrste zadatak projektanta je da obzirom na terenske uslove odredi veličinu energije (padajućeg kamenja) koju sistem treba da hvata i lokaciju za postavljanje obzirom na situaciju. Navedenim kriterijima treba izabrati odgovarajući sistem u skladu sa ETAG. Na osnovu izabranog sistema za hvatanje odronjenog kamenja treba definisati temelje, koji su specifični za konkretni proizvod i uslove na terenu na mestu postavljanja.

Za hvatanje padajućeg kamenja mogu da budu izgrađene i drugačije pregrade, npr. zemljani nasipi, ograde od debelih drvenih dasaka, cementnobetonski zidovi i slično. U takvim slučajevima zadatak projektanta je mnogo zahtevniji jer treba da se pored očekivane veličine kamenja i lokacije za postavljanje pregrade izvrši i odgovarajuće dimenzionisanje i projektovanje pregrade.

Za zaštitu puteva od odronjenog kamenja galerije se gradi po pravilu jedino u izuzetno nepovoljnim uslovima, npr. na veoma velikoj i strmoj padini kod rešavanja problematike većih stenovitih lavina (slika 7.3.2.3). Izgrađene galerije u ovim slučajevima štite put i od snežnih usova.



Slika 7.3.2.3: Galerija štiti put od odronjenog kamenja i snežnih usova

7.3.2.2.3 Mere za zaštitu od snežnih usova

Kod projektovanja i građenja puteva često se ne mogu izbeći veoma visoke padine na kojima može kod većih količina snega doći do klizanja, odnosno do odronjavanja snežnog pokrivača. Klizanje i odronjavanje snega većinom nastupi na padinama, čiji nagib je između 30 i 50 stepeni, kritične su već 35 m duge padine bez primernog šumskog rastinja. Na takvim padinama potrebno je pomoću prilagođenih potpornih objekata povećati hrapavost površine. Tako je ublaženo klizanje i odronjavanje snega i omogućen razvoj šumskog rastinja, koje će zatim dugoročno preuzeti zadržavanje snežnog pokrivača na padini (slika 7.3.2.4).

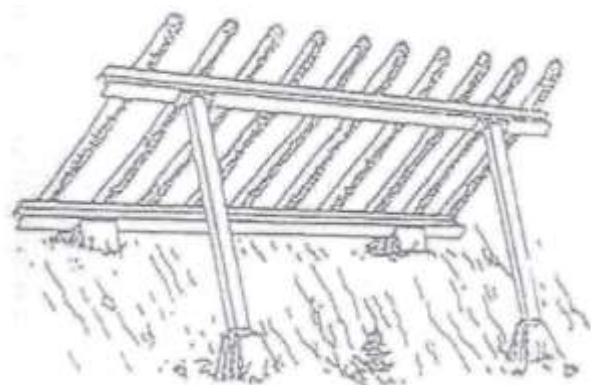


Slika 7.3.2.4: Zaštita rastinja od posledica klizanja i odronjavanja snega jednostavnim potpornim konstrukcijama koje povećavaju hrapavost površine

Kad je klizanje snežnog pokrivača izrazitije, mora se sprečiti gradnjom potpornih, odnosno zaustavnih objekata. Moraju da budu konstruisani tako da izdrže pritiske snežnog pokrivača i da ga ujedno dovoljno podupru. Razlikuje se snežne mreže i snežne grablje. Na ustaljenu padinu zatim se unese šumsko rastinje, koje će dugoročno preuzeti funkciju potpornih objekata (slika 7.3.2.5 i 7.3.2.6).



Slika 7.3.2.5: Snežne mreže za podupiranje snežnog pokrivača na padini



Slika 7.3.2.6: Snežne grablje za podupiranje snežnog pokrivača na strmoj padini

Stručna dokumentacija:
 Guideline for European technical approval of falling rock protection kits, European organisation of technical approvals (EOTA), Bruxelles, 2008

7.3.3 ZAŠTITA OD VETRA I SNEŽNIH NANOSA

7.3.3.1 Uvodni deo

Bezbednost saobraćaja na putevima u velikoj meri zavisi od učinka vetra, koji može biti

- neposredan na vozila ili
- posredan radi stvaranja snežnih nanosa (i poledice).

U oba slučaja dejstvo vetra zavisi od

- brzine (i udara) vetra i
- terenskih prilika.

Navedeni uticaji na bezbednost saobraćaja mogu se do određene granice smanjiti pomoću odgovarajućih ograda koje se ugrađuju uz put ili na objektima.

U ovom priručniku upotrebljeni stručni termini imaju sledeće značenje:

Aerodinamičko opterećenje (aerodynamical loading, aerodynamische Belastung) je opterećenje elemenata/ograda neposrednim učincima vetra.

Snegobran/palisada (snow obstacle, Schneeverbau) je privremena prepreka za smanjenje brzine vetra i odlaganje snega/stvaranje nanosa na za to određenim lokacijama.

Snežni nanos (snow drift, Schneewehe) javlja se zbog smanjene brzine vetra koji nosi sneg (odložen sneg).

Trajna prepreka (permanent hindrance, dauernder Verbau) može da bude prirodna ili veštačka, a postavljena je kao neprekidna zaštita saobraćaja od vetra.

Zapunjenost površine snegobrana (refill of snow obstacle, Schneeverbaufüllung) je koeficijent srazmera celokupne površine snegobrana i površine otvora na njemu.

7.3.3.2 Dejstva vetra

7.3.3.2.1 Neposredno dejstvo vetra

Na otvorenom putu vozila su izložena neposrednim delovanjima brzine i pravca vetra. Neravnomerno dejstvo vetra uslovljeno i terenskim prilikama ugrožava sigurnost saobraćaja, posebno na područjima sa jačim vetrom (npr. košava i bura).

Primena raspoloživih programskih paketa za projektovanje zaštite zavisi od brojnih neposrednih uticaja vetra na sigurnost saobraćaja na putevima.

7.3.3.2.2 Posredno dejstvo vetra

Posredna dejstva vetra u sklopu uticaja na bezbednost saobraćaja na putevima ogledaju se u stvaranju snežnih nanosa.

Snežni nanosi mogu nastati

- još u toku padanja snega i
- nakon prestanka padanja kada vetar počne da ga raznosi.

Vetar može da raznosi suvi sneg već kod brzine od približno 15 km/h, dok mokri sneg ne može uopšte da raznosi.

Snežni nanosi nastanu na mestima na kojima terenske prilike ili veštačke prepreke smanjuju brzinu vetra, radi čega dolazi do odlaganja snega. Ovakva mesta su pre svega plitki useci na putevima (slika 7.3.3.1) koje vetar postepeno i u potpunosti može da zatrpa sa snegom.

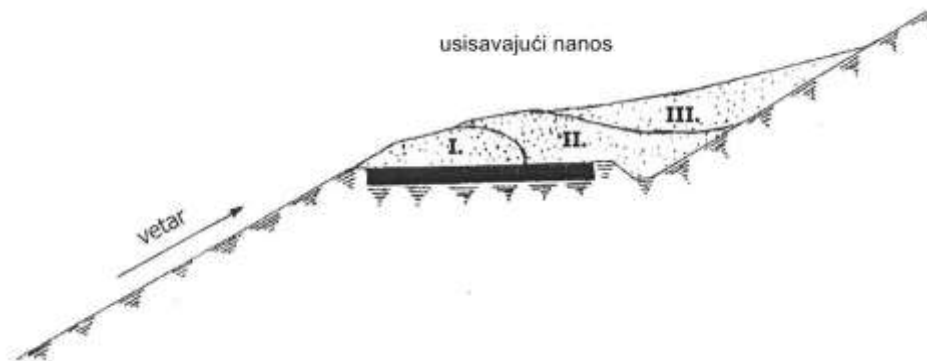


Slika 7.3.3.1: Postepeno povećavanje snežnog nanosa u useku

Kad u dubokim usecima puteva na (strmim) kosinama dolazi do smanjenja brzine vetra i na njima nema dovoljno prostora za odlaganje snega, onda takva mesta snežni nanosi mogu potpuno da popune.

Radi uslovljenog smanjenja brzine, vetar može da odlaže sneg i na prelomima terena (slika 7.3.3.2 i 7.3.3.3).

Ako je padina ili kosina uz put strma i glatka, može snežni nanos skliznuti sa nje na put.



Slika 7.3.3.2: Postepeno povećavanje snežnog nanosa na zaseku u padini



Slika 7.3.3.3: Odlaganje snega uz niski nasip

Uzroci za postepeno nastajanje snežnog nanosa mogu biti i razne prepreke postavljene uz puteve, npr. žive ograde, objekti, ograde, a u manjem obimu stubovi i deponovani materijal uz kolovoz koji stvara vrtloge.

7.3.3.3 Zaštita od neposrednih dejstava vetra

Zasnivanje odgovarajuće zaštite vozila od neposrednih dejstava vetra je zahtevan posao kako sa teorijskog tako i sa izvođačkog stanovišta. Odlučujući faktor za određivanje ograde za zaštitu od vetra (oblik, visina, stepen direktne zaštite i sa tim povezane propusnosti) je horizontalna i vertikalna brzina (očekivana) i pravac vetra koji se određuju na osnovu rezultata višegodišnjih merenja vetra u konkretnim vremenskim prilikama.

Radi velikih zahteva koji se pojavljuju kod optimalnog izbora oblika, rasporeda i kvaliteta elemenata za ograde i širine fuga između njih (informativni i približni razmak elemenata iznosi 25 cm) u praksi su usvojeni programski paketi, npr.:

- za proračun u ravni programski paket FLUENT, i/ili

- za proračun u ravni i prostoru sa verzijom dinamike fluida CFD (computational fluid dynamics) program FlowWorks 2004.

U skladu s EN 1741-1:2011 treba kod proračuna uzeti u obzir aerodinamičko opterećenje elemenata za zaštitu od vetra.

7.3.3.4 Zaštita od snežnih nanosa

Stvaranje snežnih nanosa na području kolovoza može se sprečiti

- projektovanjem trase puta na lokacijama koje nisu ili su malo izložene dejstvovanju vetra; posebno treba izbegavati dejstvovanje vetra pod pravim uglom/upravno na osovinu puta i voditi računa o reljefu – prirodnim zaklonima ili prirodnoj vegetaciji,
- projektovanjem oblika poprečnog profila; pogodniji je put u nasipu, sa smanjenim nagibima kosina (1 : 4), zaokruživanjem krune nasipa i proširenjem iskopa.

Ukoliko navedene mere kod projektovanja ne zadovoljavaju, stvaranje snežnih nanosa se može sprečiti

- trajnim ili privremenim preprekama, koje smanjuju brzinu vetra, a time i njegovu moć premeštanja snega, ili
- preusmeravanjem vetra.

Za pravilno projektovanje prepreka projektantu treba da bude poznata veličina područja zaleđa, sa kojeg se sneg premešta na put, očekivane količine snega, kao i pravac i brzina vetra, sve na osnovu poznatih meteoroloških podataka. Obzirom na navedeno projektant treba da predvidi vrstu prepreka i dimenzije.

Trajne prepreke mogu da imaju oblik

- sadova odgovarajućih stabala u obliku zaštitnih pojaseva ili pošumljenja šireg područja ili grmlja,
- zidova od kamena, cementnog betona, opeke i drugih materijala.

Pravilan položaj trajnih prepreka (udaljenost od puta) i veličinu po pravilu treba odrediti na osnovu ispitivanja sa prethodno postavljenim mobilnim (privremenim) preprekama.

Zasadi od kombinovanih vrsta drveća i grmlja u obliku pojaseva (nekoliko redova drveća i grmlja) treba da su udaljeni od puta najmanje za 15 visina najvišeg drveća. U slučaju pošumljavanja u pojasevima širine preko 60 m sneg se odlaže ispred tog pojasa a pojasevi treba da su udaljeni od puta najmanje za 5 visina najvišeg drveća. Potrebno je uzeti u obzir da efikasni zasadi zahtevaju zauzimanje velikih površina.

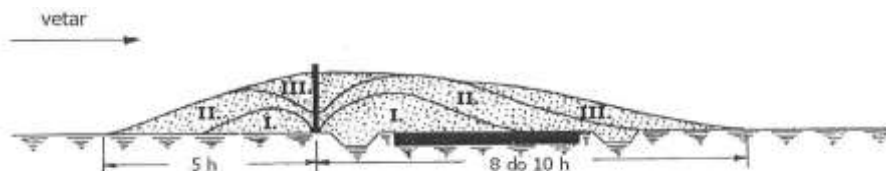
Zasadi drveća i grmlja imaju određene

- prednosti:

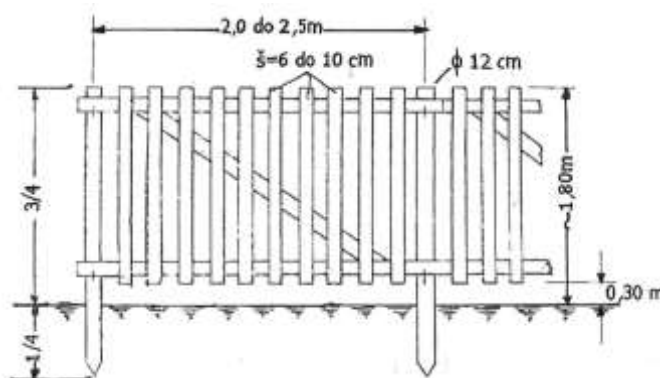
- prijatni su za gledanje
- nije im potrebno mnogo održavanja
- predstavljaju deo uređenja okoline puta
- predstavljaju stanište određenim vrstama životinja
- nedostatke:
 - poteškoće kod uspostavljanja
 - visina i poroznost prepreke se menja
 - osetljivi su na bolesti i prirodne nepogode
 - više godina dok bilje nije dovoljno veliko nisu efikasni i u to vreme potrebno ih je zaštititi privremenim preprekama.

Privremene prepreke – snegobrane (palisade) treba postavljati u toku jeseni, a u proleće uklanjati. Zbog smanjene brzine vetra sneg se odlaže ispred i iza njih. Ako su privremene prepreke

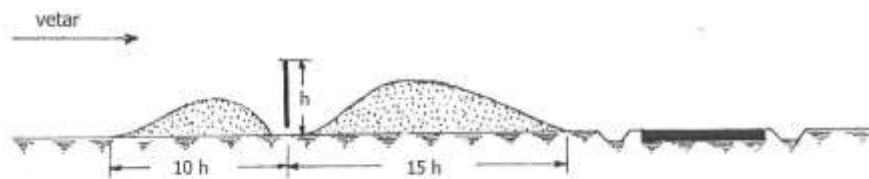
- guste (slabo propusne za vetar), onda se ispred prepreke stvara nanos približne dužine 5 x visina prepreke, a iza prepreke nanos dužine 8 do 10 x visina prepreke (slika 7.3.3.4),
- retke (zapunjenost površine snegobrana približno upola, slika 7.3.3.5) tada najveća dužina snežnog nanosa ispred prepreke iznosi do 15 visina prepreke, a iza nje i do približno 30 visina prepreke (slika 7.3.3.6).



Slika: 7.3.3.4: Postepeno povećavanje snežnog nanosa uz ogradu puta (bez fuge na dnu)



Slika 7.3.3.5: Uspravna ograda sa vertikalnim letvama i fugom na dnu



Slika 7.3.3.6: Pravilno postavljen snegobran sa zapunjenošću površine 0,5 i fugom na dnu

Visina snegobrana mora se prilagoditi količini snega, koju prenosi vetar. Ako je:

- mala, onda je odgovarajuća visina snegobrana 1,40 m;
- velika, onda je potrebna visina snegobrana 1,80 m.

Materijali za izradu snegobrana su različiti. U velikoj meri se upotrebljava drvo i mreže.

Postavljanje snegobrana zavisi od pravca vetra koji nosi sneg. Najbolji učinak ima snegobran koji je postavljen okomito na pravac vetra. Učinak može da bude još u zadovoljavajućem okviru, ako je ugao između snegobrana i pravca vetra veći od 60°.

Da se odloženi sneg (nanos) ne bi prenosio na put, potrebno je odrediti udaljenost snegobrana od ivice puta. Ona se određuje po jednačini.

$$a = \frac{21 - 5h}{k} \quad [\text{m}]$$

gde su:

h visina snegobrana (m)

k koeficijent, zavisan od zapunjenosti površine snegobrana, a određuje se prema tabeli 6.31

Tabela 6.31: Uticaj zapunjenosti površine snegobrana

| | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| Zapunjenost površine snegobrana | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
| Koeficijent k | 0,74 | 0,86 | 1,00 | 1,14 | 1,29 |

Ako je brzina vetra sa snegom velika, tada se preporučuje usvajanje veće udaljenosti snegobrana od ivice puta približno za 5 m.

Ako jedan red snegobrana nije dovoljan za ukupno odlaganje snega, onda treba ili postaviti još jedan red ili povećavati visinu već postavljenog snegobrana.

Snegobrani trebaju biti dugi 80 do 100 m. Ako se postavljaju u više redova, onda se redovi moraju preklapati.

Stručna dokumentacija:

Snow fence guide, Strategic Highway Research Program, National Research Council, SHRP-W/FR-91-106, Washington, DC 1991

7.3.4 ZAŠTITA OBJEKATA OD VIBRACIJA

7.3.4.1 Uvodni deo

Vibracije, koje proizvode motorna vozila utiču i na objekte na putevima. Ipak obim eventualnih oštećenja na objektima ne zavisi samo od saobraćaja nego i od brojnih drugih faktora, koji utiču na stanje objekata, a naročito od načina građenja, starosti i održavanja objekata.

U priručniku su dati postupci za analizu uticaja vibracija koje su posledica saobraćaja na putevima, i to

- mogućnost pojave oštećenja na konstrukcijama usled vibracija i
- mogućnost povećanja oštećenja na konstrukcijama i pojave nekonstruktivnih oštećenja usled vibracija.

U ovom priručniku upotrebljeni stručni termini imaju sledeće značenje:

Ranjivost objekta (damageability, Verletzbarkeit) je osetljivost objekta na pojavu oštećenja.

Vibracije (vibration, Vibration) su mehanička njihanja tvrdih predmeta sa potencijalno štetnim učinkom opterećenja.

7.3.4.2 Analiza stanja objekta

7.3.4.2.1 Osnove

U statičkom smislu objekte treba oceniti na osnovu važeće zakonske regulative u vreme građenja ili rekonstrukcije. Za ocenu

otpornosti objekata na uticaj vibracija merodavni su:

- Pravilnik o privremenim tehničkim propisima za izgradnju na seizmičkim područjima (Sl. list SFRJ br. 39/64) i
- Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata na seizmičkim područjima (Sl. list SFRJ, br. 31/81).

Za objekte, koji su izgrađeni pre 1967. godine, treba oceniti statičku ispravnost na osnovu stručnog pregleda objekta. Kod toga treba uzeti u obzir sledeće uticaje:

- način građenja,
- starost objekta,
- održavanje i
- fundiranje.

Za objekte, izvedene posle 1967 godine, kao osnovni dokument za statičku ocenu objekta služi građevinska dozvola.

7.3.4.2.2 Ocena mogućnosti nastanka oštećenja

Mogućnost nastanka oštećenja na objektima radi vibracija koje prouzrokuju motorna vozila treba proveravati sa merenjima vibracija i analizom rezultata obavljenih merenja.

Merenja vibracija se moraju obaviti i rezultati vrednovati u skladu sa standardom DIN 4150-3 (Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3. Einwirkungen auf bauliche Anlagen). Oprema za izvođenje merenja vibracija mora odgovarati standardu DIN 45 669-1 in DIN 45 669-2.

Ocena uticaja vibracija na objekte mora se izvršiti prema graničnim vrednostima iz važećeg standarda. Ove vrednosti navedene su u tabeli 7.3.4.1.

Tabela 7.3.4.1: Informativne granične vrednosti za brzine njihanja V_i za procenu učinka kratkotrajnih vibracija (tresenja) na objekte

| Vrsta objekta | Informativne vrednosti za brzinu njihanja V_i (mm/s) | | | |
|--------------------------|--|------------|-------------|------------------------------------|
| | Temelji - frekvencije | | | Krovni elementi frekvencije- Hz |
| | 1 – 10 Hz | 10 – 50 Hz | 50 – 100 Hz | |
| - Industrijski, zanatski | 20 | 20 – 40 | 40 – 50 | 40 |
| - Stambeni | 5 | 5 – 15 | 15 – 20 | 15 |
| - Posebno osetljiv | 3 | 3 – 8 | 8 – 10 | 8 |

Kad su prekoračene informativne granične vrednosti njihanja navedene u tabeli 7.3.4.1,

onda su uzrok za pojavu oštećenja na objektima ili elementima konstrukcija

isključivo vibracije. Kad navedene informativne granične vrednosti nisu prekoračene, onda treba napraviti ocenu nastanka odnosno širenja oštećenja na objektu na osnovu sledećih uticajnih faktora:

- vrste nosivih zidova,
- fundiranja objekta,
- povezanosti nosivih zidova,
- održavanja objekta,
- udaljenosti objekta od puta,

- prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja,
- stanja kolovoza u području objekta.

7.3.4.2.3 Merila za ranjivost objekta

Merila za ocenu važnih uticaja na ranjivost objekta detaljno su obrađena i opredeljena u tabeli 7.3.4.2.

Tabela 7.3.4.2: Ocena uticaja na nastanak oštećenja na objektima usled vibracija

| | | |
|---|---------------|----------------------|
| 1 Vrsta nosivih zidova | | F₁ |
| Nearmirani zidovi – kamene zgrade | | 4 |
| Nearmirani zidovi – seoske zgrade od opeke | | 3 |
| Nearmirani zidovi – gradske zgrade od opeke | | 2 |
| Delimično armirani zidovi – solidno izgrađene zgrade od opeke | | 1 |
| Armirani zidovi | | 0 |
| 2 Temeljenje objekta | | F₂ |
| Bez temelja | | 4 |
| Poddimenzionirani temelji starih zgrada (npr. od složenog kamena) | | 3 |
| Temelji od nearmiranog betona | | 2 |
| Armiranobetonski trakasti temelji i temeljne ploče | | 1 |
| Fundiranje na šipovima | | 0 |
| 3 Povezanost nosivih zidova | | F₃ |
| Drveni stropovi bez veza (zatega) | | 4 |
| Svodovi u prizemlju bez veza (zatega) | | 3,5 |
| Svodovi u prizemlju sa vezama | | 3 |
| Drveni stropovi sa horizontalnim +vezama | | 2,5 |
| Drveni stropovi sa horizontalnim i vertikalnim vezama | | 2 |
| Armirano betonski stropovi | | 1 |
| Armirano betonski stropovi s vertikalnim vezama | | 0 |
| 4 Održavanje objekta | | F₄ |
| Jako dobro održavan | | 4 |
| Dobro održavan | | 3 |
| Slabo održavan | | 2 |
| Sa nedostacima održavan | | 1 |
| Neodgovarajuće – nije održavan | | 0 |
| 5 Udaljenost objekta od ivice puta | Metara | F₅ |
| (spoljna ivica bankine, koritnice ili hodnika za pešake) | 0 – 2 | 4 |
| | 2 – 4 | 3 |
| | 4 – 8 | 2 |
| | 8 – 16 | 1 |
| | nad 16 | 0 |

| 6 PGDS – prosečni godišnji dnevni saobraćaj | Broj/dan | F ₆ |
|---|--------------|----------------|
| Teška teretna vozila (TT + TTP) | više od 1000 | 4 |
| nosivosti > 7 t i autobusi | 500 – 1000 | 3 |
| | 250 – 500 | 2 |
| | 10 – 250 | 1 |
| | manje od 10 | 0 |

| 7 Stanje kolovoza | Jačina | MSI | Ocena stanja | F ₇ |
|---------------------------------------|----------|--------------|--------------|----------------|
| Udarne rupe, deformacije (neravnosti) | > 4 mm/s | više od 2,8 | jako slabo | 4 |
| | > 3 mm/s | 2,2 – 2,8 | slabo | 3 |
| | > 2 mm/s | 1,6 – 2,2 | granično | 2 |
| | > 1 mm/s | 0,8 – 1,6 | dobro | 1 |
| | | manje od 0,8 | jako dobro | 0 |

Vrste nosivih zidova (F₁) određene su u odnosu na ranjivost objekta po principu osetljivosti na vibracije odnosno po principima potresnog inženjerstva.

Kad su značajnija oštećenja objekta posledica slabo izvedenog temeljenja ili različitih sleganja, tada u svakom slučaju treba uzeti u obzir F₂ = 4.

Povezanost nosivih zidova (F₃) određena je ukleštenjem u međuspratne konstrukcije, dok su temelji određeni po principu određivanja osetljivosti objekata na potresna opterećenja: sa faktorom se uzima u obzir i starost objekta, odnosno vreme od zadnje veće rekonstrukcije (npr. protivpotresnog ojačanja).

Obzirom da je određivanje održavanja objekta (F₄) subjektivno i kriterijumi za preglede moraju da budu jedinstveni.

Uticaj saobraćaja na objekat (F₅) smanjuje se sa povećanjem udaljenosti od ivice kolovoza. Obzirom da prodiranje vibracija zavisi od karakteristika temeljnog tla onda iste treba verifikovati odgovarajućim merenjima.

Merodavno saobraćajno opterećenje koje utiče na pojavu odnosno povećanje oštećenja na objektima (F₆) predstavlja broj teških teretnih vozila i autobusa na dan (PGDS). Njihov broj se određuje pomoću odgovarajućeg brojanja saobraćaja.

Stanje kolovoza (udarne rupe, deformacije) u velikoj meri utiče na vibracije (tresenje) kojem

su izloženi objekti. Kao posledica lošeg stanja kolovoza pojavljuju se oštećenja (F₇).

Kad su merenja ovih vibracija dostupna onda iste treba uzeti u obzir u skladu sa navedenim merama. U suprotnom slučaju, kao merodavan uticaj na jačinu vibracija, treba uzeti u obzir stanje kolovoza sa odgovarajućim faktorom oštećenja (modifikovanim švajcarskim indeksom - MSI) koji se određuje po jednačini

$$MSI = \Sigma(n \times A_i \times S_i) = 0,6 \times A_r \times S_r + 0,4 \times A_d \times S_d$$

gde su:

- n – faktor uticaja
- A_i – obim oštećenja
- S_i – jačina oštećenja
- r – udarna rupa
- d – (deformacija)

Obim oštećenja A_i podeljen je u 3 razreda:

- 1. razred: do 10 % ugrožene površine
- 2. razred: preko 10 do 50 % ugrožene površine
- 3. razred: preko 50 % ugrožene površine

Jačina oštećenja S_i je podeljena u 3 razreda - tabela 7.3.4.3).

Tabela 7.3.4.3: Podela jačine oštećenja na asfaltnom kolovozu

| Vrsta oštećenja | Razred | | |
|--|---|---|--|
| | 1 | 2 | 3 |
| - Udarna rupa (A _r , S _r) | nema ih ili su u nastajanju | veličine do 300 cm ² , okrnjen/oljušten sloj bitumenizirane mešavine | veličine preko 300 cm ² oljušten sloj bitumenizirane mešavine |
| - Deformacije / neravnine (A _d , S _d) | nema ih ili su (podužne) duboke do 1 cm | podužni valovi, duži od 2 m i duboki do 3 cm | kratki podužni valovi, dugi, dublji od 3 cm (kolotrazi) |

Na osnovu ocena navedenih uticajnih faktora treba odrediti ukupni uticaj vibracija na pojavu oštećenja na objektima po jednačini

$$PO = \Sigma(G_n \times F_n)$$

gde je:

G_n – udeo pojedinog faktora

F_n – broj tačaka u odnosu na uticaj pojedinog faktora datog u tabeli 7.3.4.2

odnosno po jednačini:

$$PO = PO_o + PO_s + PO_k$$

gde je:

PO_o – uticaj objekta:

$$PO_o = 0,10 \times F_1 + 0,10 \times F_2 + 0,15 \times F_3 + 0,05 \times F_4$$

PO_s – uticaj saobraćaja:

$$PO_s = 0,10F_5 + 0,15F_6$$

PO_k – uticaj kolovoza:

$$PO_k = 0,35 F_7$$

Na osnovu procenjene vrednosti oštećenja treba odrediti ranjivost – osetljivost objekta na vibracije koje prouzrokuju motorna vozila odnosno saobraćaj na putevima, kao što je navedeno u tabeli 7.3.4.4.

Navedene osnove za ocenu uticaja vibracija na pojavu odnosno povećanje oštećenja na objektima su informativne te ih treba na konkretnim slučajevima još verifikovati.

Tabela 7.3.4.4: Ocena ranjivosti objekata sa vibracijama

| Razred ranjivosti | Vrednost PO | Ranjivost objekta |
|-------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | do 0,8 | vrlo mala |
| 2 | više od 0,8 do 1,6 | mala |
| 3 | više od 1,6 do 2,4 | srednja |
| 4 | više od 2,4 do 3,2 | velika |
| 5 | više od 3,2 do 4,0 | vrlo velika |