

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



INŽENIRSKA BIOLOGIJA

Franci STEINMAN



Vir: <http://www.ingenieurbiologie.ch>

Ljubljana, februar 2009

Avtor: prof. dr. Franci Steinman, univ. dipl. inž. grad.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem

Soavtorji: Jože Papež, univ. dipl. inž. gozd.
Podjetje za urejanje hudournikov d.d.
asist. Gašper Rak, univ. dipl. inž. VKI
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem
asist. Karin Kozelj, univ. dipl. inž. agr.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem

Kazalo

1. UVOD - GOSPODARJENJE Z VODAMI

- 1.1 Osnovni pojmi
- 1.2 Osnove vodnogospodarskega načrtovanja
- 1.3 Gospodarjenje z vodami
- 1.4 Nacionalni program urejanja voda
- 1.5 Voda in gozdna krajina

2. TLA, RELIEF, EROZIJA IN EROZIJSKA GEOMORFOLOGIJA

- 2.1 Naravne danosti
 - 2.1.1 Opredelitev naravnih danosti
 - 2.1.2 Kompleksnost analiziranja in napovedovanja učinkov
 - 2.1.3 Omejitve pri gospodarjenju v prostoru
 - 2.1.4 Optimizacija razmerij med rabami tal v prostoru z vodnogospodarskega in erozijskega vidika
- 2.2 Erozijski procesi
 - 2.2.1 Erozijski pojavi in pojmi
 - 2.2.2 Vzroki, nastanek in razvoj erozijskih procesov
 - 2.2.3 Posledice erozijskih procesov
 - 2.2.4 Posledice zgodovinskega gospodarskega razvoja
- 2.3 Erozijska geomorfologija
 - 2.3.1 Erozijska z vodo – hudourniki
 - 2.3.2 Erozijska z vetrom
 - 2.3.3 Erozijska z ledom
 - 2.3.4 Snežna erozijska
 - 2.3.5 Kvali- in kvantitativna analiza erozije tal

3. ZGODOVINSKI RAZVOJ IN DEFINICIJA INŽENIRSKO BIOLOGIJE

- 3.1 Omejitve inženirskobioloških ukrepov
- 3.2 Pravilno zaporedje izvajanja inženirskobioloških ukrepov
- 3.3 Razčlenitev inženirskobioloških ukrepov
- 3.4 Inženirska biologija v Sloveniji

4. BIOTEHNIČNO UKREPANJE IN NAČRTNA RABA VEGETACIJE

- 4.1 Spontano zaraščanje (naravna sukcesija)
- 4.2 Biotehnično ukrepanje
- 4.3 Omejitve pri izboru rastlinskih vrst
- 4.4 Načrtna raba vegetacije

5. GLAVNE RASTLINSKE VRSTE, KI SO UPORABNE V INŽENIRSKI BIOLOGIJI IN NJIHOVE ZNAČILNOSTI

- 5.1 Izbor drevninskih vrst
 - 5.1.1 Izbor možnih vrst
- 5.2 Pestrost vegetacije
- 5.3 Funkcije drevnine

6. IZVEDBA DEL – POSEBNOSTI DEL Z ŽIVIM GRADIVOM, PREDHODNA PRIPRAVLJALNA DELA NA POBOČJIH TER INICIALNI PROTIEROZIJSKI UKREPI

- 6.1 Priprava tal
- 6.2 Travišča
- 6.3 Sajenje
- 6.4 Pravilno zaporedje izvajanja tehničnih del
- 6.5 Tehnični ukrepi za površinsko vezanje zemljin
- 6.6 Inicialni protierozijski ukrepi

7. BIOTEHNIČNA DELA

- 7.1 Zatravitvena dela
 - 7.1.1 Ozelenitev z uporabo rastne pulpe
- 7.2 Pogozdovalna dela
- 7.3 Biotehnična zavarovanja z opornimi zidovi
- 7.4 Čas in način izvedbe biotehničnih ukrepov

8. INŽENIRSKOBIOLOŠKI UKREPI - NAČRTOVANJE IN IZVEDBA

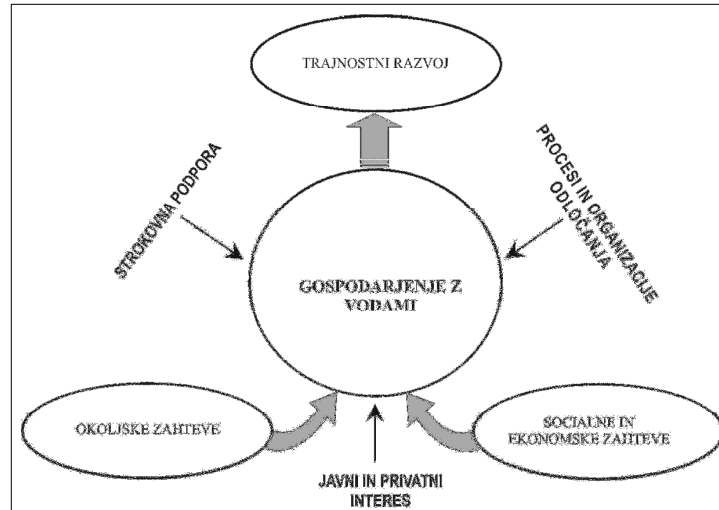
- 8.1 Urejanje vodotokov ob upoštevanju vodnega režima
 - 8.1.1 Prečne zgradbe
 - 8.1.2 Ukrepi ob vodotokih
- 8.2 Utrjevanje in protierozijske zaščite pobočij in brežin
- 8.3 Sanacija erozijskih jarkov in odvodnjavanja
- 8.4 Protierozijski ukrepi nad gozdno mejo
- 8.5 Zaščita krušljivih pobočij
- 8.6 Zaščita pred drsenjem in plazenjem snega

9. VZDRŽEVANJE IN NEGA IZVEDENIH UKREPOV

- 9.1 Začetna oskrba in vzdrževanje
- 9.2 Pomen vzdrževanja

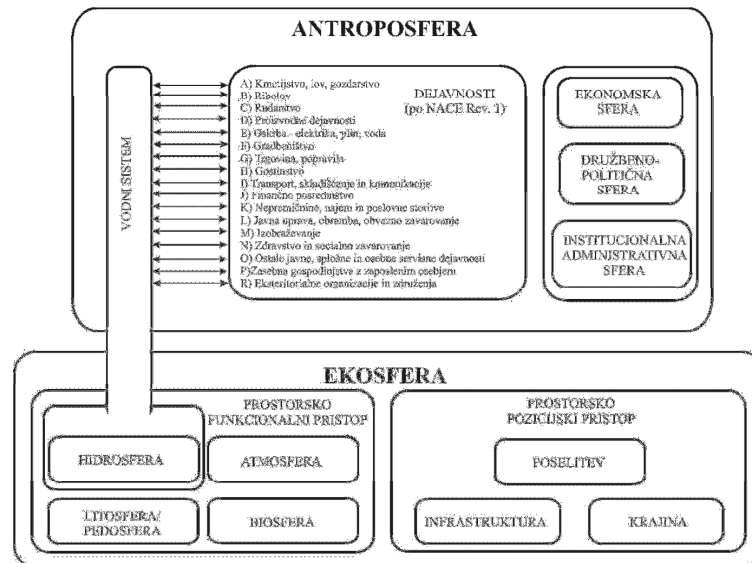
1.1 Osnovni pojmi

Zunanji dejavniki pri gospodarjenju z vodami



1.1 Osnovni pojmi

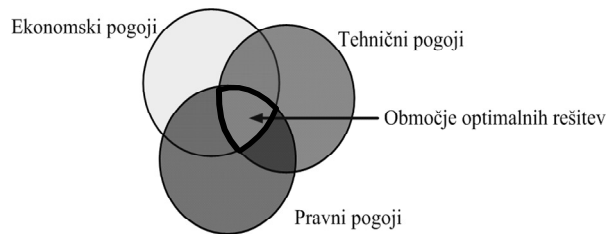
Vodno gospodarstvo – osnovni pojmi



INŽENIRSKA BIOLOGIJA 1. Uvod - Gospodarjenje z vodami	1.1 Osnovni pojmi
	<u>Gradbeništvo po Standardni klasifikaciji dejavnosti (SKD)</u>
	45.1 pripravljalna dela na gradbiščih (rušenje objektov, zemeljska dela, raziskovalno vrtanje in sondiranje...)
	45.2 gradnja objektov in delov objektov (splošna gradbena dela, postavljanje ostrešij in krovna dela, gradnja cest...)
	45.3 inštalacije pri gradnjah (električne, vodovodne, plinske, sanitarne in druge inštalacije, izolacijska dela)
	45.4 zaključna gradbena dela (fasaderska dela, vgrajevanje stavbnega in drugega pohištva, oblaganje sten in tal, steklarska in pleskarska dela...)
	45.5 dajanje strojev in naprav za gradnjo in rušenje v najem , skupaj z upravljalci strojev
	3

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 1. Uvod - Gospodarjenje z vodami	1.1 Osnovni pojmi
	74.20 projektiranje in tehnično svetovanje
	74.201 geodetsko, geološko, geofizikalno, geokemično in drugo opazovanje, meritve in kartiranje (geološke in rudarske raziskave, topografska in hidrografska izmera, geodetska dejavnost, izmera mej in parcelacija zemljišč...)
	74.202 prostorsko planiranje in urbanistično načrtovanje (izdelava prostorskih planov in prostorskih izvedb. aktov ter izdelovanje lokacijske dokumentacije)
	74.203 arhitekturno in gradbeno projektiranje in z njim povezano tehnično svetovanje (projektiranje in z njim povezano tehnično svetovanje pri visokih in nizkih gradnjah, urejanju zemljišč, krajinske arhitekture in urejanje krajine...)
	74.204 Drugo projektiranje in tehnično svetovanje (projektiranje strojnih inštalacij, projektiranje električnih inštalacij in naprav, konstruiranje strojev in naprav, projektiranje proizvodnih procesov, tehnični nadzor...)
	4

1.1 Osnovni pojmi



Dejavnosti se
odvijajo v
različnih
pogojih

“P-E-T pristop” - celostna obravnava!

Urejenost in
dostopnost
podatkov za
dejavnosti



5

1.1 Osnovni pojmi

Klasifikacija gradbenih objektov

Ljubljana, 1999, Prirejeno po Classification of Types of Constructions (CC), EUROSTAT, Luxemburg, 1997 (vir: SURS, Ljubljana)

- Objekti visoke gradnje ali stavbe
 - stanovanjske stavbe
 - nestanovanjske stavbe
- Objekti nizke gradnje ali gradbeni inženirski objekti
 - objekti prometne infrastrukture
 - cevovodi, komunikacijski in električni vodi
 - kompleksni industrijski objekti
 - drugi objekti nizke gradnje (vodnogospodarski objekti)

6

1.1 Osnovni pojmi

Človekovi posegi

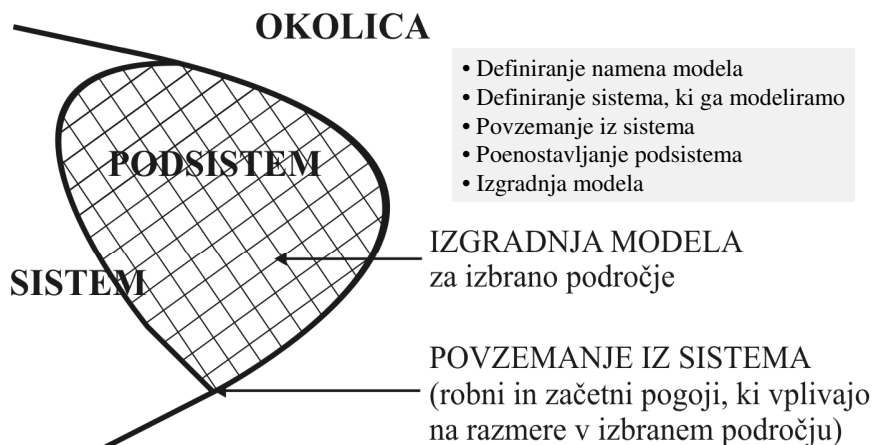
- **sistemi** (zaključene funkcionalne celote, sestavljeni iz več elementov, tj. naslednjih vrst posegov)
- **objekti** (stavbe in gradbeni inženirski objekti – standardi!)
- **naprave** (postrojenja, sklop strojev, itd. – standardi!)
- **ureditve** (posegi, ki niso ne objekti ne naprave – le delno po standardih)
- **območja s pravnim režimom** (omejitve, zapovedi, prepovedi)

7

1.1 Osnovni pojmi

➤ Inženirski pristop – modeliranje:

Namen izdelave modela je sposobnost odgovoriti na vprašanje o sistemu ne da bi se ukvarjali s sistemom samim



1.1 Osnovni pojmi**Koraki pri modeliranju**

- Določanje namena modela (vprašanje, na katero naj model odgovori)
- Povzemanje iz sistema
- Poenostavljanje sistema
- Določanje omejitev modela (zaradi vgrajenih predpostavk)
- Določanje robnih in začetnih pogojev
- Izgradnja modela
- Verifikacija in kalibracija modela (potrebne meritve!)
- Uporaba modela za odgovor na zastavljeno vprašanje

9

1.1 Osnovni pojmi**Zakon o urejanju prostora**

- **graditev** (gradbenih objektov – 3 stopnje zahtevnosti)
- **drugi posegi v prostor** (različni ukrepi)

Delitev ukrepov:

- **Obogatitveni** (npr. novogradnje)
- **Sanacijski** (npr. rekonstrukcije)
- **Nadomestni** (izravnalni – kompenzacijski)

Zakon o graditvi objektov

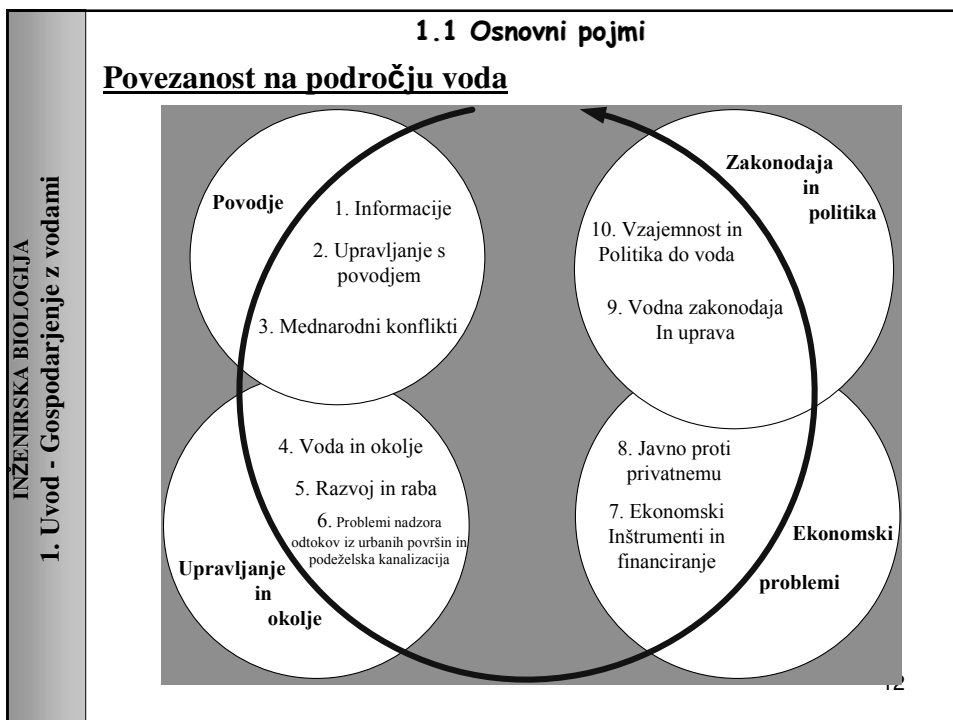
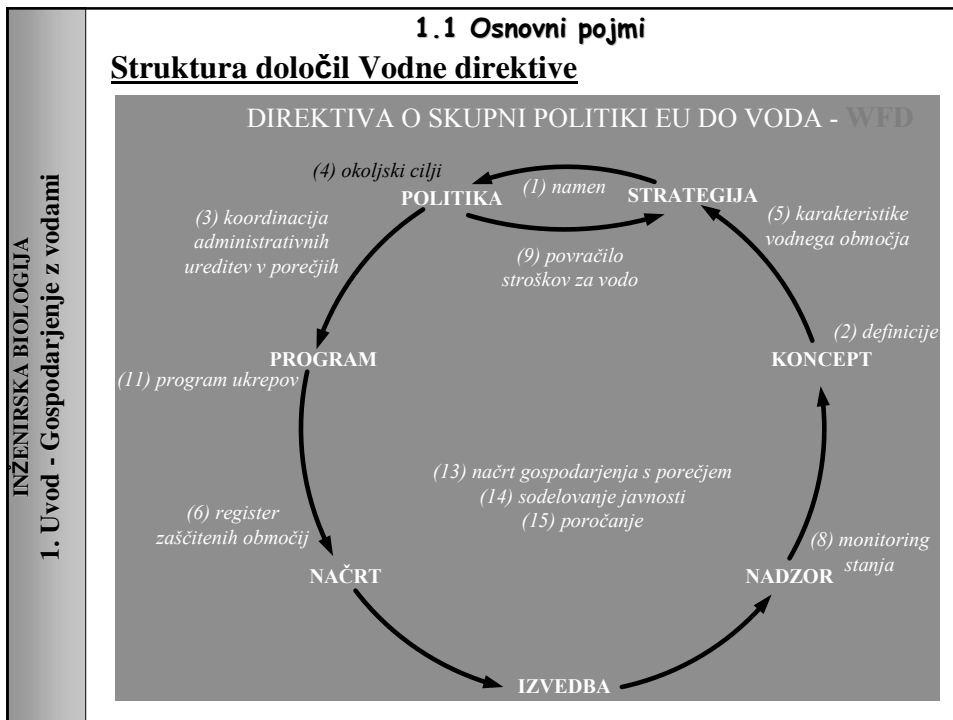
izpolnjevanje 6 bistvenih zahtev!

Zakon o vodah

in EU Direktive (Vodna direktiva, o ravnanju pri poplavih,
o ravnanju z odpadnimi vodami, o nevarnih snoveh, o mokriščih itd.)

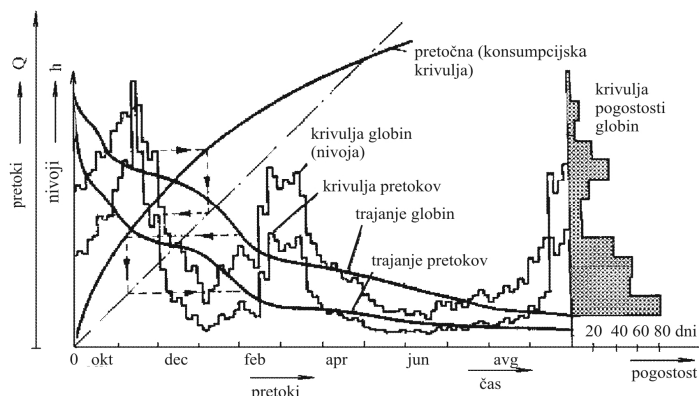
Zakon o varstvu okolja (lastnina?), Zakon o ohranjanju narave, itd.

10



1.2 Osnove vodnogospodarskega načrtovanja

Obdelava merjenih podatkov



Pojasnilo	Q-odtok m ³ /s	Nivo vode cm
Najvišja znana vrednost, datum je podan	Qv(p)	Hv(p)
Najvišja vrednost v danem časovnem obdobju	vQv(k)	vHv(k)
Srednje visoke vrednosti, časovno obdobje je podano - konica	sQv(k)	sHv(k)
Srednja vrednost v danem časovnem obdobju	sQs	sHs
Srednje nizke vrednosti, časovno obdobje je podano - konica	sQn(p)	sHn(p)
Najnižja vrednost v danem časovnem obdobju	nQn(p)	nHn(p)
Najnižja znana vrednost, datum je podan	Qn(p)	Hn(p)

13

1.2 Naravne danosti - Vode v slovenskem prostoru

Vir: Strategija Vodnega gospodarstva:

- povprečno cca. 1500 mm/leto
- v alpskem svetu tudi nad 4000 mm, v Pomurju pod 800 mm
- celotno zbirno območje vseh vodotokov, ki prečkajo državne meje in tečejo preko Slovenije obsega 43.274 km², (površina Slovenije le 20.251 km²)

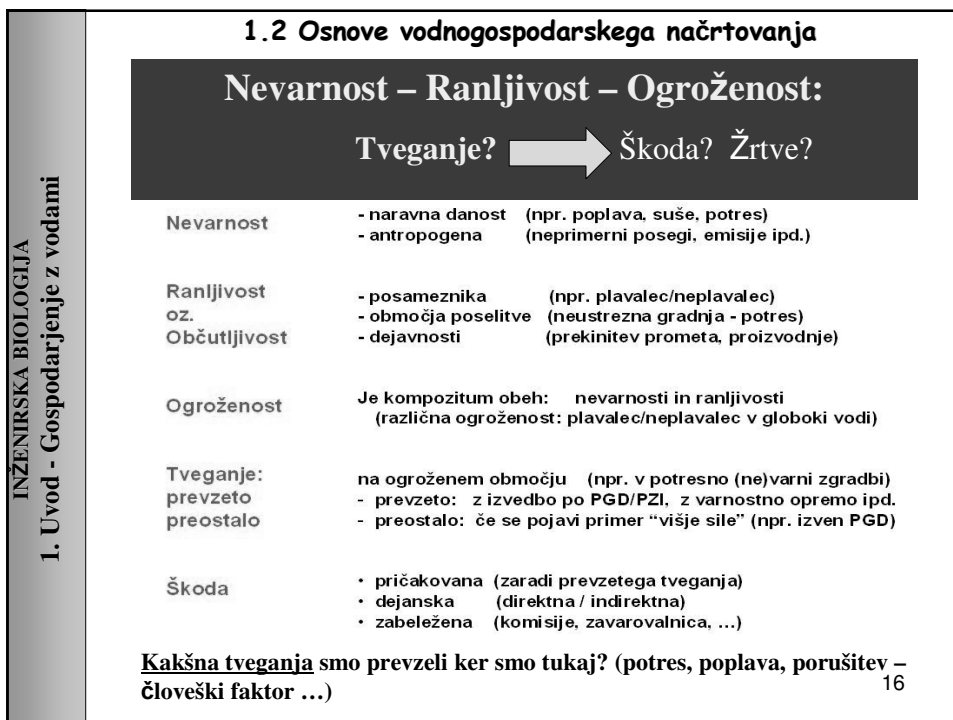
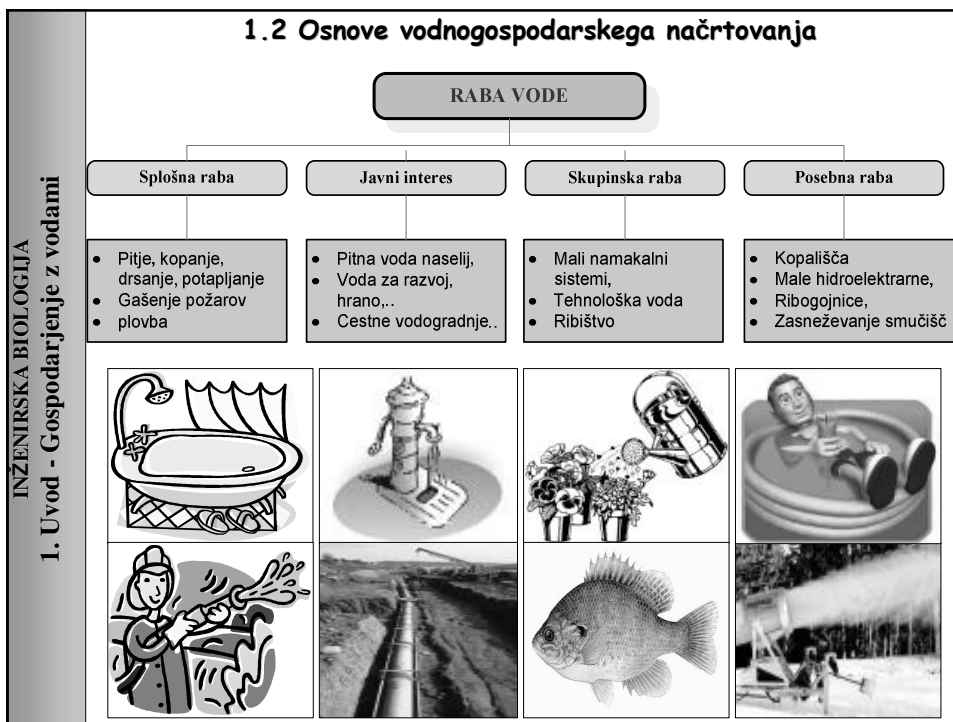
Minimalni odtoki na prehodu čez državno mejo

Porečje Drave	72,8 m ³ /sek
Porečje Save	40,4 m ³ /sek
obalno morje s Sočo	13,5 m ³ /sek
torej znaša skupni minimalni odtok iz RS	126,7 m ³ /sek

Vodotok	vQ _{v(k)}	nQ _{n(k)}	Razmerje
Mura	1440 m ³ /sek	35,9 m ³ /sek	40:1
Drava	2708 m ³ /sek	55,0 m ³ /sek	49:1
Sava	3650 m ³ /sek	46,3 m ³ /sek	79:1
Soča	1900 m ³ /sek	11,6 m ³ /sek	164:1

Razmerja med maksimalnimi in minimalni pretoki večjih rek

14



1.2 Osnove vodnogospodarskega načrtovanja

TVEGANJE

Je mera za verjetnost in resnost povratnih učinkov.

Ovrednotenje tveganja je empirična, kvantitativna, znanstvena dejavnost (npr. ugotavljanje verjetnosti in resnosti posledic – škode, poškodb,...)

VARNOST

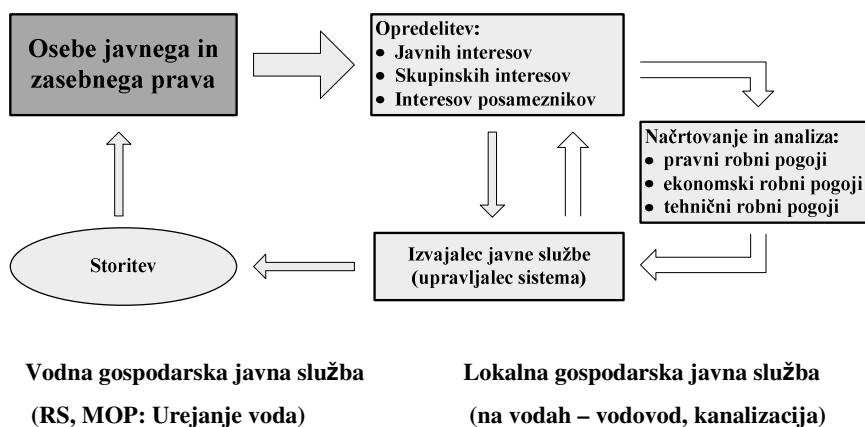
Presoja varnosti je odločanje o sprejemljivosti tveganj – normativna, kvalitativna, politična dejavnost.

Inženirstvo: določanje faktorjev varnosti glede na ugotovljena tveganja (prevzeta in preostala)

17

1.2 Osnove vodnogospodarskega načrtovanja

Dva ciklusa procesov od izraženega interesa do zagotovljene storitve javne službe



18

1.2 Osnove vodnogospodarskega načrtovanja

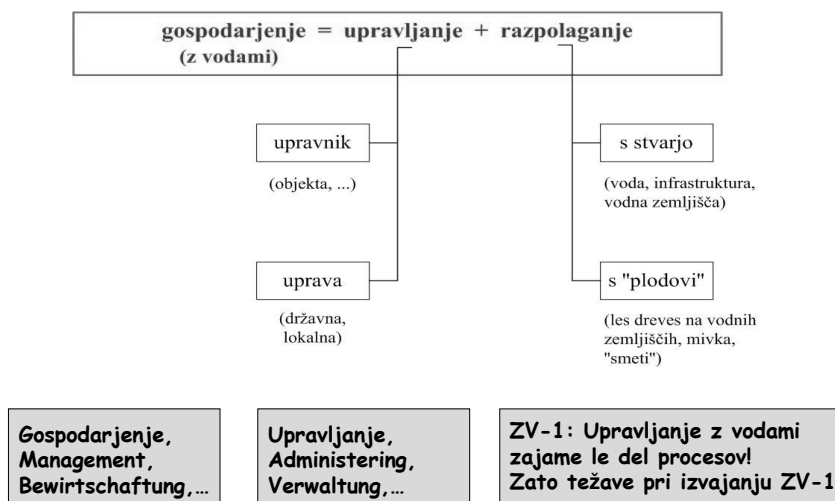
Vodnogospodarske količine za rabo voda

1. **Osnovni pretok Q_0 (m³/s);** (oz. dotok v obravnavani prerez). Glede na cilje obravnave je potrebno upoštevati različne (povprečne ali kritične) vrednosti.
2. **Odvzeti pretok Q' (m³/s);** ki predstavlja skupne količine zaradi:
 - izhlapevanja in ponikanja,
 - biološkega minimuma, ki mora kot ekološko sprejemljivi pretok (QES) ostati v vodotoku,
 - odjema količin za ostale rabe vode (industrija, pitna voda,...).
3. **Razpoložljivi pretok $Q_1 = Q_0 - Q'$ (m³/s).**
4. **Uporabni pretok Q_e (m³/s);** kot del pretoka Q_1 , na katerega lahko računamo pri načrtovanju objektov (npr. turbine, črpalke...), ki ga je možno torej gospodarsko izrabiti.
5. **Največji uporabni pretok Q_i (m³/s);** to je največji možni Q_e , pogojen z objektom; Q_i je torej konstantna količina (ti. instalirani pretok).
6. **Potrebni odtok Q_b (m³/s),** podan z linijo porabe (za različne porabnike vode)
7. **Deficit odtoka $Q_f^- = Q_e - Q_b$ (m³/s)** za $Q_b > Q_e$ (negativna vrednost),
suficit odtoka $Q_f^+ = Q_e - Q_b$ (m³/s) za $Q_b < Q_e$ (pozitivna vrednost).

19

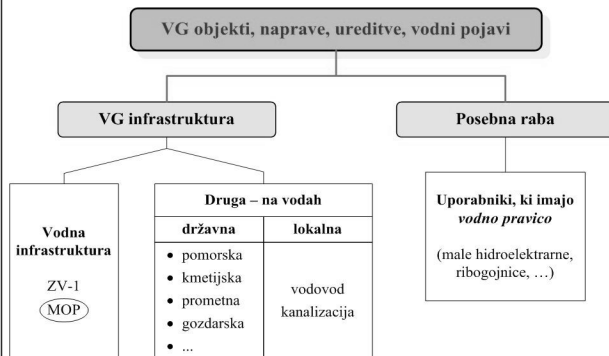
1.3 Gospodarjenje z vodami

Gospodariti ali upravljati ?



20

Vodna infrastruktura je le del objektov na vodah



“Status”
vodnogospodarskih objektov, zemljišč, vodnih pojavov je **raznovrsten**:

Pravni status (javno dobro, infrastruktura, skupna in posebna raba)

Stanje v katastru (zgradb, naprav, ureditev, zemljišč raznih vrst)

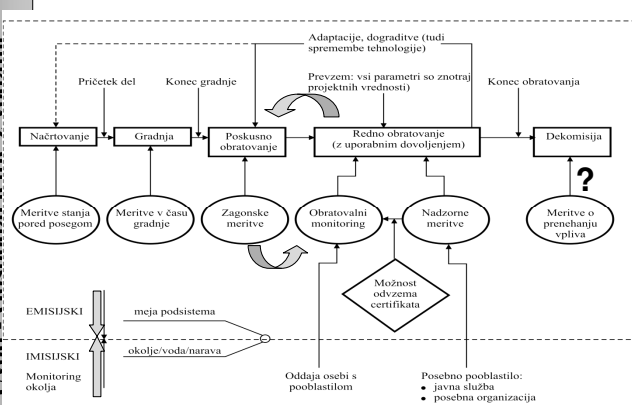
Stanje v naravi (dejanska raba – statična in dinamična, glede na prisotnost vode).

V zbirni kataster GJS se zbira vsa infrastruktura na vodah, (ne le Vodna)

Za gospodarjenje z vodami je pomembno vedeti “vse o vodah”!

Monitoring – določanje antropogenega vpliva

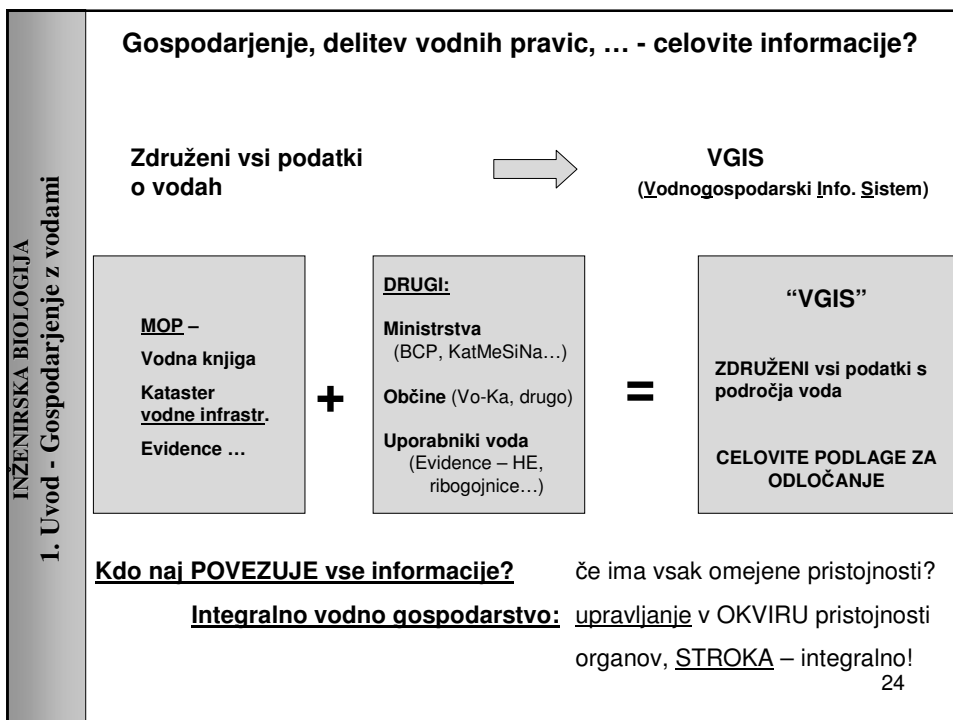
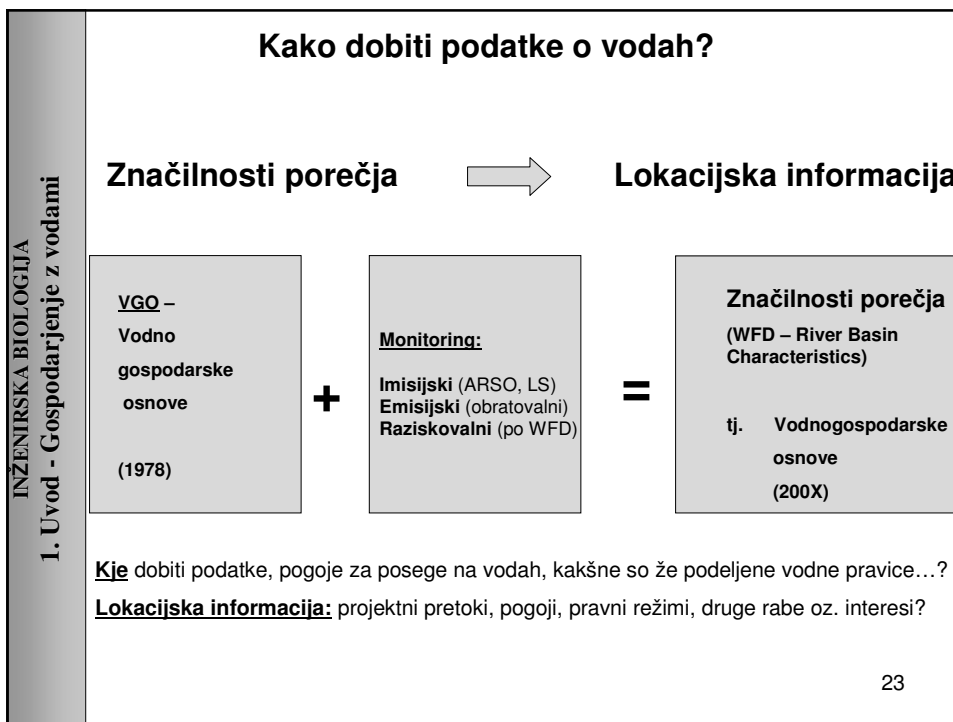
Antropogeni vpliv:



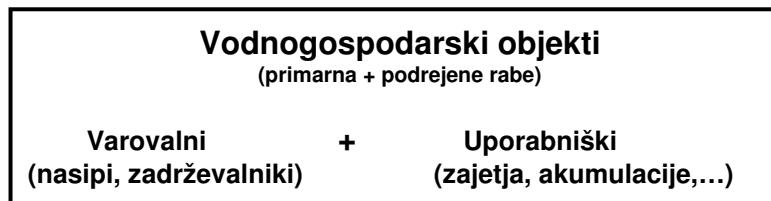
Monitoring: (po WFD)
Imisijski (ARSO, LS)
Emisijski (obratovni)
Raziskovalni oz.
Poizvedovalni

Ali vsi monitoringi skupaj prikazujejo dejansko stanje v RS?

Spremljanje stanja (monitoring) v življenjskem ciklusu objekta !



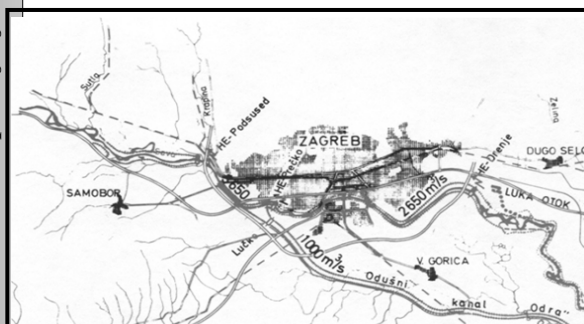
Zasnova vodnogospodarskih objektov



25

Shema – vodni potenciali, sedimenti, vodne pravice...

- “Dobro stanje voda” - ekološko, kemično ali količinsko stanje voda
- “Odtočni režim” – pretoki, smeri tokov, robni pogoji (zajezba,...)
- “Cilji investitorjev” – poseg, nato izravnalni in/ali obogatitveni ukrepi



V Sloveniji MANJKA:

Odtočni režim – npr. Sava,
(izgradnja verige HE, drugo)

VG načrt za vsa porečja
v RS

(voda, sedimenti, temp....)

Vodnogospodarska osnova Zagreba, <http://193.2.92.57/vodinfra/>

26

ZGO in vodnogospodarski objekti

Izpolnjevanje **6 bistvenih zahtev** po ZGO-1 za:

- 3 hidrometeorološka stanja** (najmanj: sušno, običajno, mokro leto)
- 3 izvore obtežbe** (naravni pojavi, delovanje sistema, njihovo sovplivanje)
- 3 obratovalna stanja** (običajno, izjemno, ekstremno)

Večje število obtežbenih primerov: kdo naj zahteva potreben obseg?

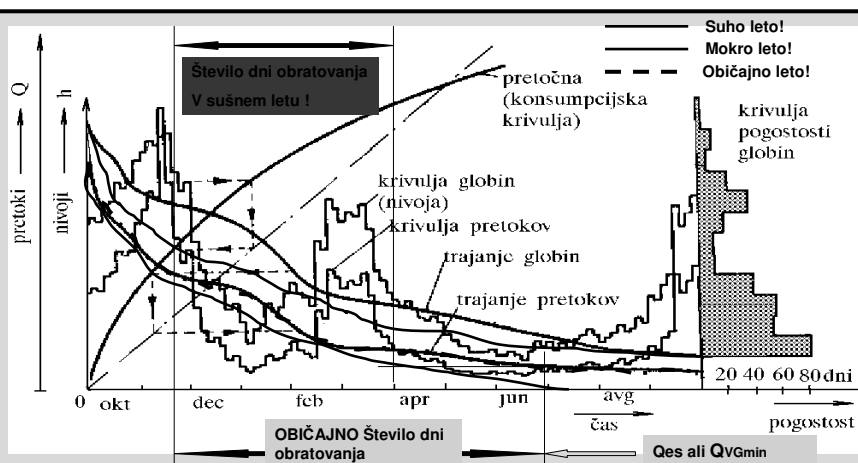
projektant, revident, pristojna uprava, investitor?

naj minimalni obseg določi IZS?

OP: Kaj storiti pri recenziji/reviziji, če nekatere analize, pa tudi sestavljeni obtežbeni primeri niso vključeni, ker pač niso bili naročeni?

Vodnogospodarski podatki z vodomerne postaje

Krivulja trajanja pretokov



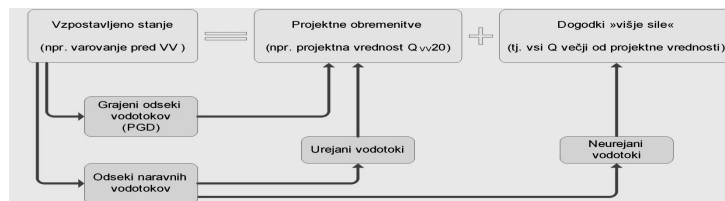
OP: Če bi npr. za mHE, bil izdelan izračun za (najmanj) mokro, običajno in sušno leto, investitor že v naprej prevzame tveganje, saj ve, da občasno ne bo vogje!

Kdaj nastopi primer višje sile ?

Projektni parametri:

- projektni pretoki (dovoljen odvzem/izpust, Q_{100} ipd.)
 - zahtevana kakovost (npr. dovoljeni izpusti, stopnja čiščenja ČN),
 - zanesljivost sistema (npr. oskrba z vodo 360 dni/leto ipd.), itd.
- določajo, katere funkcije so s projektno rešitvijo zagotovljene.

Primer vodotoka:



Tako je razmejena odgovornost projektanta oziroma izvajalca (po projektu) od ti. »primera višje sile«. Po ujmi, okvari, idr. ---- "POKALKULACIJA".

29

Ravnati kot dober gospodar!

ZAKLJUČKI:

- Nujno je potreben integralni "VGIS" – baza vseh podatkov o vodah (sektorskih, obratovalnih, raziskovalnih...)
- Tehnološka shema naj bo obvezna sestavina projekta – za opis stanja, odtočnega režima in funkcij projekta/posega
- Določiti je treba minimalni obseg obtežnih primerov – 3 naravna stanja, 3 viri obtežbe, 3 obtežna stanja, ...
- Svetovalna dejavnost in Varstvo davkoplačevalcev – naloge IZS v javnem interesu

30

1.4 Nacionalni program urejanja voda

- **Varstvo pred vodo**
- **Varstvo vode**
 - Varstvo kakovosti vode*
 - Varstvo količin*
- **Ekonomski vidiki vodnega gospodarstva (VG)**
 - Opredelitev dejavnosti VG*
 - VG v luči gospodarskih gibanj in strukture družbenega proizvoda*
 - Značilnosti financiranja VG*
 - Premožnje VG Slovenije*

31

Varstvo pred vodo

- Poplavljanje
- Erozijsko in hudourniško delovanje voda
- 70 % nižinskih vodotokov
- 30 % hudourniških strug
- Erozijski pojavi razprostranjeni na več kot 40 % ozemlja Slovenije

**Gostota rečne mreže
[km/km²]**



Vir: Nacionalni program urejanja voda, 1992

32

Ekonomski vidiki VG

Voda kot javna dobrina v splošni rabi nima cene v smislu tržnega produkta, povzroča pa stroške za vzdrževanje in urejanje vodnih režimov



Družba mora zagotavljati najmanj sredstva za enostavno reprodukcijo (vzdrževanje, popravila, obnavljanje ipd.) zgrajenih objektov in za vzdrževanje vodnih režimov naravnih vodotokov.

33

1.7 Voda in gozdna krajina

Gospodarjenje z gozdom za izboljšanje njegove hidrološke vloge

- *ohranjanje in izboljševanje vodne politike s ciljem celostnega upravljanja vodozbirnih območij,*
- *ohranjanje in krepitev gozdnih ekosistemov v prid boljšemu reguliranju vodnega režima,*
- *dejavno preprečevanje procesov, ki bi lahko kakorkoli poslabšali stanje voda oz. povečali verjetnost razdiralnih učinkov voda in spremljevalnih pojavov,*
- *ohranjanje in izboljševanje kakovosti talnih in površinskih voda in njihovih virov.*

34

Domači dokumenti - gozd in voda

Med najpomembnejše dokumente, ki se nanašajo na gozd in vodo in gozdarski stroki narekujejo smotrno ravnanje z gozdom v prid izboljšanju hidroloških lastnosti gozda:

- *Zakon o gozdovih (2007)*
- *Zakon o varstvu okolja (2006)*
- *Zakon o vodah (2004)*
- *Pravilniku o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih*
- *in drugi zakonom podrejeni pravilniki*

Funkcije, pomembne za gospodarjenje z gozdom za vodo:

- *varovanje gozdnih zemljišč in sestojev (varovalna funkcija)*
- *hidrološka funkcija in*
- *zaščitna funkcija.*

35

Mednarodni dokumenti - gozd in voda

Med mednarodnimi dokumenti, ki neposredno zadevajo gospodarjenje z gozdom za vodo oz. hidrološko funkcijo:

- *Vodna direktiva (Directive 2000/60/EC)*
- *Konferenca ZN v Rio de Janeiru (1992)*
 - *Deklaracija o okolju in razvoju (Rio deklaracija)*
 - *Agenda 21 (opis konceptov kot izhajajo iz deklaracije)*

36

Upravljanje s krajino v gozdarstvu

Načela:

- *sonaravno gozdarstvo in nega gozda*
- *Večnamensko gospodarjenje*
- *Prost dostop*
- *Prepoved sečnje na golo*

Funkcije gozdov:

- *Ekološke: varovalna, biotopska, klimatska, hidrološka,*
- *Socialne: rekreacijska, turistična, zaščitna, raziskovalna, higiensko-zdravstvena, ohranjanje biotske raznovrstnosti, varovanje naravne in kulturne dediščine, estetska*
- *Proizvodne: lesnoproizvodna, lovnogospodarska, pridobivanje drugih gozdnih dobrin*

37

Gozdovi s posebnim namenom in gozdni rezervati

Gozdovi s posebnim namenom so gozdovi, v katerih je izjemno poudarjena zaščitna, rekreacijska, turistična, poučna, obrambna ali estetska funkcija.

Cilj: krepitev socialnih funkcij gozda

Gozdni rezervati so gozdovi, ki so in bodo zaradi poudarjene raziskovalne in higiensko-zdravstvene funkcije prepuščeni naravnemu razvoju in so v večini primerov zaradi tega pridobili tudi poudarjeno biotopsko funkcijo in funkcijo ohranjanja biotske raznovrstnosti. V njih je zato praviloma prepovedano gospodarjenje in drugi posegi.

Cilj: ohranjanje visoke biotske pestrosti gozdov in drugih ekoloških lastnosti, preučevanje razvoja gozdov.

38

Varovalni gozdovi

Gozdovi, ki v zaostrenih ekoloških razmerah varujejo sebe, svoje zemljišče in nižje ležeča zemljišča, in gozdovi, v katerih je izjemno poudarjena katerakoli druga ekološka funkcija.

Cilj: preprečevanje erozijskih pojavov, varovanje infrastrukturnih objektov, uravnavanje vodnega režima in preprečevanje nesreč zaradi visokih ali hudourniških voda, izboljševanje klime.

Načrti za gospodarjenje z gozdovi

- *Program razvoja gozdov v Sloveniji,*
- *Načrti za gospodarjenje z gozdovi*
- *Gozdnogospodarski načrti območij in gospodarskih enot.*

Načrti za gospodarjenje z gozdovi se izdelujejo ne glede na lastništvo gozdov. Z gozdom gospodari lastnik na osnovi odločbe, s katero se določijo potrebna gojitvena in varstvena dela, količina in struktura dreves za največji možni posek ter usmeritve in pogoji za sečnjo in spravilo lesa.

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

2.1 NARAVNE DANOSTI

2.1.1 Opredelitev naravnih danosti

- Podnebje
- Površje
- Kamninska sestava tal
- Pokrovnost tal
- Vodnatost

Podnebje

Padavine
prostorska in časovna razporeditev

Intenzitete kratkotrajnih nalivov

Mikroklimatske značilnosti
(osončenost, temperaturna nihanja, smeri vetra)

Snežnost

1

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

Površje

- **Orientacija površin**
- **Nagib površin**
- **Hrapavost površin**

Hribine

Hribine delimo v:

- kamenine
- zemljine in
- rodna tla.

Hribine sistematično razvrščamo po:

- poreklu-starosti, izvoru, načinu nastanka
- mineralni in kemični sestavi
- debelini slojev in njih medsebojni legi
- sestavi po zlogu in zrnatosti

2

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

HRIBINE

magmatske kamnine:

- tvorijo	nad 95%	zemeljske skorje
-----------	---------	------------------

zemljine:

- pokrivajo	nad 75%	zemeljske površine
	nad 95%	uporabnih površin

ZLOG KAMENIN

- masivne
- razpokane
- plastovite
- skrilaste

3

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

LASTNOSTI HRIBIN

<ul style="list-style-type: none"> • poroznost <ul style="list-style-type: none"> - aktivna - primarna - sekundarna • gostota <ul style="list-style-type: none"> - naravno suhe - z vodo zasičene - pod vodo • prepustnost • kapilarni dvig • nosilnost • stabilnost 	<ul style="list-style-type: none"> • vlačnost <ul style="list-style-type: none"> - zelo mokra - mokra - naravno vlažna - suha - zelo suha • erodibilnost • obdelovalnost • plodnost <ul style="list-style-type: none"> - neplodna - pogojno plodna - mestoma plodna - plodna
--	---

4

DOVOLJENE OBREMENITVE HRIBIN		
INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	Kamnine	[q_a [kN/m²]
	- kompaktne (prvotnine)	2000-10.000
	- razpokane in organogene	600- 1.500
	Zemljine	[q_a [kN/m²]
	- prod	400-600
	- debel pesek	350-450
	- srednji pesek	250-350
	- droben pesek:	
	- suh	200-300
	- vlažen	150-250
	- melj:	
	- suh	200-250
	- vlažen	150-200
	- moker	100-150
- glina	<500 ^ø	

ZEMLJINE		
INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	a) nepreložene preperine (eluvij)	- gravitacijske vodne odkladnine
	b) preložene odkladnine	▪ pobočni nanosi.
	- gravitacijske odkladnine	- naplavine ali aluvij
	▪ podornine,	▪ hudourniške naplavine,
	▪ pobočni grušči,	▪ rečne naplavine.
	▪ melišča.	- vetrne ali eolske odkladnine
	- plazni narivi	▪ živi pesek,
	▪ ledeniške groblje,	▪ puhlice,
	▪ snežni narivi,	▪ presipi,
	▪ narivi zemeljskih plazov.	▪ sipine.

Kamninska sestava tal

- Zrnavost zemljine (določa podvrženost erozijskim silam narave)
- Združba zemljin (zrnavosti) → značilna mešanica drevesnih vrst in zvrsti podrastja

Plodna tla → erozija vetra in tekočih voda

POKROVNOST POVRŠIN

- goličave,
- travišča, zeliščno rastje,
- grmišča,
- drevesno rastje - gozdovi,
- krčevine,
- obdelovalne - kmetijske površine,
- močvirne površine,
- vode,
- urbane površine
- in druge rabe.

7

Pokrovnost tal

Obraslost tal

- uravnava zračne tokove, gibanje voda, infiltracijsko sposobnost zemljišč, stabilnost zemljišč, rastiščne pogoje, rastlinsko zaščitenost tal
- kazalec dosedanje rabe prostora (biotičnih in abiotičnih pojavov, stopnje ogroženosti ali uporabnosti prostora)

8

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

RASTLINSKA ODEJA VPLIVA NA ...

- **uravnavanje lokalne klime,**
 - prečiščevanje zraka
 - temperaturna nihanja
 - jakost vetrov
 - zasenčevanje
- **snežno odejo,**
 - intercepcija
 - nalet snega z vetrom
 - snežni profil
 - preobrazba snega
 - kopnenje
- **tvorbo, obnovo in ohranjanje tal,**
- **padavinsko vodo in njeno odtekanje,**
 - intercepcija
 - površinski odtok
 - ponikanje
 - poraba za rast
 - prepustnost
 - bogatenje vode
 - zadrževanje odtekanja
- **zaščito zemljišč pred izpiranjem in plazenjem**

9

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

Vodnatost

Odtok voda

- Trajanje pretočnih hitrosti voda kazalec erozivnih sil tekočih voda
- Krivulje trajanja pretokov voda
- Metode vrednotenja pretočnih hitrosti voda v hudourniških strugah in strugah dolinskih vodotokov

10

FUNKCIONALNA VODNA ZEMLJIŠČA

- neposredna območja izvirov
- erozijska žarišča
- plazljiva zemljišča
- plazovita območja
- struge hudournikov s 4m-skim obrežnim pasom
- zaplavne in ožje poplavne površine
- z razvojnimi načrti določeni varstveni, vodni in zaplavni rezervati.

11

KATASTRSKA VODNA ZEMLJIŠČA

so lastninsko izločene površine, ki lahko spremene namembnost, če izgube značaj funkcionalnih vodnih zemljišč.

Povprečna razmerja v prepustnosti različnih tal

	Indeks prepustnosti
Zbita pašniška tla	1
Tla gnojenega travnika	14
Tla obrasla z grmičevjem	17
Dobra gozdna tla	50

12

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	Sprejem vode	
	1 kg	Sprejem vode (kg)
	Suhega peska	0,25
	Lončarske gline ali rumene njivske zemljine	0,50
	Gozdne prsti	2,00 – 3,00
	Gozdnega mahu	7,00
	13	

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	Prepustnost tal (Pelišek, 1952-1955)		
		Prepustnost indeks v 1 h	10 cm² (cm³) vode
	Pašniška tla na planinah	1	200 ~ 0,2
	Rjava gozdna tla pod redkim smrekovim mladjem in travno rušo	10	1860 ~ 2
	Rjava gozdna tla, rahlo degrediranega zaradi vpliva 3. generacije smrekove kulture	15	2960 ~ 3
	Rjava gozdna tla pod sklenjenim smrekovim sestojem	25	5060 ~ 5
	Humozna tla v pragozdu	45	8750 ~ 9
	Erodiranost glede na vrsto kulture		
	Vrsta kulture	Erodirano	
	Poljedelska zemljišča, zapuščena polja in goljave	25% površine	
Pašniki	23% površine		
Gozdovi	7% površine		

2.1.2. Kompleksnost analiziranja in napovedovanja učinkov



Hudourniško vodozbirno območje (SALZER, 1886) 15

Količina padavin

Dejavniki časa nastopa najvišjega odtoka in količine odtoka (odtočni koeficient):

velikost zlivnega območja, oblika zlivnega območja, količina in intenziteta padavin, nagib pobočij zlivnega območja, prepustnost tal, vrsta in gostota rastlinske odeje, podolžni padec in oblika struge vodotoka

Odtočni koeficient

Po Wang-u

Za pretežno poljedeljska območje (prepustna tla)	0,33 – 0,35
Za gorata območja, z mnogo gozdovi	0,35 – 0,45
Za gorata območja, z malo gozdovi	0,45 – 0,55
Za gorata območja s skalnimi goljavami	0,50 – 0,70

16

Odtočni koeficient		
<i>Po Singer-ju</i>		
	Letne padavine h	Odtočni koeficient
Za ravnine, do 150 m/nm	500-600 mm	0,25
Za sredogorje, 150 – 900 m/nm	700-1700 mm	0,40
Za gorovje nad 1500 m/nm	> 2500 mm	0,77
<i>Po Hofman-u (Kanal ob Soči, 1926)</i>		
za december	0,45	
za maj	1,31	

17

PRIREJENA KVANTITATIVNA METODOLOGIJA ANALIZE POVRŠINSKE EROZIJE (PUH + IGLG po <i>prof. Gavriloviću (1972)</i>)	
Klasifikacija vodozbirnih območij glede na količinske kazalce.	
Stopnja erodiranosti površin "Z" (koeficient relativne erozije):	
$Z = Y \times X \times (\varphi + \sqrt{I_f})$	
<ul style="list-style-type: none"> • erozijski koeficient "Z" • koeficient erodibilnosti hribine "Y" • koeficient rastlinske zaščite tal "X" • koeficient "φ" (tip in razvojna stopnja erozijskih procesov) • povprečni nagib "I_f" celotnega območja 	

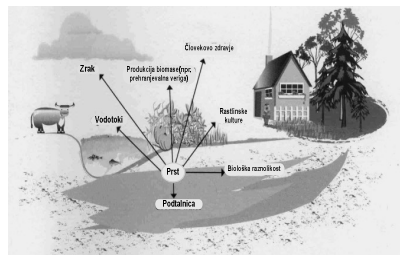
18

ANTROPOGENI DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA EROZIJSKE PROCESSE IN ŠKODE:

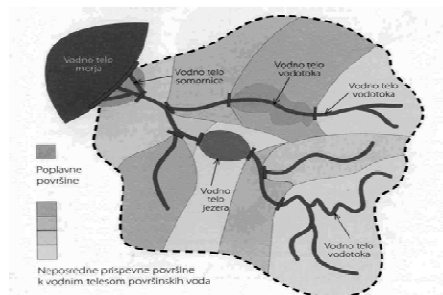
- "divja" urbanizacija
- neupoštevanje "nevarnih območij"
- neurejeno odvodnjavanje javnih in gozdnih prometnic
- nespoštovanje gozdnega reda
- divja odlagališča v hudourniških koritih

19

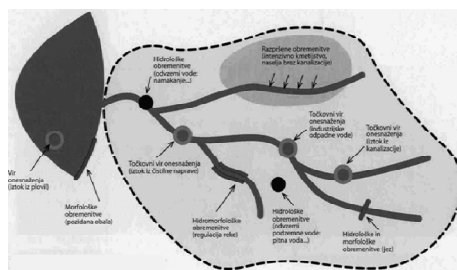
2.1.3. Omejitve pri gospodarjenju v prostoru Presoja vplivov na okolje



Funkcionalne povezave med elementi okolja



Neposredne prispevne površine k vodnim telesom površinskih voda



Ključni tipi okoljskih obremenitev 20

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

Presoja vplivov na okolje

- Pri posegih v prostor/okolje/naravo/vode je treba oceniti vpliv nanje.
- Metodologije za izdelavo presoj se (še vedno) razvijajo.
- Zato si oglejmo enega od zgodnjih pristopov, ki je s pomočjo (vnaprej dogovorjenih) uteži poskušal določiti sintezno oceno, ki ni več temeljila na opisnem ocenjevanju (sprejemljivo, pogojno sprejemljivo, nesprejemljivo).

21

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

Presoja vplivov na okolje

Preglednica 1: BATTELE SISTEM VREDNOTENJA OKOLJA. Pregledni seznam parametrov ocene. Številke so priporočene uteži ali točke pomembnosti parametrov

VPLIVI NA OKOLJE 1000			
EKDLOGIJA 240	ONESNAŽEVANJE OKOLJA 402	PRIETNOST OKOLJA 153	DRUŽBENI ČLOVEKOVINTERESI 203
<p>Vrste in populacije</p> <p>Kopne (14) Živali, ki se pasajo ali mlajo lute (14) Poljščine (14) Naravno rastije (14) Bolezenske vrste (14) Kopne lovne ptice</p> <p>Vodne (14) Gospodarski ribolov (14) Naravna vegetacija (14) Bolezenske vrste (14) Športni ribolov</p> <p>Biotopi in združbe</p> <p>Kopni (12) Prehrabene verige (12) Raba tal (12) Redke in omejene vrste (12) Pestrost vrst</p> <p>Vodni (12) Prehrabene verige</p> <p>Ekosistem - rgoj</p>	<p>Onesnaževanje vode</p> <p>(20) Izguba vode iz zlitnega območja (25) BOD (31) Raztopljeni kisik (18) Coliformne klise iz odpadkov (12) Neorganski ogljik (25) Neorganski dušik (28) Neorganski fosfor (16) Fitofarmaceutska sredstva (18) Reakcije tal (28) Spremembe v toku vodotokov (28) Temperatura</p> <p>Onesnaževanje zraka</p> <p>(5) Ogjikov monoksid (5) Ogjikov dioksid (10) Dušikovi oksidi (5) Prašni delci (5) Fotokemični oksidanti (10) Žveplov oksidi (5) Drugo</p> <p>Onesnaževanje zemljišč</p> <p>(14) Raba tal (14) Erozijska tal</p> <p>Hrup</p> <p>(14) Hrup</p>	<p>Zemljišče</p> <p>(6) Matična kamnina na vrhu območja (16) Relief ta značaj topografije (10) Širina in vzorec</p> <p>Zrak</p> <p>(3) Smrad in dim (2) Zvoki</p> <p>Voda</p> <p>(10) Videz vode (16) Slik vode in kopna (6) Smrad in plavajoče snovi (10) Vodna plošče (10) Gozdnata ali štalna obala</p> <p>Biotični sve</p> <p>(5) Domače živali (5) Divje živali (9) Raznolikost tipov rastijs (5) Raznolikost znotraj posameznih tipov rastijs</p> <p>Grajne strukture</p> <p>(10) Grajene strukture</p> <p>Kompozicija</p> <p>(15) Združen učinek</p>	<p>Izobraževanje, znanost</p> <p>(13) Archeologija (13) Ekologija (11) Geologija (11) Hidrologija</p> <p>Dediščina zgodovinske vrednosti</p> <p>(11) Arhitektura in slogi (11) Digeolki (11) Osebe (11) Verstva in kulture (11) Zapadne meje - kolonizacija</p> <p>Kulture - ljudstva</p> <p>(11) Indijanci (7) Druge etnične skupine (7) Verske skupine</p> <p>Vozdušje - atmosfera</p> <p>(11) Prezvetost, strna, zposodijanje (11) Osamitev, samotnost (4) Skrivnostnost</p> <p>Življenjski vanci</p> <p>(13) Zaposlitvene možnosti (13) Bivalne možnosti (11) Družbeni stiki</p>

Spremljanje stanja (monitoring)

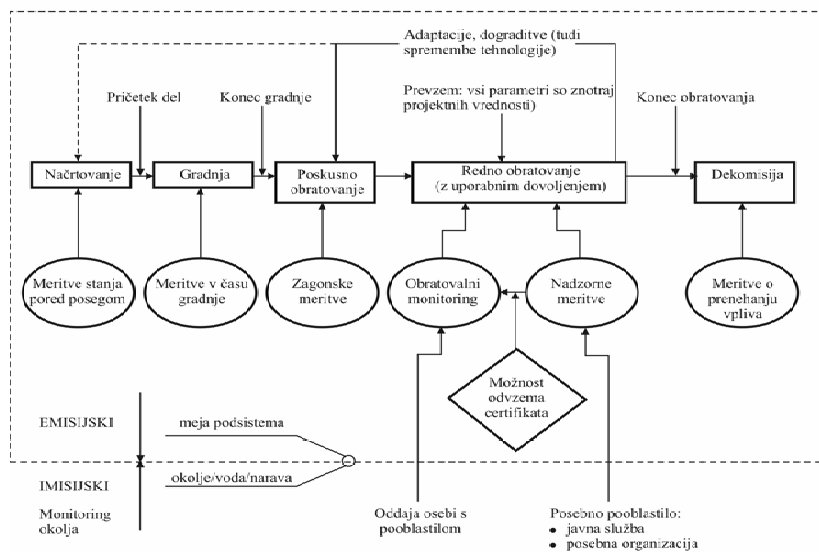
- Spremljanje stanja obsega več vrst opazovanj, npr.:
 - monitoring okolja,
 - obratovalni monitoring,
 - idr. → po ZVO.
- V nadaljevanju je podana **splošna shema Obratovalnega monitoringa**, tj. celovitega spremljanja obratovanja nekega subjekta s ciljem, ugotoviti, ali je obratovanje vedno v skladu z omejitvami (po predpisih, po drugih aktih).

Izravnalni in obogatitveni ukrepi

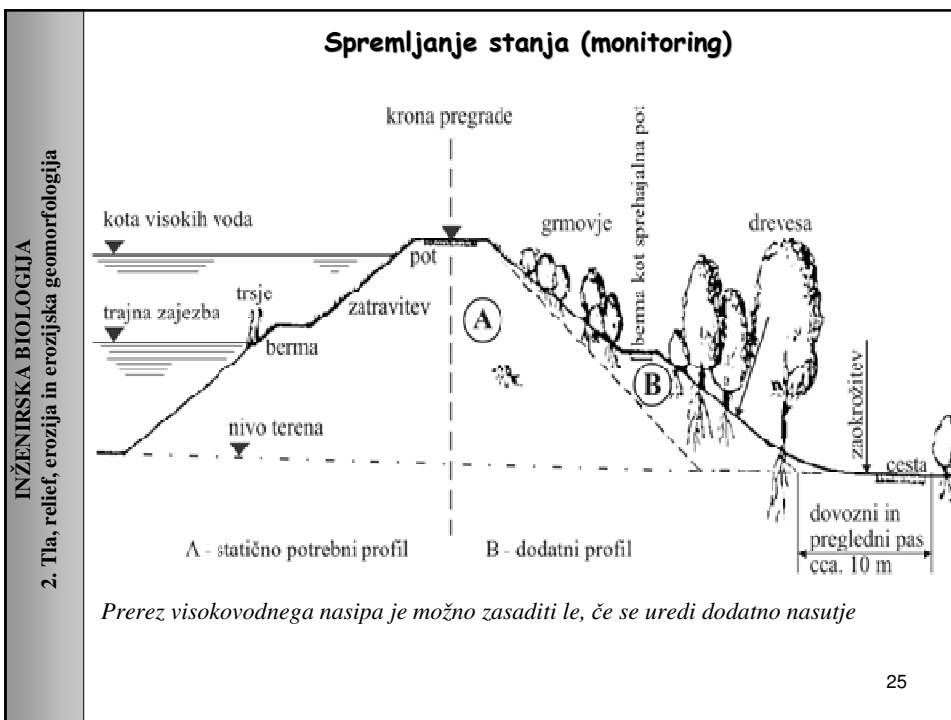
- Kadar se s spremljanjem stanja ugotovijo (neljube) spremembe, se lahko uporabijo **izravnalni (kompenzacijski) ukrepi**, kot je **npr. ureditev nadomestnega biotopa na drugi lokaciji**.
- Možna pa je tudi **ureditev z obogatitvenimi ukrepi**, s katerimi še dodatno obogatimo krajino. Tak primer je **npr. ureditev zarasti na nasipih** – problem ponavadi nastane pri pokrivanju investicije v dodatni profil (B₂₃).

Spremljanje stanja (monitoring)

Obratovalni monitoring



Prikaz splošne sheme monitoringa v življenjskem ciklu objekta



Urejanje medsebojnih razmerij med uporabniki

Izvedba objektov, naprav, ureditev ali uveljavitev omejitev in dolžnosti zahteva najprej urejanje medsebojnih razmerij med uporabniki prostora (v ožji in širši okolici).

Primer: urejanje odtočnih razmer - vsebina v prostorskem planu

- Raba prostora bi načeloma morala biti usklajena z danostmi.
- Pogosto pa sanacija stanja na eni lokaciji zahteva spremembo stanja na drugi lokaciji.

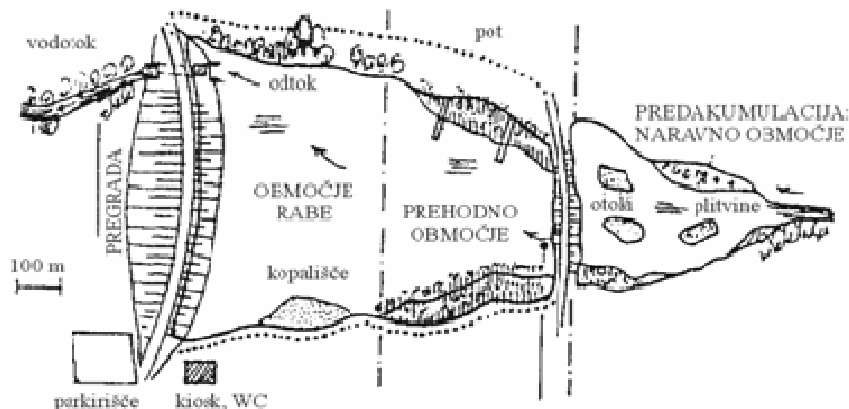
Na podlagi karte ogroženosti z visokimi vodami se predlagajo ureditve odtočnega režima s katerimi se zmanjša poplavna škoda.

26

Urejanje medsebojnih razmerij med uporabniki

Primer: coniranje območij v akumulaciji

S pomočjo uveljavljanja območij s pravnim režimom je mogoče razporediti različne rabe prostora tako, da se medsebojno ne izključujejo.



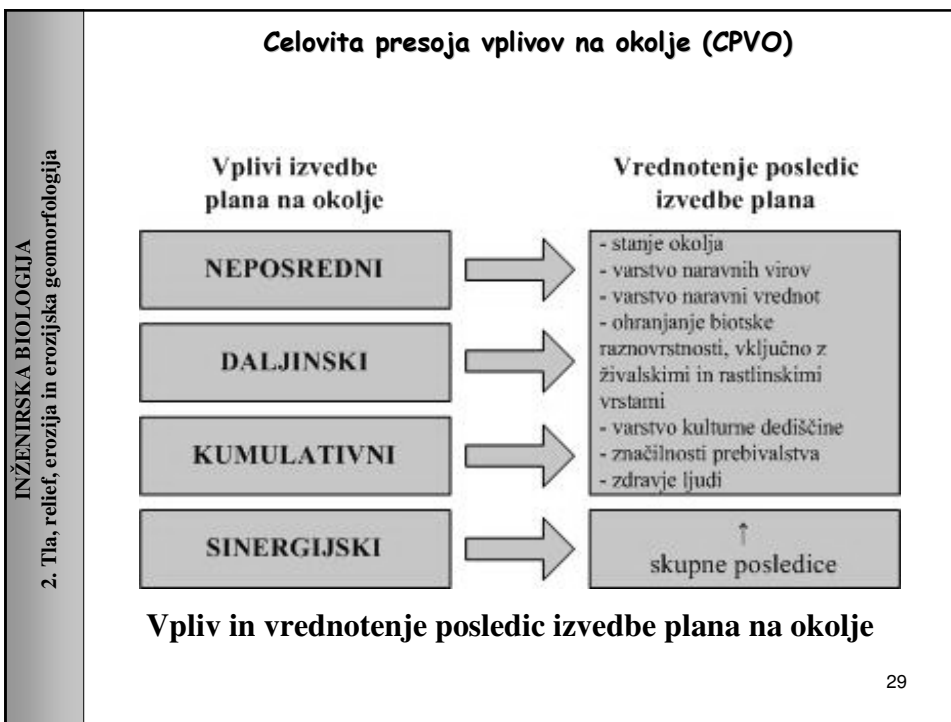
Z ureditvijo predakumulacije se zajamejo sedimenti, zato se varuje prostornina glavne akumulacije 27

Celovita presoja vplivov na okolje (CPVO)

- Zakon o varstvu okolja (ZVO-1-UPB1)
- Uredba o okoljskem poročilu in podrobnejšem postopku celovite presoje vplivov izvedbe planov na okolje

Celovita presoja vplivov na okolje se izvede za področje:

- | | |
|----------------------------|---|
| ◇ urejanja prostora, | ◇ prometa, |
| ◇ upravljanja voda, | ◇ ravnanja z odpadki in odpadnimi vodami, |
| ◇ gospodarjenja z gozdovi, | ◇ oskrbe prebivalstva s pitno vodo, |
| ◇ ribištva, | ◇ telekomunikacij, |
| ◇ rudarstva, | ◇ turizma. |
| ◇ kmetijstva, | |
| ◇ energetike, | |
| ◇ industrije, | |



Celovita presoja vplivov na okolje (CPVO)

Ocena vplivov izvedbe plana na okoljske cilje plana je sestavljena iz podocen vsake od ugotovljenih posledic izvedbe plana na uresničevanje okoljskih ciljev plana.

Vrednotenje vplivov plana na uresničevanje okoljskih ciljev plana se ugotavlja v naslednjih velikostnih razredih:

razred A : ni vpliva oziroma je pozitiven vpliv; razred B : vpliv je nebistven; razred C : vpliv je nebistven zaradi izvedbe omilitvenih ukrepov;	razred D : vpliv je bistven; razred E : vpliv je uničujoč; razred X : ugotavljanje vpliva ni možno.
--	--

30

2.1.4. Optimizacija razmerij med rabami tal v prostoru z vodnogospodarskega in erozijskega vidika

Vodno gospodarstvo

Zagotavlja javni interes na vodah (celinske vode, morje in vodno okolje) s tem, da uravnoteži naravne danosti in človekove potrebe po vodi tako, da ohranja zdravo vodno okolje.

Obsega:

- urejanje odtočnega režima, da se zagotovi obramba pred poplavami in erozijo
- varstvo vodnih količin in zalog ter varstvo kakovosti voda
- spremljanje stanja voda
- usmerjanje gradnje in vzdrževanja vodnogospodarske infrastrukture
- urejanje vodotokov in zbiralnikov vode
- zbiranje in obdelava za vodno gospodarstvo pomembnih podatkov
- urejanje meddržavnih vodnogospodarskih zadev

31

Osnove vodnogospodarskega načrtovanja

Vodnogospodarski načrt

I. PROSTOR NAČRTOVANJA Prispevno območje (povodje, porečje)

- Politične razmere
- Naravne danosti
- Prebivalstvo in gospodarstvo

II. RAZPOLOŽLJIVA VODA Površinske vode, podzemne vode

- Naravne danosti
- Potrebne danosti
- Viri
- Dosegljivost

III. POTREBE PO VODI -raba in dejavnosti

- Vodooskrba
- Kvaliteta (čiščenje odpadne vode)
- Urejanje odtoka in zaščita pred visokimi vodami
- Kmetijstvo
- Vodne moči
- Smučišča, idr.

IV. VODNA BILANCA

- Osnove vodne bilance
- Vodna bilanca v času načrtovanja
- Vodna bilanca čez 30 let

ZV-1: Načrt urejanja voda (ožji)

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	Osnove vodnogospodarskega načrtovanja Predpisi urejajo naravne in druge nesreče Kaj lahko naredi posameznik, družba? Spremembe v naravi? Spremembe pri ljudeh?	
	Naravni viri nevarnosti: - <u>Presežki in pomanjkanje voda</u> (visoke vode – poplave, plazovi, porušitve, sušne razmere – omejitve dejavnosti, ipd.) - <u>spreminjanje odtočnih razmer – narava</u> (kratkoročna in dolgoročna nihanja – pogostost in obseg vremenskih ekstremov, poraslost, erozija, snežne zaloge ipd.) - <u>Ekstremni dogodki</u> v naravi (nevihte, potresi, tsunami, vulkani, ipd.): za naravo so ekstremi potrebni – selekcija!	Antropogeno povečanje nevarnosti: - <u>Spreminjanje vodnih tokov</u> (zamakanje zemljišč – plazovi, povečanje odtoka – poplava, onesnaženje – <u>infekcije</u> ipd.) - <u>spreminjanje odtočnih razmer: ljudje</u> (tlakovanje oz. zatesnitev - pospešitev tokov, ovire v vodotokih – zaježitve, zaraslost – <u>plavje</u> ipd.) - Prekomerna in neprimerna <u>raba vode</u> (odvzem iz vodnega kroga, prenos stroškov na druge, ipd.) – uzurpacija! 33

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	Določitev optimalnega razmerja med različnimi rabami tal – gozdne in negozdne površine	
	<ul style="list-style-type: none"> • Zgradba gozda mora pospeševati prehajanje vode v tla, obenem pa naj ima gozd čim manjšo lastno porabo → mogoče doseči s pravim izborom drevesnih vrst in ustrezno starostno strukturo • Gozd se mora umakniti s površin, pod katerimi je podtalnica ali kjer so tla mokra → preprečimo izhlapevanje s tal in prekomerno porabo vode zaradi rastlinja • Negozdne površine ne smejo biti strnjene, ampak porazdeljene po zlivnih območjih v manjših ploskvah, obdanih z gozdom → akumulacija padavin je na tako oblikovanih negozdnih površinah mnogo večja • Kjer so padavine preko leta zelo neenakomerno porazdeljene in je obdobje taljenja snega kratko → glavni cilj izbora rabe tal je maksimalno zadrževanje odtoka → povečanje gozdne površine <p style="text-align: right;">34</p>	

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	2.2 EROZIJSKI PROCESI
	2.2.1 Erozijski pojavi in pojmi

Pojem in definicija erozije zemljišča

Erozija zemljišča predstavlja globalen problem, ki je z ene strani povezan s kmetijstvom in z življensko pomembnimi problemi vodooskrbe, energetike, prometa in naselji z druge strani.

Mnogi avtorji so podali definicije erozije, nekateri od njih so navedeni v nadaljevanju:

- ✓ Pod pojmom **erozija** se razume spiranje in spodkopavanje zemljišča, ponekod matične podlage pod vplivom odtekanja površinskih voda. Kot rezultat delovanja erozije se preoblikuje prvotni zemeljski relief (Zaslavskij, 1993).
- ✓ **Erozija** predstavlja razpadanje in odnašanje zemljišča in spodkopavanje matične podlage zaradi nereguliranega površinskega odtekanja vode (Biolčev, 1966).
- ✓ Pod pojmom **erozija**, je v elementarnem/osnovnem smislu potrebno razumeti spremembe na površinskem sloju zemeljskega reliefa, katere nastajajo kot posledica delovanja dežja, snega, temperaturnih razlik, vetra in tekočih voda ali zaradi delovanja antropogenih dejavnikov (Gavrilović, 1972).

35

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	2.2 EROZIJSKI PROCESI
	2.2.1 Erozijski pojavi in pojmi

- ✓ **Erozija** predstavlja razpadanje površinskega sloja zemljine pod vplivom vetra ali vode (Kirkbi M.J., Morgan R.P.C., 1984).

Erozija v povodju povzroča naravne pojave, kateri se lahko upoštevajo kot komponente tega procesa:

denudacija, ablacija, akumulacija, korozija, sufozija

- ✓ Znani ameriški protagonist boja proti eroziji zemljišč, *prof. Hugh Bennett*, je dejal:
Erozija je eden najkompleksnejših problemov in obenem eden najzahrbtnejših sovražnikov gospodarstva.
Erozijski procesi pospešeno razkrajajo in uničujejo zemljino, hranljive snovi ter spravljajo v motnje vodni režim.
Spreminjajo izgled mnogih, pogosto prostranih pokrajin v grde in siromašne.
Mnogo ekonomskih področij je ob tem podvrženo boju proti eroziji zemljišč in njenih strahotnih posledic (Gavrilović S., 1972).

36

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	<p>Po vzroku nastanka se erozija deli na tri osnovne skupine (Gavrilović, 1972): vodna erozija, eolska erozija, abrazijska erozija</p> <p>Vodna erozija, kot posebno značilna v naših klimatskih razmerah, se deli na:</p> <p style="padding-left: 40px;">regionalno ali pluvialno erozijo, fluvialno erozijo, glacialno erozijo, podzemno erozijo (sufozija)</p> <p>Osnovni dejavniki erozije zemljine zaradi vode in vetra:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Podnebje: padavine, temperatura zraka in zemljišča, gibanje zračnih tokov (vetrovi) • Zemljišča: mehanska sestava zemljišča, hrapavost površine, pokritost površine s kamenjem, začetna vlažnost zemljišča • Vegetacija • Relief: nagib pobočja, dolžina pobočja, oblika pobočja - Geološka podlaga • Antropogeni in drugi dejavniki
---	--

37

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	<h2 style="text-align: center;">2.2.2 Vzroki, nastanek in razvoj erozijskih procesov</h2> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">TIPI EROZIJE</th> <th style="text-align: center;">VRSTE ODKLADNIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Toplotna erozija</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;"><i>Praviloma nepreložene odkladnine</i></td> </tr> <tr> <td>Kemična erozija</td> </tr> <tr> <td>Biološka erozija</td> </tr> <tr> <td>Ledeniška erozija</td> <td style="text-align: center;"><i>Ledeniške morene-groblje</i></td> </tr> <tr> <td>Snežna erozija</td> <td style="text-align: center;"><i>Snežne plazovine, narivi</i></td> </tr> <tr> <td>Porušitvena erozija</td> <td style="text-align: center;"><i>Gravitacijsko-težnostne odkladnine</i></td> </tr> <tr> <td>Podori</td> <td style="text-align: center;"><i>Podornine, preperinski zruški</i></td> </tr> <tr> <td>Melišča</td> <td style="text-align: center;"><i>Pobočni gruščiči, sipine</i></td> </tr> <tr> <td>Udori</td> <td style="text-align: center;"><i>Udornine</i></td> </tr> <tr> <td>Plazna erozija</td> <td style="text-align: center;"><i>Plazovine</i></td> </tr> <tr> <td>Zdrsi</td> <td style="text-align: center;"><i>Zdrsele</i></td> </tr> <tr> <td>Usadi</td> <td style="text-align: center;"><i>Usadne</i></td> </tr> <tr> <td>Plazovi v enovitih zemljinah</td> <td style="text-align: center;"><i>Splazele</i></td> </tr> <tr> <td>Plazovi v plastovitih zemljinah</td> <td style="text-align: center;"><i>Splazele</i></td> </tr> </tbody> </table>	TIPI EROZIJE	VRSTE ODKLADNIN	Toplotna erozija	<i>Praviloma nepreložene odkladnine</i>	Kemična erozija	Biološka erozija	Ledeniška erozija	<i>Ledeniške morene-groblje</i>	Snežna erozija	<i>Snežne plazovine, narivi</i>	Porušitvena erozija	<i>Gravitacijsko-težnostne odkladnine</i>	Podori	<i>Podornine, preperinski zruški</i>	Melišča	<i>Pobočni gruščiči, sipine</i>	Udori	<i>Udornine</i>	Plazna erozija	<i>Plazovine</i>	Zdrsi	<i>Zdrsele</i>	Usadi	<i>Usadne</i>	Plazovi v enovitih zemljinah	<i>Splazele</i>	Plazovi v plastovitih zemljinah	<i>Splazele</i>
TIPI EROZIJE	VRSTE ODKLADNIN																												
Toplotna erozija	<i>Praviloma nepreložene odkladnine</i>																												
Kemična erozija																													
Biološka erozija																													
Ledeniška erozija	<i>Ledeniške morene-groblje</i>																												
Snežna erozija	<i>Snežne plazovine, narivi</i>																												
Porušitvena erozija	<i>Gravitacijsko-težnostne odkladnine</i>																												
Podori	<i>Podornine, preperinski zruški</i>																												
Melišča	<i>Pobočni gruščiči, sipine</i>																												
Udori	<i>Udornine</i>																												
Plazna erozija	<i>Plazovine</i>																												
Zdrsi	<i>Zdrsele</i>																												
Usadi	<i>Usadne</i>																												
Plazovi v enovitih zemljinah	<i>Splazele</i>																												
Plazovi v plastovitih zemljinah	<i>Splazele</i>																												

Vir: Horvat A., 2004

38

EROZIJA	
TIPI EROZIJE	VRSTE ODKLADNIN
Vodna erozija	<i>Naplavine</i>
Površinska	Naplavine, ki jih bomo glede na premeščanje in odlaganje sproščenih zemljin-plavin, razčlenili posebej
Plastovita	
Brazdasto-žlebičasta	
Jarkasta	
Globinska	
Bočna	
Hudourniška	
Rečna	
Kraška	
Vetrna erozija	<i>Vetrne odkladnine</i>

Vir: Horvat A., 2004

39

GOSPODARJENJE S POVIRJI IN VODAMI V GOZDNATI KRAJINI	Uvod
<p>erozijski drobir = sproščene zemljine → plavine → odkladnine</p> <p>3 območja delovanja: območje nastanka ali sproščanja območje premeščanja ali spreminjanja območje odlaganja ali zastajanja</p> <p style="text-align: center;">SPECIFIČNO SPROŠČANJE TAL (m³/km²/leto)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evropa 53 • Avstralija 170 • Severna in Centralna Amerika 307 • Azija 381 • Južna Amerika in Antili 438 • Afrika 447 • Slovenija 260 	
40	

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	Izguba rodovitnih tal zaradi erozijskega sproščanja (Fornier, 1960)		
		W_F (t/km ² /leto) (t/km ² /year)	W_F (m ³ /km ² /leto) (m ³ /km ² /year)
	v Evropi / in Europe	84	53
	v Avstraliji / in Australia	274	170
	v S. in Centralni Ameriki / in N. and C. America	491	307
	v Aziji / in Asia	610	381
	v J. Ameriki in Antilih / in S. America and Antilles	701	438
	v Afriki / in Africa	715	447
		41	

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	Ocene predkmetijskih in sedanjih površin glavnih ekosistemov (v milijonih km ²) (MATTHEVS, cit. ANKO, 1994, s. 23)			
	POVRŠINE / AREA			
	Ekosistem / Ecosystem	Predkmetijske / Before arable agriculture	Sedanje / Current status	Zmanjšanje / Reduction
	Strnjen tropski gozd / Dense tropical forest	12,77	12,29	0,48
	Drugi gozdovi / Other types of forest	33,51	26,98	6,53
	Gozd skupno / Forests total	46,28	39,27	7,01
	Druga gozdna zemljišča / Woodlands	15,23	13,10	2,13
	Grmišča / Bushes	12,99	12,12	0,87
	Travišča / Grassland	33,90	27,43	6,47
	Tundra / Tundra	7,34	7,34	-
Puščava / Desert	15,82	15,57	0,25	
Kultivirane površine / Arable land	0,93	17,56	+ 16,63	
Skupaj naravnih ekosistemov / Total	177,84	154,10	⁴² -	

2.2.3 Posledice erozijskih procesov

- prizadetost neposrednih, sosednjih in celo oddaljenih območij
- preložene in odložene gmote erozijskega drobirja zasipavajo polja, struge rek, vodne zajeze, poškodujejo komunikacije, stavbe in selišča, marsikdaj tudi vse sadove dela v kmetijstvu, industrijski proizvodnji in drugih vejah človekove dejavnosti, neposredno pa celo povzročijo človeške žrtve
- odnašanje organskih snovi
- odnašanje mineralnih snovi
- odnašanje aktivnih sestavin tal: (humus, koloidi, mikroorganizmi, ...)
- vpliv na vodo, kapilarni sistem v tleh
- zmanjšana plodnost

43

POVPREČNI LETNI PRETOKI PLAVIN PRED IZLIVI (v m³/leto)

• Hoang-ho (v Rumeno morje)	1.260.000.000
• Pad (v Jadransko morje) povpr.	43.000.000
• Donava (v Črno morje) povpr.	36.000.000
• Rhône (v Sredoz. morje) povpr.	17.000.000
• Soča nad HE Doblar	360.000
• Sava nad HE Moste	170.000
• Skupen dotok v morja	2.700.000.000

44

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	SPECIFIČNO SPROŠČANJE TAL		
	SLOVENIJA		
	• letno sproščanje	≈ 5,2 – 5,3 mio m ³	
	• specifično sproščanje	≈ 260 m ³ /km ² , leto	
	SLOVENIJA – HUDOURNIŠKA OBMOČJA		
	• hudourniška območja	4.000 km ²	
	• letno sproščanje	≈ 2,5 mio m ³	
	• specifično sproščanje	625 m ³ /km ² /leto	
	• soška stran Julijcev	≈ 2.800 m ³ /km ² /leto	
	• zahodne Karavanke	≈ 3.000 m ³ /km ² /leto	
SPECIFIČNO SPROŠČANJE TAL (m ³ /km ² /leto)			
• severna Italija (Dolomiti)	1600		
• reka Semani (JV Albanija)	2765		
• reka Hoang-ho (Kitajska)	1260		
SLOVENIJA			
• Suhelj			
• Smeč	2950		

45

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	OD VSEH SPROŠČENIH KOLIČIN:	
	• 60% zastaja ali obleži v erozijskih hudourniških vršajih	
	• 40% (2,2 mio m ³ /leto) odplavlja v sprejemne reke	
	– od teh se 25% ustavlja v zgornjih tekih sprejemnih rek	
	– ostale zapolnjujejo akumulacije, zamuljujejo nižinske vodotoke,	
	EROZIJA V SLOVENIJI	
	• le dva manjša hudournika → Smeč in Suhelj (oba le po 1,8 km ²) v območjih katerih specifično sproščanje tal dosega ca. 2950 m³/leto	
	• od dobre desetine hudournikov se specifično sproščanje giblje med 2000 in 2800 m³/km²/leto , njihove zlivne površine pa se gibljejo med 5,0 in 75,0 km²	
	• daleč najskrajnejšo vrednost pa dosega specifično spiranje v Dolini smrti nad Žerjavom → <i>s površine, manjše od 5,0 km², je letno sprano ca. 2500 m³ erozijskega drobirja, kar pomeni blizu 5200 m³/km² (Zemljič, 1971) → posledica uničenja gozdnega rastja z izpušnimi plini svinčevih topilnic rudnika v Žerjavu</i>	

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

OSNOVNA NAČELA UKREPANJA

- preprečevanje inicialnih poškodb (ranitev) tal
- zaustavitev in vezava sproščenih plavin
- kontrolirana odvodnja visokih voda

PREVENTIVNO UKREPANJE:

- domišljeno prostorsko načrtovanje
- vzdrževalni ukrepi
- ustalitev potencialnih erozijskih žarišč
- zaustavljanje (delno) hudourniške lave (zaplavni objekti, naravne razširitve,)
- domišljena raba prostora

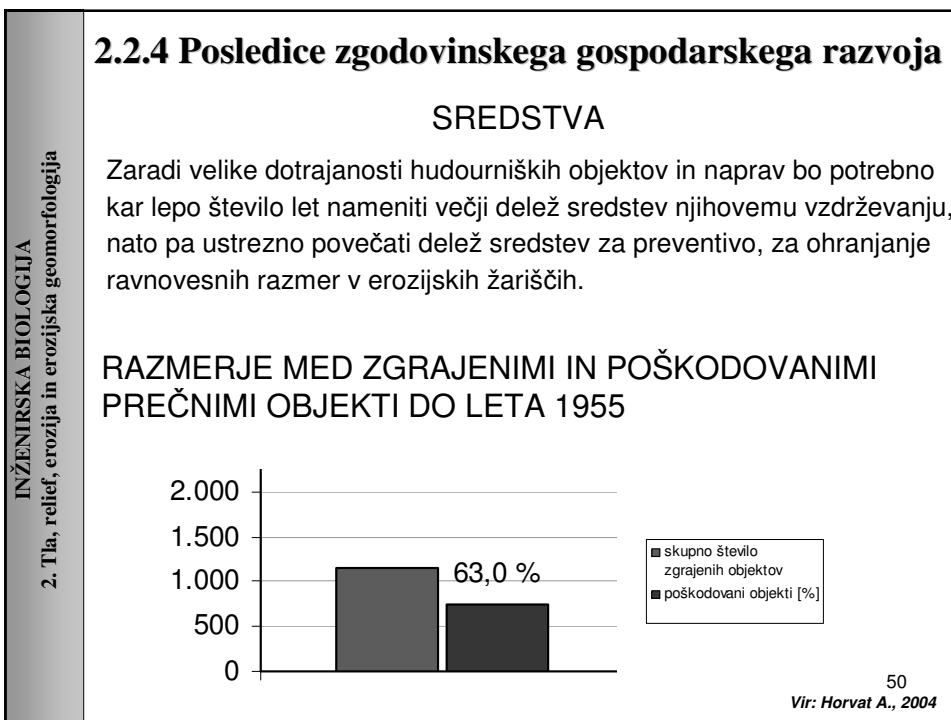
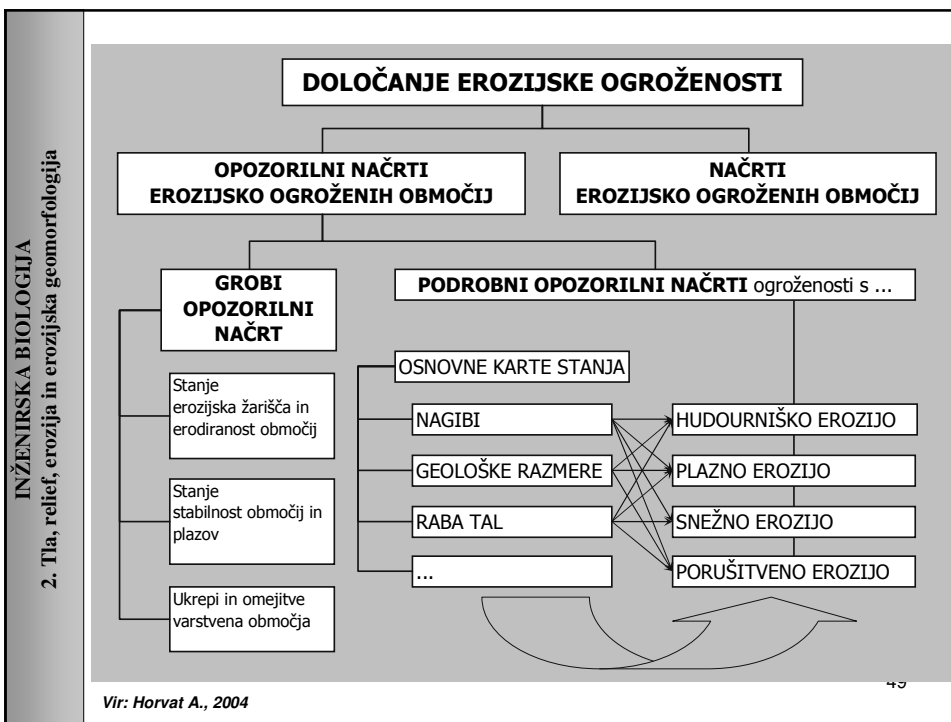
47

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

NAČELA SMOTRNEGA UREJANJA EROZIJSKIH IN HUDOURNIŠKIH OBMOČIJ

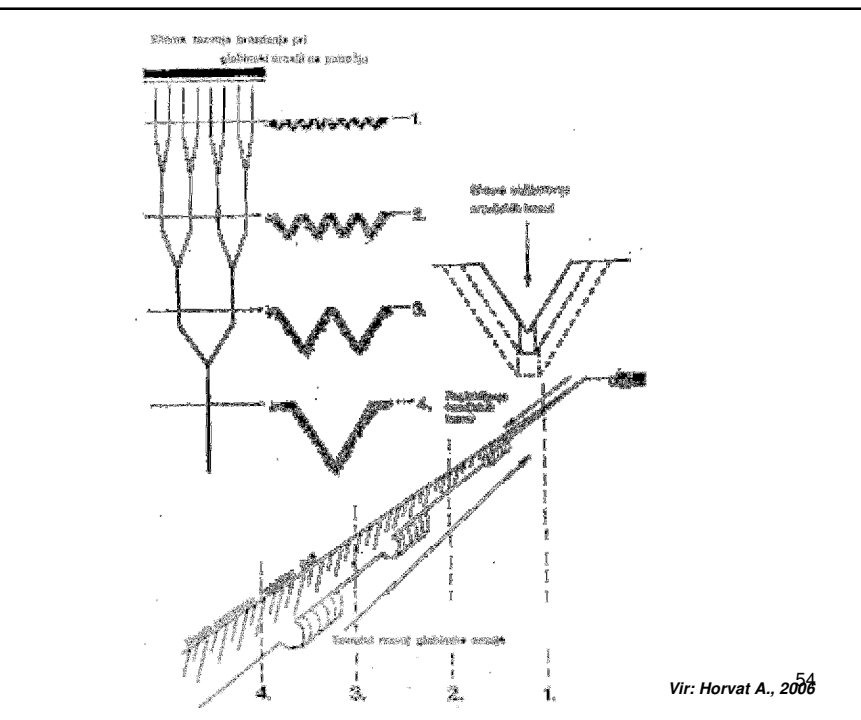
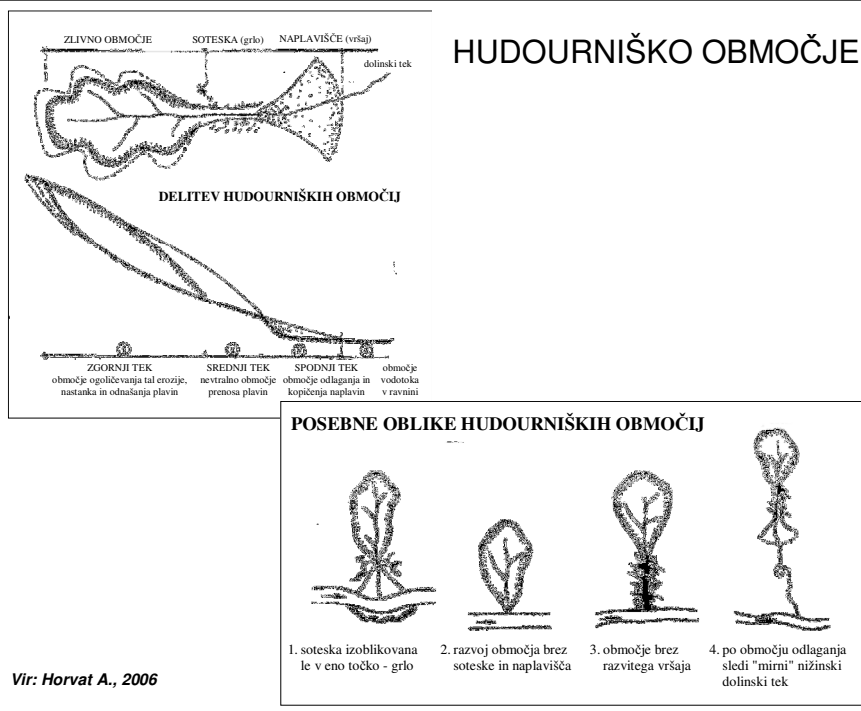
- redno vzdrževanje
- pravočasno, zadostno ukrepanje
- stroški, gospodarnost
- prilagojenost okolju

48



INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	<h2>POSLEDICE</h2> <p>Tako že ob malo večjih vodah prihaja do bistveno večjih poškodb in posledično tudi škod zaradi nevzdrževanja zgrajenih zavarovanj in naravnih strug ter nesaniiranih poškodb iz preteklih ujm na strugah in v erozijskih žariščih.</p> <h3>DRUŽBENO – PRAVNA REGULATIVA</h3> <ul style="list-style-type: none"> • kakovost • hitrost • racionalnost <h3>LOČITI JE POTREBNO:</h3> <ul style="list-style-type: none"> • prostorsko načrtovanje od • definiranja nevarnih območij VETO hudourničarjev na posege v prostor
	51

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	<h2>2.3 EROZIJSKA GEOMORFOLOGIJA</h2> <h3>2.3.1 Erozijska z vodo - hudourniki</h3> <ul style="list-style-type: none"> • površinska – globinska • bočna <h3>OPREDELITVE POJMOV S PODROČJA EROZIJE IN HUDOURNIŠTVA</h3> <ul style="list-style-type: none"> • vodozbirno območje • hudourniško ali zlivno območje • hudournik • erozijsko območje • erozijsko žarišče
	52



INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

OPREDELITVE POJMOV S PODROČJA EROZIJE IN HUDOURNIŠTVA

- pogojno stabilno zemljišče
- nestabilno - plazljivo zemljišče
- zemeljski plaz
- plazovito območje
- območje pogojno stabilne snežne
- snežni plaz

RAZVRSTITVE HUDOURNIKOV

a) po hidroloških kriterijih

- reka	($l < 15$ prom)	
- hudourniška reka	($15 \text{ prom} < l < 60$ prom)	
- hudournik	($l > 60$ prom)	55

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

RAZVRSTITVE HUDOURNIKOV

b) po poreklu hribin (plavin)

- hudourniki spiravci
- hudourniki podrivači

c) po orografskih in geografskih kriterijih

- visokogorski hudourniki
- hudourniki sredogorja in gričevja

56

2.3.2 Erozija z vetrom



Osnovni dejavniki razvoja eolske erozije

Vir: Kostadinov S., 2008

OBLIKE EOLSKE EROZIJE

OBLIKE EOLSKE EROZIJE:

hamada

živi (nakodrani) pesek

- NAKODRANI PESEK
- PRESIPI (DINE, BARHANE, ...)
- PROBALNE ŠIPINE

presipi (dine, barhani)

puhlice (les, Löss)

EOLSKA EROZIJA JE ODVISNA OD:

- GEOLOŠKE SESTAVE
- KLIME
- ERICIJALNEGA RELIEFA
- VEGETACIJE
- ČASA

Vir: Horvat A., 2006

Gibanje prašnih delcev z vetrom

translacijsko

rotacijsko

turbulentno

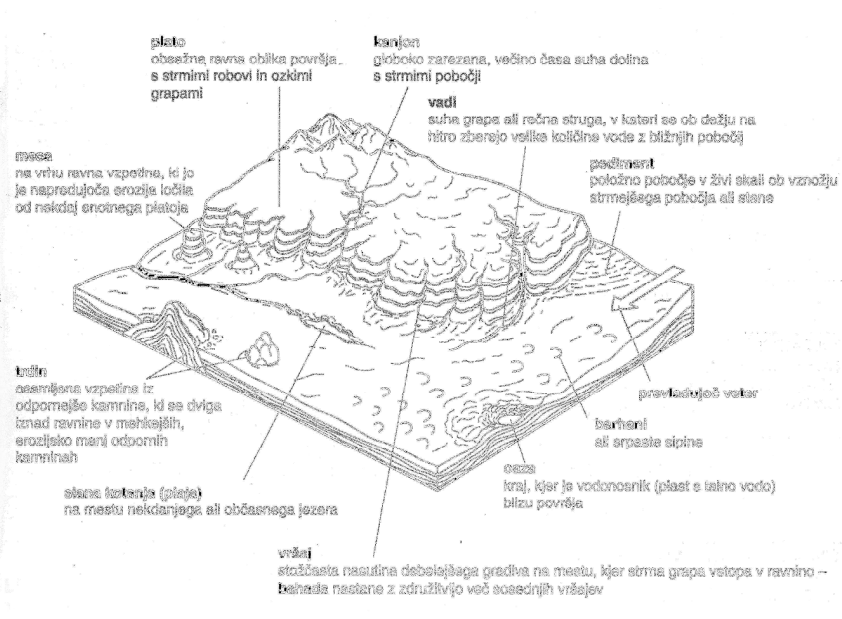
**JAKOST EOLSKE EROZIJE
(po Chipil-u in Woodruff-u)**

- SLABA, izguba zemljišča do 75 t/km² letno
- SREDNJA, izguba zemljišča 75 - 1200 t/km² letno
- MOČNA, izguba zemljišča večja od 1200 t/km² letno

GIBANJE TALNIH DELCEV Z VETROM

- SUSPENDIRANO (d < 0,1 mm)
- PRESHKOVANJE (0,1 mm < d < 0,5 mm)
- KOTRLJANJE (d > 0,5 mm)

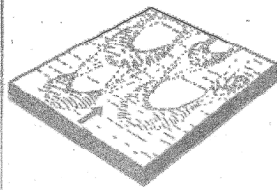
59
Vir: Horvat A., 2006



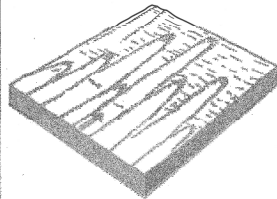
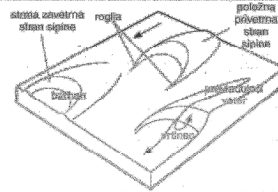
Vir: Horvat A., 2006

60

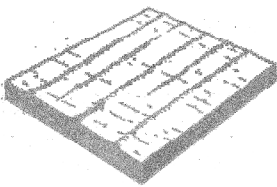
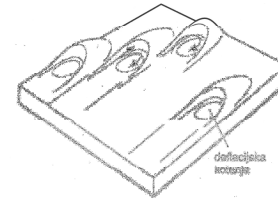
VRSTE SIPIN



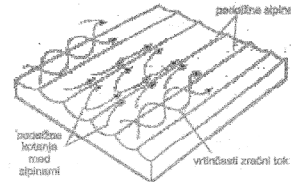
1 Barhan
Lepo zaobljeni rogliči kažejo v smer, kamor piha veter. Prilovna stran sipine je položna, po njej se z vetrom premikajo delci peska, ki ga ni veliko na razpolago. Za nastanek barhanov mora prevladujoč veter pihati vedno v isti smeri.



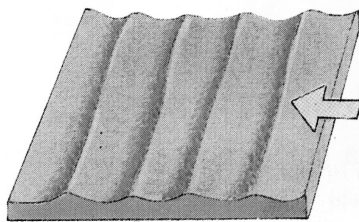
2 Parabolična sipina
Nastane, kjer so tla nekoliko poraščena ali je nekaj več vlage v tleh. Imajo obliko lasnice, njen začeljen konec kaže smer, v katero piha prevladujoči veter. Če razmeroma hitro premikajo in imajo lahko izrazito deflacijsko kotanjo.



3 Podolžna sipina ali seif
Nastane, kjer je na voljo omejena količina peska in piha močni vetrovi, ki z letnimi časi spreminjajo smer. Višina sipin znaša 5–30 m, dolžina pa od deset do več sto kilometrov. Njihov nastanek nastopa s delovanjem značilnih vrtilncev, ujetih med vzporedne sipine.

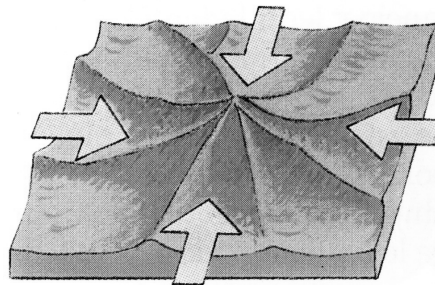


VRSTE SIPIN



Prečna sipina:
kjer je peska v izobilju, nastanejo sipine, ki so pravokotne na prevladujočo smer vetra.

Zvezdasta sipina:
velike sipine nastanejo, kjer piha veter z vseh smeri.



UKREPI PROTI VETRNI EROZIJI

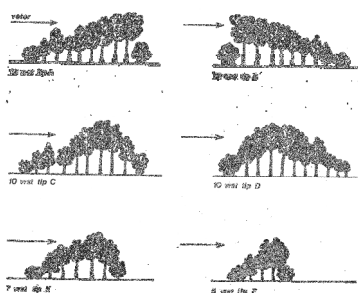
zmanjšanje hitrosti vetra na površini tal

povečanje talnih agregatov

lovljenje preskakajočih delcev

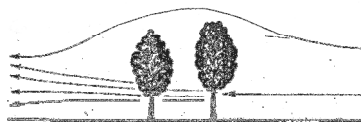
ohranjevanje vlažnosti površine tal

Razne oblike poprečnih presekov pasov na kletarjih sta Woodroof in Sing proučevale spremembo hitrosti vetra.



Gibanje vetrovseh tokov pri :

A. pospevnem pasu

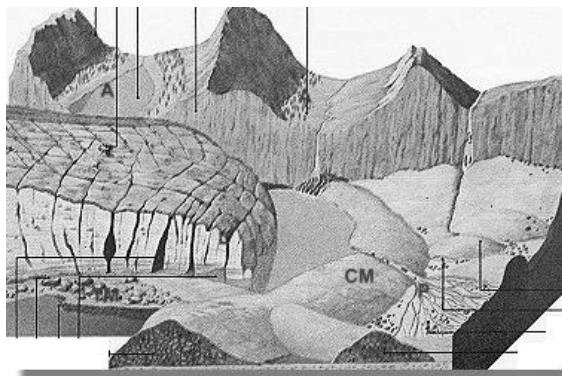


B. nizkopreslovnem pasu



Vir: Horvat A., 2006

2.3.3 Eroziija z ledom



A - obvisle doline, ki so jih zbrusili stranski ledeniki

L - čelo ostanka ledenika

CM - čelna morena (groblja)

TM - talna morena (vododržna)

P - ledeniški potok raznaša ledeniški material

Vir: internet (www.o-4os.ce.edus.si/.../erozija-ledeniska.htm)

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

2.3.4 Snežna erozija

VRSTE SNEGA:

- puhasti
- pršič
- vlažen novi
- umetni
- babje pšeno

POSEBNE VRSTE SNEGA:

- srež
- trdo ivje
- poledica (žled, požled)
- mehko ivje

65

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

SNEŽNA ODEJA - opredelitev pojmov in lastnosti

- snežna odeja
- sneženje
- vejavica
- trajna snežna odeja
- sezonska snežna odeja
- strjena snežna odeja
- prekinjena snežna odeja
- krpe snega ali snežne lise
- snežna meja

FIZIKALNE LASTNOSTI SNEGA

sneg in sončevo obsevanje, lastno sevanje snega, specifična in prostorninska teža snega, poroznost snega, prepustnost snega za zrak, prepustnost snežne odeje za vodo, toplotna prevodnost snežne odeje, gnetljivost (plastičnost) snega, trenje snega

66

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

RAZVRSTITEV SNEŽNIH PLAZOV

1. PO NAČINU TRGANJA:
 - plaz nesprijetega snega
 - plaz sprijetega snega
2. PO VLAŽNOSTI SNEGA:
 - plaz suhega snega
 - plaz mokrega snega
3. PO NAČINU GIBANJA:
 - drseči plaz
 - tekoči plaz
 - pršni plaz (puhalica)
4. PO LEGI DRSENE PLOSKVE:
 - vrhnji (plastni plaz)
 - talni plaz

67

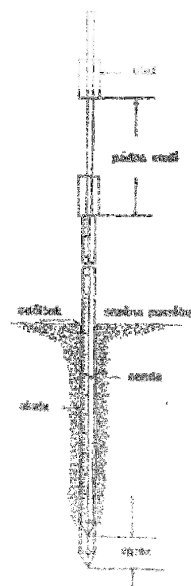
INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

TRDNOST SNEŽNE ODEJE

- natezna trdnost
- strižna trdnost
- tlačna trdnost

Tipične vrednosti trdnosti snežne odeje v naših krajih:

TRDNOST	kPa
tlačna	4 – 400
natezna	2 – 200
strižna	0,3 - 10



68

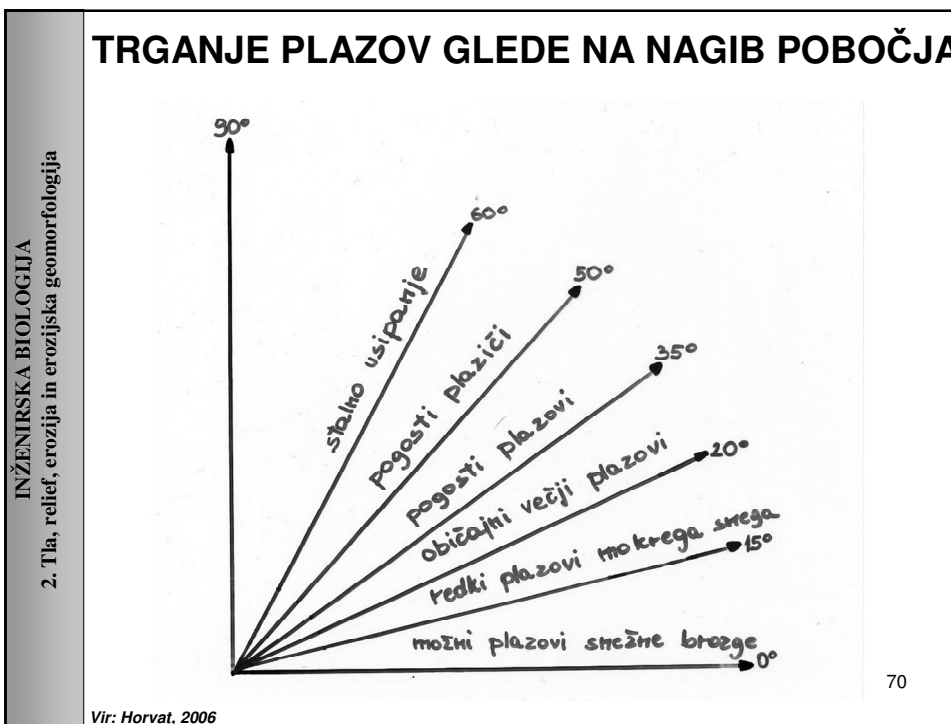
Vir: Horvat, 2006

HITROST PLAZU			
OBMOČJE PLAZINE	VRSTA PLAZU	Hitrost (v)	
		[m/s]	[km/h]
območje trganja	suh	10 – 15	36 – 48
	vlažen	3 - 10	10 - 36
območje gibanja	suh tekoč	10 – 40	36 – 144
	vlažen tekoč	3 – 25	10 – 90
	puhalica	20 – 70	72 – 250

PLAZNICA = je predel, kjer se stalno prožijo plazovi.

Plaznico delimo na 3 območja:

- območje proženja plazu (30°-50°)
- območje toka plazu (15°- 25°)
- območje akumulacije plazu (5°- 10°)



INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	RAZVRSTITEV PLAZOV PO POGOSTOSTI PROŽENJA	
	KATEGORIJA	POGOSTOST POJAVLJANJA
	pogosti občasni redki zelo redki izjemni	1 – 2 leti 2 – 10 let 10 – 25 let 25 – 100 let nad 100 let
POSLEDICE DELOVANJA PLAZU		
	TLAK	POSLEDICA
	$p \leq 1 \text{ kPa}$ $p \leq 5 \text{ kPa}$ $p \leq 30 \text{ kPa}$ $p \leq 100 \text{ kPa}$ $p \leq 1 \text{ MPa}$	udrti okenska stekla udrti vrata udrti lesene in zidane stavbe drevice izdrto s koreninami poškodovane, uničene betonske konstrukcije
		71

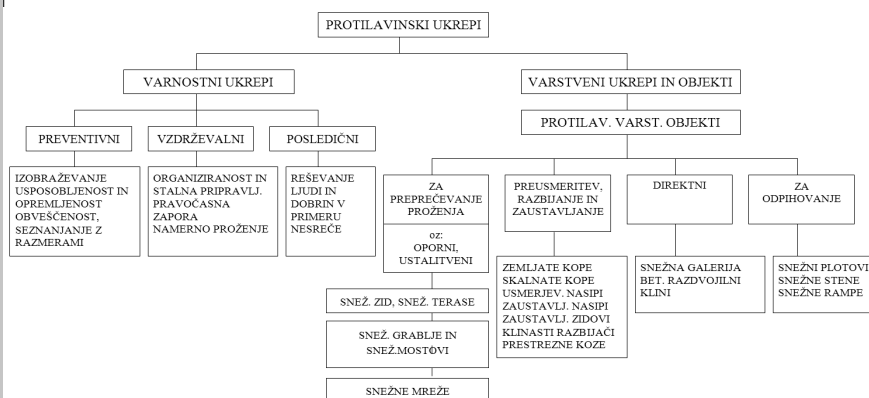
INŽENIRSKA BIOLOGIJA 2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija	LASTNOSTI SNEŽNE ODEJE V GOZDU SO:	
	<ul style="list-style-type: none"> • motena slojevitost • pri preobrazbi prevladuje zrnjenje • odtok po deblih in kapljanje pospešujeta srenjenje • atlantificirana klima preprečuje nastanek temperaturnega gradienta • količina snega je manjša kot na prostem 	
	POTREBNA GOSTOTA DREVES ZA MEHANSKO STABILIZACIJO SNEŽNE ODEJE	
	naklon pobočja [°]	potrebna gostota [dreves / ha]
	40° in več	1000 – 2000
	30°	300 - 500
		72

GOJITVENI CILJI NA POTENCIALNO PLAZOVITIH OBMOČJIH SO:

- čimbolj raznodobna struktura sestojev
- nemotena regeneracija
- pospeševanje šopaste strukture
- povečevanje gostote drevja k optimumu
- pospeševanje polnilnega sloja in podrasti
- pospeševanje pozitivne selekcije glede na stojnost

73

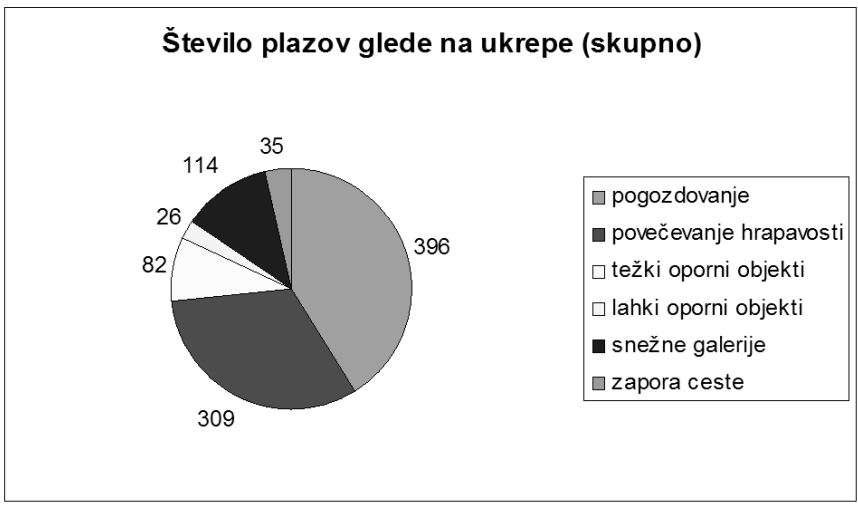
VARSTVO PRED SNEŽNIMI PLAZOVI PROTILAVINSKI UKREPI



Vir: Horvat, 2006

74

VARSTVO PRED SNEŽNIMI PLAZOVI Predlagani ukrepi za zaščito državnih cest (1999)



Vir: Horvat, 2006

Snežna erozija

PRVA KATEGORIJA: POŠKODBA VEČI KOLEKTIVNI OZI POSAMEZNEGA TRAVNIKA
KOLEKTIVNI PLAZOVI

DRUGA KATEGORIJA: POŠKODBA VEČI KOLEKTIVNI OZI POSAMEZNEGA TRAVNIKA
KOLEKTIVNI PLAZOVI

TRTJA KATEGORIJA: POŠKODBA VEČI KOLEKTIVNI OZI POSAMEZNEGA TRAVNIKA
KOLEKTIVNI PLAZOVI

ČETIRTA KATEGORIJA: POŠKODBA VEČI KOLEKTIVNI OZI POSAMEZNEGA TRAVNIKA
KOLEKTIVNI PLAZOVI

PRVA KATEGORIJA: POŠKODBA VEČI KOLEKTIVNI OZI POSAMEZNEGA TRAVNIKA
KOLEKTIVNI PLAZOVI

DRUGA KATEGORIJA: POŠKODBA VEČI KOLEKTIVNI OZI POSAMEZNEGA TRAVNIKA
KOLEKTIVNI PLAZOVI

TRTJA KATEGORIJA: POŠKODBA VEČI KOLEKTIVNI OZI POSAMEZNEGA TRAVNIKA
KOLEKTIVNI PLAZOVI

ČETIRTA KATEGORIJA: POŠKODBA VEČI KOLEKTIVNI OZI POSAMEZNEGA TRAVNIKA
KOLEKTIVNI PLAZOVI

Vir: Horvat, 2006

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

2.3.5 Kvali- in kvantitativna analiza erozije tal

PRIREJENA KVANTITATIVNA METODOLOGIJA ANALIZE POVRŠINSKE EROZIJE (PUH + IGLG po prof. Gavriloviću 1972)

Klasifikacija vodozbirnih območij glede na količinske kazalce.

**Stopnja erodiranosti površin "Z"
(koeficient relativne erozije):**

$$Z = Y \times X \times (\varphi + \sqrt{I_f})$$

- erozijski koeficient "Z"
- koeficient erodibilnosti hribine "Y"
- koeficient rastlinske zaščite tal "X"
- koeficient "φ"
(tip in razvojna stopnja erozijskih procesov)
- povprečni nagib "I_f" celotnega območja

77

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
2. Tla, relief, erozija in erozijska geomorfologija

Prirejene vrednosti koeficienta erodibilnosti hribine "Y" (Zemljič, 1971)

VRSTA HRIBINE – ZEMLJINE	Y
proti eroziji odporne hribine (eruptivne kamenine, apnenci, trdi peščenjaki ipd.)	0,10 – 0,30
polodporne/poltrdne hribine (gnajsi, blestniki, laporni apnenci, peščenjaki, trdnejši dolomiti, kompaktni laporji ipd.)	0,31 – 0,50
grobi pobočni in ledeniški grušči, kompaktne gline, ustaljene razpadljive hribine (podzoli, škrilavci, škrilavi peščenjaki, serpentin, razpadli dolomiti in laporji, fliš ipd.)	0,51 – 0,65
neustaljene, srednjezrnate, nevezane zemljine in rahlo naložene gline (ilovica, prepereli laporji, ledeniške groblje, meline, prodec ipd.)	0,66 – 0,90
drobnozrnate, rahle – nevezane zemljine (grobzrnati melj, pesek, prst ipd.)	0,91 – 1,00

Prirejene vrednosti koeficienta rastlinske zaščite tal "X" (Zemljič, 1971)

RAZMERE V VODOZBIRNEM OBMOČJU, KI VPLIVAJO NA VREDNOST KOEFICIENTA	X
dobro obrasli mešani gozdovi in grmišča, heliofilni gozdovi z dobro podrastjo	0,05 – 0,20
iglasti gozdovi s slabo podrastjo, redka grmišča in obrasla trava	0,21 – 0,40
degradirani gozdovi in grmišča, pašniki ipd.	0,41 – 0,60
sadovnjaki in vinogradi, brez prizemne vegetacije	0,61 – 0,80
neobrasle površine	0,81 – 1,00

78

Vrednosti " ϕ ", ki izražajo vidne erozijske procese (Zemljič, 1971)

RAZMERE V VODOZBIRNEM OBMOČJU, KI VPLIVAJO NA VREDNOST KOEFICIENTA	ϕ
povsem razbrazdano območje z usadi in plazišči	0,91 – 1,00
50 – 80 % območja je razbrazdano z usadi in plazišči	0,76 – 0,90
površinska erozija, grušči in melišča z brazdasto erozijo, kraška erozija	0,56 – 0,75
površinska erozija na 20 – 50 % površine	0,26 – 0,55
šibka erozija v območju	0,10 – 0,25

Vrednost erozijskega koeficienta "Z" (Zemljič, 1971)

KATEGORIJA	Z	stopnja erozije / razvitost erozijskih procesov
V	nad 1,01	poudarjena (ekscesivni procesi)
IV	0,71 – 1,00	močna (intenzivni procesi)
III	0,41 – 0,70	srednja (srednje razviti procesi)
II	0,20 – 0,40	šibka (manj razviti)
I	do 0,19	zelo šibka (zaznavni)

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 3. Zgodovinski razvoj in definicija inženirske biologije	<p>Pojem "Ingenieurbiologie" v nemški literaturi in praksi označuje gradbena in protierozijska dela z uporabo vegetacije pri urejanju vodotokov, hudournikov, erozijsko ogroženih območij, cestnih brežin.</p> <p>V Ameriki sta se uveljavila izraza Biotechnical stabilization in Soil bioengineering.</p> <p>V slovenščini se izraz biotehnično ukrepanje uporablja kot najširši pojem, ki naj bi zajemal vsa ureditvena dela na omenjenih področjih. V nekaterih člankih je ta izraz že zamenjan z inženirsko biologijo.</p> <p>➤ <u>Naloge inženirske biologije so:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ preoblikovanje moči krajine, ✓ spreminjanje <i>rastlinja</i> (z biotehničnega vidika) in <i>zemljine</i>, katerih mehanične lastnosti lahko z njimi izboljšamo ✓ vode, katere uničujoča moč se lahko prepreči. <p>➤ Tako nastale rastlinske združbe vzpostavijo nove življenjske prostore, katerih seštevke se odraža v ekološko – mehničnem kompleksu delovanja. To povzroča doseganje in ohranjanje dinamičnega ravnovesnega stanja, torej postavljeno stabilizacijo (Begeman, 1993). 1</p>
--	---

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 3. Zgodovinski razvoj in definicija inženirske biologije	<p>➤ <u>Definicija po Begemanu (1993):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ veda o dednih biotehničnih lastnosti določenih rastlin in z njimi nastale rastlinske združbe, ki ščitijo zemljino pred mehanskimi poškodbami tako znotraj kot zunaj; ✓ veda o odražanju/vedenju različnih vrst zemljin glede na njihov nastanek in staranje (drsenje ipd.), kot tudi njihove spremembe pod vplivom rastlin v biokemičnem in mehanskem smislu; ✓ veda o delovanju vode kot sili mehanske korozije, življenjskem elementu rastlin in zemljine, življenjskem prostoru flore in favne. <p>➤ <u>Ekološka uporabnost inženirske biologije vodni in zemeljski gradnji služi ohranjanju ali vzpostavljanju novih temeljev življenja, kot:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ zmogljivost naravnega ravnovesja, ✓ izkoriščanje naravnih danosti, ✓ za rastlinstvo in živalstvo, ✓ raznolikost, posebnost ter lepota narave in pokrajine. <p style="text-align: right;">2</p>
--	--

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 3. Zgodovinski razvoj in definicija inženirske biologije	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pri tem gre za dinamičen sistem integracije regulacijskih sistemov → biosistemi. ➤ Krogotok presnove, procesi izmenjave plinov in drugo to doponjujejo. ➤ Če iz ekosistema »pokrajina« izvzamemo biosistem »vodotoka« je bistveni cilj inženirke biologije podaljšati ravno strugo z meandri in zasaditi brežino, s čimer se blažijo vplivi visoke vode in zmanjša erozija tal. ➤ Za zmanjšanje nagiba brežine in s tem znižanja hitrosti toka vode, se položi talne rampe, ki tla nahrapavijo (zmogljivost). ➤ Za koriščenje naravnih danosti vodotoka se napravi obvodne gozdove, kateri odlikujejo mnogovrstnost in raznolikost. ➤ Tako s fotosintezo prispevamo h kopičenju kisika v nadzemnem delu rastlinja. Prav tako se z razpadanjem korenin slaba struktura tal spremeni v dobro (grudičasto), katera vpliva na mehaniko tal (Begeman, 1993). ➤ Seveda veljajo za inženirsko biologijo enaki zakoni hidravlike in mehanike tal kot za inženirsko tehniko, le zasnova miselnosti je drugačna. Še pred uporabo katerekoli »gradbene« mehanizacije, je potrebno pomisliti, da je v desetletjih ali stoletjih zraslo rastlinje potrebno varovati, življenjske prostore ohranjati in vzpostaviti nove biotope (Begeman, 1993). ➤ Geslo nemškega ministrskega svetnika Karla iz leta 1982: <i>Integralna melioracija</i> → 3 <i>sodelovanje krajinskih arhitektov, inženirskih biologov in vodarjev!</i>
--	--

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 3. Zgodovinski razvoj in definicija inženirske biologije	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pred začetkom krajinskega načrtovanja je potrebno določiti še ekološki potencial, ki pa se močno razlikuje pri obravnavanih primerih. ➤ Če obravnavamo shematski prikaz vodotoka od izvira do izliva, se najprej pokažejo razlike razdelitve podlage glede na zgornji, srednji in spodnji tok. ➤ Če je za neko lokacijo značilna neoporečnost, potem se lahko ugotavlja ekološki potencial. ➤ Na lokacijo so vezane življenjske povezave med rastlinjem brežine in dnem vodotoka na eni strani ter med sesalci, žuželkami in ribami na drugi strani. To je potrebno temeljito pretehtati in zabeležiti za obravnavano lokacijo. ➤ Za ugotavljanje izvora vseh vrst na območju favne in flore se obravnava nadmorsko višino, geografsko dolžino in širino. ➤ Če od ugotovljenega ekološkega potenciala odštejemo trenutno ekološko stanje, dobimo ekološki deficit, ki je podlaga zahtev za načrt vodogradnje. ➤ Potrebno je tudi obravnavati geologijo, t. j. vpad in smer kamnin oz. geomorfologijo, kot npr.: nalaganje slojev, saj je za rastlinske združbe pomembno, kakšno podlago imajo (Begeman, 1993). <p style="text-align: right;">4</p>
--	--

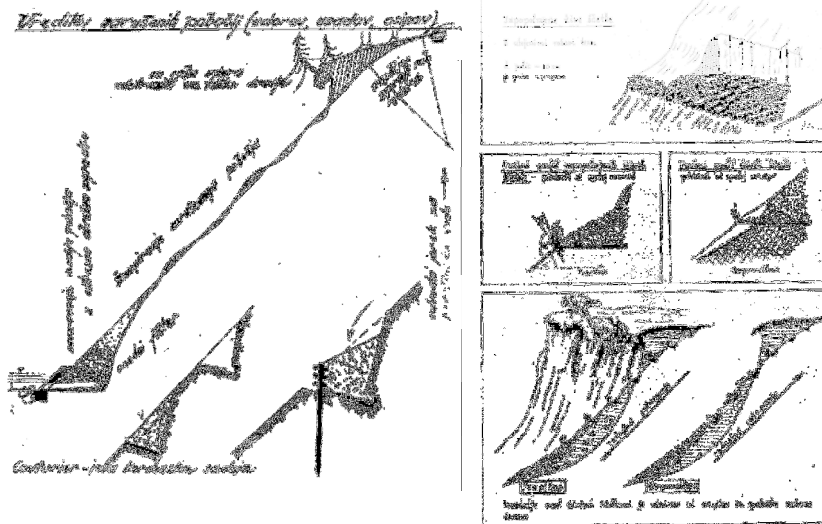
INŽENIRSKA BIOLOGIJA 3. Zgodovinski razvoj in definicija inženirske biologije	<p>➤ Ko je ekološki deficit enkrat določen, sledi obravnava biotehničnih lastnosti in zmožnosti rastlin.</p> <p>➤ Biotehnične lastnosti lahko demonstriramo s preprosto rastlino – vrbovcem (<i>Epilobium parviflorum</i>), saj na pobočjih obrača korenine navzgor ali rdečim borom (<i>Pinus silvestris</i>), ki na manj primerni podlagi naredi plitve korenine.</p> <p>➤ Za inženirsko - biološka dela je pomembna tudi vrba (<i>Salix sp.</i>), saj s svojimi koreninami pokrije veliko površino (Begeman, 1993).</p> <p>➤ Pomembna lastnost rastlin je tudi sesalna moč korenin – <i>nekaj primerov iz raziskav (Stiny, Schiechl, Hiller in drugi):</i></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;">✓ Agropyron repens plazeča pirnica</td> <td style="text-align: right;">160 kp/cm²</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">✓ Medicago sativa lucerna/nemška detelja</td> <td style="text-align: right;">459 kp/cm²</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">✓ Salix fragilis krhka vrba</td> <td style="text-align: right;">179 kp/cm²</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">✓ Salix elaeagnos siva vrba</td> <td style="text-align: right;">150 kp/cm²</td> </tr> </table>	✓ Agropyron repens plazeča pirnica	160 kp/cm ²	✓ Medicago sativa lucerna/nemška detelja	459 kp/cm ²	✓ Salix fragilis krhka vrba	179 kp/cm ²	✓ Salix elaeagnos siva vrba	150 kp/cm ²	5
✓ Agropyron repens plazeča pirnica	160 kp/cm ²									
✓ Medicago sativa lucerna/nemška detelja	459 kp/cm ²									
✓ Salix fragilis krhka vrba	179 kp/cm ²									
✓ Salix elaeagnos siva vrba	150 kp/cm ²									

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 3. Zgodovinski razvoj in definicija inženirske biologije	<p>➤ Različne vrste vrb se razlikujejo glede na zmožnost sprejemanja vlage, višine rasti, stopnjo kislosti tal, temperaturo in možnosti zasenčenja.</p> <p>➤ Niso pa uporabne samo vrbe, temveč tudi drevesa in grmovnice, ki se bistveno razlikujejo po treh značilnostih:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ nekateri prenesejo daljšo poplavljenost zemljine, ✓ drugim ustreza bolj vlažna zemljina in so za to primerni za višje predele brežin, ✓ tretjim pa ustreza bolj suha ali zelo sušnata zemljina (Begeman, 1993). <p>➤ Revitalizacijo vodotoka je nemogoče izvesti na enoten način za celotno obravnavano območje. To je ekonomsko in ekološko nesmiselno zaradi raznolikosti, kombinacije in same izmenjave različnih naravnih danosti.</p> <p>➤ Pri izbiri načina revitalizacije je odločilna moč vode, ki povzroča škodo.</p>	6
--	--	---

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 3. Zgodovinski razvoj in definicija inženirske biologije	3.1 Omejitve inženirskobioloških ukrepov
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Z inženirskobiološkimi ukrepi moramo preprečiti ali omiliti pluvialno, površinsko vodno in snežno, pa tudi vetrno erozijo. ➤ Preprečiti je treba škodljivo spiranje zemljin in onemogočiti razvoj hujših oblik zlasti vodne erozije – brazdaste, jarkaste in hudourniške erozije. ➤ Potrebno je utrditi tudi plazljiva in pogojno stabilna pobočja. <p>Če inženirskobiološki ukrepi niso uspešni, moramo tla najprej ustaliti z ukrepi, ki jih poznamo iz mehanike tal:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>osuševanje,</i> ✓ <i>prerazporejanje hribinskih gmot ali</i> ✓ <i>opiranje pobočij.</i> <p>Šele na predhodno ustaljenih pobočjih lahko začnemo z vnosom vegetacije, in sicer s t. i. biotehničnimi deli (Marušič in sod., 1997).</p>
	7

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 3. Zgodovinski razvoj in definicija inženirske biologije	3.2 Pravilno zaporedje izvajanja inženirskobioloških ukrepov
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Z inženirskobiološkimi ukrepi obnavljamo vegetacijo, najpogosteje na goli površini z nerazvitimi ali slabo razvitimi tlemi. ➤ Na takih površinah dežne kapljice tla dobesedno bombardirajo in uničujejo njihovo strukturo, površinsko stekajoča se voda pa nemoteno spira talne delce, ustvarja brazde in jarke ter tako preprečuje razvoj vegetacije po naravni poti. ➤ Na vetrovno izpostavljenih območjih se vodni eroziji pridruži še vetrna. ➤ V zimskem času pa se na območjih pokritih s snegom, pojavi še snežna erozija, ki jo povzročajo polzenje, drsenje in plazenje snežne odeje na nagnjeni podlagi, velike težave pa lahko z nastankom zametov povzroča tudi prenos snega z vetrom. ➤ Zato je predhodno treba onemogočiti vse dejavnike (voda, veter, sneg), ki omejujejo razvoj vegetacije. ➤ Brez doslednega upoštevanja temeljnih strokovnih načel in pravilnega vrstnega reda izvajanja biotehničnih ukrepov utrjevanje pobočij z vegetacijo ni uspešno ali pa je uspeh zgolj začasen oz. dosti slabši, kot bi lahko bil (Marušič, 1997).

INŽENIRSKA BIOLOGIJA - ukrepi



Pravilno zaporedje

3.3 Razčlenitev inženirskobioloških ukrepov

Inženirskobiološke ukrepe sestavljata dve skupini del:

- ✓ **TEHNIČNA DELA** (priprava brežine, ureditev vodnega režima, ustvarjanje zaščite pred vetrom, omejevanje gibanja snežne odeje) in
- ✓ **BIOTEHNIČNA DELA** (ustvarjanje vegetacijske zaščite pred pluvialno erozijo – z dežnimi kapljicami in površinsko vodno erozijo - spiranjem) (Marušič, 1997).

Drugi vidiki

Biotehnični ukrepi morajo poleg funkcionalnosti zagotoviti tudi ustrezen videz, saj pomembno sooblikujejo krajinsko podobo (Marušič, 1997).

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
3. Zgodovinski razvoj in definicija inženirske biologije

3.4 Inženirska biologija v Sloveniji

S področja izvajanja inženirsko bioloških ukrepov lahko na Slovenskem opredelimo tri razvojna obdobja:

- Prvo obdobje obsega čas pred drugo svetovno vojno (**pogozdovanja, popleti**).
- V drugem obdobju so se še naprej izvajali poznani inženirsko biološki ukrepi s tem, da je pri izvedbi prihajalo do številnih prilagoditev in izboljšav posameznih ukrepov – **popleti, žive ščetke, sadnja potaknjencev** in **pogozdovanje** z gozdnimi pionirskimi rastlinskimi vrstami.
- V tretjem obdobju (obdobje zadnjih trideset let) je najbolj viden razvoj na področju **zatravitev (vodna setev, setev z rastno pulpo)**.

11
Vir: Horvat, 2006

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
3. Zgodovinski razvoj in definicija inženirske biologije

INŽENIRSKA BIOLOGIJA V SLOVENIJI

Izvedena inženirsko biološka dela na hudourniških območjih Slovenije v obdobju med leti 1945 in 2001

	1950 - 1959	1960 - 1993	1994 - 2001
Ozelenitve z zatravitvijo [m ²]	300.000	2.222.000	160.000
Popleti [m']	58.200	8.700	2.700
Pogozdovanje [kos]	54.000	463.200	4.400
Sadnja potaknjencev [kos]	170.000	12.900	6.200

12

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije	4.1 SPONTANO ZARAŠČANJE (naravna sukcesija)
	<p><i>Sukcesijski proces zaraščanja</i> → odvisen od številnih dejavnikov in ima od primera do primera drugačno prostorsko in časovno dinamiko.</p> <p>Z gradbenimi posegi v določenem prostoru se zelo spremeni rastne razmere za rastline (Šiftar, 1994):</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>geomorfološka podoba</i> je spremenila mikroklimo; s tem so se spremenile svetlobne in toplotne razmere ter vlažnost tal in zraka, • <i>tla</i> so med gradnjo običajno močno spremenjena, osiromašena. <p>➤ Na kamnitih in strmih, pretežno stabilnih brežinah, ki niso humuzirane in so poleg tega še visoke → običajno zaščitene zgolj s težkimi visečimi mrežami</p> <p>➤ Krajše stabilne kamnite brežine → običajno brez mrež, vendar tudi niso humuzirane</p> <p>➤ Vse te brežine imajo nagibe praviloma večje od 70°</p> <p>➤ Že najmanjša količina prsti zadošča za naselitev skromnih rastlin</p>
	1

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije	4.1 SPONTANO ZARAŠČANJE (naravna sukcesija)
	<p>➤ Na golih kamnih se najprej naselijo autotrofne bakterije, lišaji in alge</p> <p>➤ Na korodiranih kamninah se nato pojavijo mahovi</p> <p>➤ Vse te oblike življenja najedajo kamnito podlago in po odmrtnosti puščajo za sabo tanko humusno plast</p> <p>➤ Ko se po nastalih razpokah nabere nekaj več organske snovi, se pojavi tudi talna favna, ki aktivno sodeluje v nadaljnjem preperevanju kamnin in izboljševanju rastiščnih razmer (Papež, 1997)</p> <p>➤ Vrstna raznolikost prihajajočih rastlin je vse bolj pestra.</p> <p>➤ Vse gostejša prepredenost nastajajočih tal s koreninami in razraščanje nadzemnih rastlinskih delov omogočata obstoj nastale prsti na mestu nastanka in nadaljno izboljševanje tal zaradi zadrževanja in razgradnje rastlinskega opada.</p> <p>➤ Naravni trend v sukcesiji gre v smeri kopičenja biomase ter s tem zmanjšanja toka energije na enoto biomase in vse večji organiziranosti ekosistema, kar zelo ugodno vpliva na krajino (Anko, 1982).</p>
	2

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije

4.1 SPONTANO ZARAŠČANJE (naravna sukcesija)

- Po vsakem posegu v naravno okolje se sčasoma vzpostavijo ravnovesne razmere (ustalitev pobočij, vodni režim ipd.) → naravno zaraščanje.
- Neurejenost vodnega režima med počasnim zaraščanjem občutno preoblikuje površje (brazdice, brazde, jarki ipd.).
- S posebnimi tehnikami, ki zahtevajo bistveno manj časa, se poskuša slediti naravnemu razvoju rastlinskih sukcesij.
- Pri izboru najprimernejše metode so pomemben faktor "stroški" → strokovna in ekonomska odločitev
- Z vidika prilagojenosti naravnemu okolju je zaželena uporaba tistih metod, pri katerih je poraba energije najmanjša, saj le-te najboljše posnemajo naravne procese (Marušič, 1997).

Spontano zaraščanje brežin gozdnih cest (Dobre, 1990):

<i>NASIPNE BREZINE</i>	<i>ODKOPNE BREŽINE</i>
v prvem letu po gradnji 40-50%	v prvem letu po gradnji 10%
v dveh letih po gradnji 60-80%	v tretjem letu po gradnji 15-20%
po treh letih že okrog 90% pokrovnosti	po petih letih približno 50%

3

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije

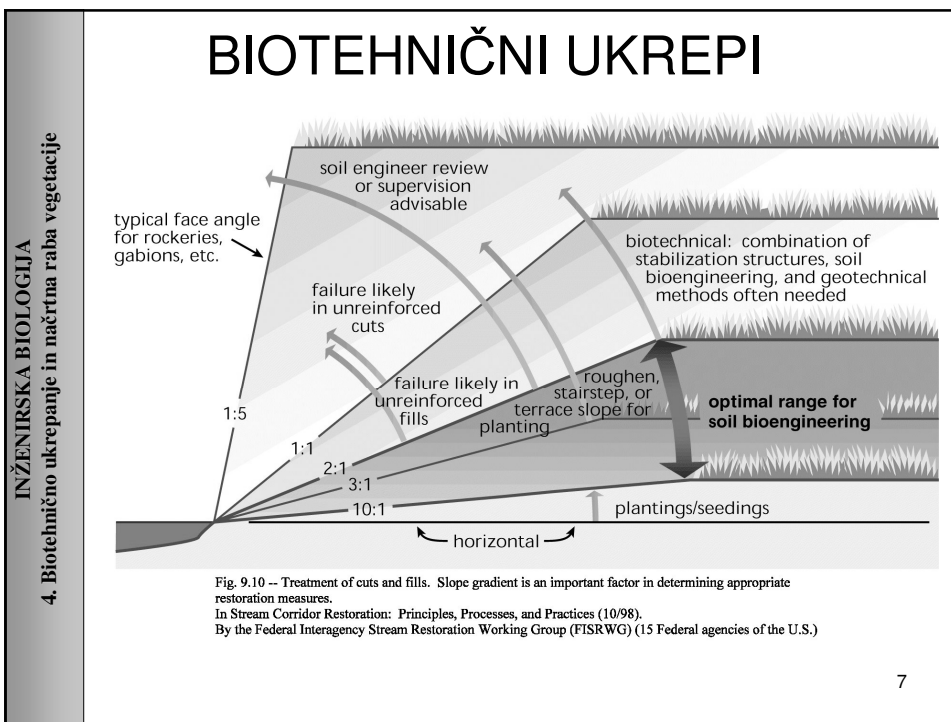
4.1 SPONTANO ZARAŠČANJE (naravna sukcesija)

- Preučevanje poteka naravnih sukcesij v različnih okoljih razkriva osnovne zakonitosti zgradbe in delovanja rastlinskega sveta.
- V grmiščih lahko opazujemo veliko osvajalno moč gozda.
- Njeno poznavanje lahko vključimo tudi v svoja predvidevanja razvojnih procesov na obraščajočih se pobočjih, npr. gozdnih cest (Papež, 1997).

4

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije	<h2>4.2 Biotehnično ukrepanje</h2> <ul style="list-style-type: none"> ➤ tehnično – biološke lastnosti rastlin ➤ mehansko in hidrološko delovanje ➤ biološki in ekološki vidik <p>Cilj biotehničnega utrjevanja in zavarovanja cestnih brežin ni njihova pozelenitev ampak trajna protierozijska zaščita s primerno vegetacijo.</p> <p style="text-align: right;">5</p>
---	---

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije	<h3>4.2 Biotehnično ukrepanje</h3> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Biotehnični ukrepi oz. inženirskobiološki ukrepi so se izoblikovali kot <i>specifična smer reševanja</i> različnih praktičnih problemov pri posegih v prostor s kombinacijo tehničnih in bioloških elementov. ➤ Bistveno je torej, da inženir pri svojem načrtovanju različnih ukrepov, kjer se le da, uporablja <i>naravi prijazne biološke elemente oz. rastline</i>. ➤ Biotehnično ukrepanje upošteva <i>inženirske, biološke in ekološke principe</i> pri razvijanju in uporabi organskih struktur. ➤ Poglavitni gradbeni elementi so lesnati deli rastlin ter sadike. ➤ Razvita so vegetacijska in biotehnična zavarovanja za površinsko ustalitev pobočij oz. brežin; ob vodah se uporabljajo metode obrežnih vegetacijskih in biotehničnih zavarovanj; poznamo tudi načine za izboljšanje vlažnostnih razmer in kakovosti voda (Durjava in Papež, 1999). <p style="text-align: right;">6</p>
---	--



INŽENIRSKA BIOLOGIJA
4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije

BIOTEHNIČNI UKREPI

TEHNIČNA DELA:

- oblikovanje ustreznega nagiba brežine,
- oblikovanje zgornjega roba odkopne brežine,
- ureditev vodnega režima.

BIOTEHNIČNA DELA:

- zatravitvena dela,
- pogoздоvalna dela.

8

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije	<h3 style="text-align: center;">4.3 Omejitve pri izboru rastlinskih vrst</h3> <p>Razlogi za omejitve so:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>ekonomski</i>, ki onemogočajo uporabe večjih drevnin za doseg hitrejših učinkov, ➤ <i>organizacijski</i>, ko se pravočasno ne poskrbi za potrebe sadike (zasajanje velikih infrastrukturnih objektov je povsod naročena proizvodnja), ➤ <i>biološki</i>, ko vrsta prepočasi, prehitro raste ali pa se hitro širi in izriva druge vrste (Marušič, 1997). <p>Z uporabo inženirsko – bioloških ukrepov za sanacijo poškodovanih območij, lahko dosežemo štirikratni učinek (Marušič, 1997)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Tehnično</i>: zaščita pred mehanično obremenitvijo z vodo, prodnim nanosom, naplavljenim vejevjem in »plavajočim« ledom/zamrzovanjem. Stabilnost in tehnična uporabnost se povečata z gibanjem živega materiala (večinoma traja nekaj let); manjše poškodbe pa se same od sebe korigirajo ali odstranijo. <p>Razširjajoča se prekoreninjenost tal ponavadi povzroča kontinuirano utrjevanje tal. Preperevanje in razpadanje se dolgoročno izravnavata z regeneracijo.</p>
---	--

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Ekološko</i>: rastline, deli rastlin in rastlinske združbe tvorijo podlago za hiter razvoj obrežne vegetacije, ki je pomembna za oblikovanje specifično ekološko učinkovite strukture tako ob kot v samem vodotoku. <p>S svojo dinamiko sukcesivno vzpostavi življenjski prostor mnogih vrst s posebno floro in favno.</p> <p>Tako nastala biocenoza kaže na visoko sposobnost regeneracije in s tem postavi pomemben korak za jamstvo značilnega ekološkega načina delovanja in s tem povezane samočistilne zmogljivosti vodotoka.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Oblikovalsko</i>: prispeva k raznovrstnosti in povečanju doživljajske vrednosti neke pokrajine. <p>Slika pokrajine s svojo harmonijo, posebnostjo in naravnostjo se ohrani s spremembo lokalnih značilnosti bioloških gradiv in povezanostjo z naravnimi strukturami, v določenih okoliščinah pa celo izboljša.</p>
---	---

➤ **Ekonomsko:** možnosti varčevanja pri stroških gradnje.

Žive materiale se večinoma pridobi na samem mestu, tako odpadejo stroški transporta materiala.

Možnosti biološke produkcije obrežja tvorijo obdelovalne površine za pridobivanje energije iz lesa.

Pogozdovanje ob vodotokih ščiti na eni strani kmetijske površine pred visokimi vodami, na drugi strani pa ščiti površinske vodotoke pred negativnimi vplivi kmetijstva (gnojila, zaščitna sredstva).

Kazalniki sposobnosti prilagajanja in tolerantnosti

- ✓ svetloba
- ✓ toplota
- ✓ zračnost tal
- ✓ reakcija tal
- ✓ humoznost tal
- ✓ vlažnost tal

11

4.4 Načrtna raba vegetacije

➤ *Vegetacija se pri celoviti ureditvi nekega območja uporablja v različne namene in temu primerno izpolnjuje različne naloge.*

➤ *Biotehnična protierozijska zaščita in utrditev npr. brežin opravlja predvsem **gradbeno tehnične naloge**, čeprav je prav tako vpeta v vse ostale naloge.*

➤ *V določeni situaciji lahko pomeni povečana zahteva po opravljanju določene naloge drugačen poudarek pri posamezni izvedbi ukrepa.*

➤ *Tako lahko pri pogozdovanju na npr. zunanjih nasipnih brežinah krivin, brez okrnitve osnovnega namena globinske utrditve, namenimo dodatno pozornost zasaditvi dreves, ki bodo kasneje služila kot optično vodilo.*

➤ *Protivetrni nasadi dreves prav tako opravljajo več nalog. Poleg tega so zelo zaželeni posamični ali skupinski vnosi avtohtonih minoritetnih grmovnih in drevesnih vrst, ki lahko zelo popestrijo krajinsko sliko, zlasti jesensko barvitost (Papež, 1997).*

12

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije	PRIMER
	<p><u>Naloge, ki jih lahko dosegamo s primernim vnosom določenih rastlin v cestno telo so:</u></p> <p>•prometno tehnične naloge (optično vodilo, zaščita pred bleščanjem, prestrezanje in zaustavljanje vozil, ki so zapeljala iz vozišča, zaščita pred snežnimi zameti, zaščita pred plazenjem snega, zaščita pred vetrom, zaščita mejašev, zmanjšanje hrupa)</p> <p>•gradbeno tehnične naloge</p> <ul style="list-style-type: none"> - zaščita cestnih vkopnih in nasipnih brežin pred razdiralnim delovanjem erozije z vodo in vetrom - utrditev srednjega pasu pri avtocestah - zaščita pred rušenjem kamenja in grušča ter zemeljskimi in snežnimi plazovi (tehnični in biotehnični ukrepi)
	13

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije	PRIMER
	<ul style="list-style-type: none"> • krajinske naloge <ul style="list-style-type: none"> - povezava ceste s krajino - ozelenitev (estetski učinek) - ustvarjanje novih krajinskih motivov - psihološki vpliv pregrade med cestami in naselji - zaščita bližnjih naselij pred onesnaževanjem in hrupom • biološke in gospodarske naloge (biološko ravnovesje!)
	14

Kombiniranje živega in neživega gradiva

Glede na to, katero gradivo uporabljamo pri izvedbi protierozijskih in ustalitvenih ukrepih, lahko grobo ločimo dve skupini zavarovanj :

✓ uporaba živega gradiva

- rastline in živi rastlinski deli → vegetacijska protierozijska zavarovanja s pomočjo sejanja (trave, zeli in drevnine) in sajenja grmovnih in drevesnih vrst

- Poznamo tudi zavarovanja (živi koli, žive fašine, žive ščetke, živi popleti ...), pri katerih uporabljamo žive rastlinske dele (potaknjenci, vejevje, živi koli). Živi deli rastlin se lahko kombinirajo tudi z nekaterimi neživimi gradbenimi elementi (neživi nadzemni rastlinski deli in obdelan les, različne mreže, kamenje, železna sidra ...).

- Velikokrat lahko prav s tako kombinacijo (kombinirana tehnično - vegetacijska utrditev) dosežemo takojšnje proti erozijsko in zlasti ustalitveno delovanje zaščite (ozelenele kaste in žične košare, ozeleneli suho zidani kamniti zidovi ...).

15

Kombiniranje živega in neživega gradiva**✓ uporaba neživih snovi ali gradbenih elementov**

- prebrizgi z betonom, različni zidani obložni in oporni zidovi, težke viseče mreže, galerije ...

- Tudi tukaj je ponekod mogoče do določene mere vključevati vegetacijo. Le ta lahko pomaga pri preprečevanju površinske erozije ali pa ima zgolj estetski učinek (Papež, 1997).

16

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije	<p style="text-align: center;">Prednosti in pomanjklivosti biotehničnih in tehničnih zavarovanj</p> <p><u>Tehnični ukrepi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> + možnost natančnega načrtovanja na podlagi raziskav materiala in statičnih izračunov - časovna omejenost (niso trajna rešitev, ker so podvrženi bolj ali manj hitremu razpadu) - pogosto so zelo dragi in vsebujejo zelo veliko vložene energije - negativen vpliv na podobo krajine <p><u>Utrjevanje in protierozijska zaščita pobočij z uporabo vegetacije</u></p> <ul style="list-style-type: none"> + sestavljajo jo žive rastline, ki so prožne in se ne prestopajo razvijajo + trajna rešitev, saj vegetacija z leti ob minimalni, a pravočasni negi, zgolj pridobiva na funkcionalnosti → dolgoročno običajno tudi najbolj ekonomična. + pozitiven estetski vpliv - odvisnost od številnih nepredvidljivih dejavnikov (predvsem neugodne in obsežne klimatske spremembe) <p style="text-align: right;">17</p>
---	---

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 4. Biotehnično ukrepanje in načrtna raba vegetacije	<p><u>Utrjevanje in protierozijska zaščita pobočij z uporabo vegetacije</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -šele po več letih začnejo opravljati vse svoje funkcije -nenadoma lahko izgubi svojo funkcijo zaradi požara ali zaradi drugega vzroka nenadne in nagle odstranitve odeje -omejen vpliv na ustalitev in vezanje hribine (plazov, ki imajo drsno ploskev globlje od 2 m, ne morejo preprečevati) -močnejša razrast drevja na strmejši brežini predstavlja veliko težo, ki je v specifičnih razmerah lahko celo povod za plazenje zemljišča -veter lahko prek visokega drevja rahlja tla in povzroči ruvanje dreves (v nastalih kotanjah se zbira večja količina vode, ki na strmejši brežini ob zamakanju tal zopet predstavlja možnost nastanka plazov, ali vsaj zdrsov hribine) -drevesa npr. ob cesti lahko ogrožajo promet v primeru vetroloma, žledoloma in snegoloma -ipd. <p>Številne od teh "pomanjklivosti" so zgolj posledica pomanjkanja obvezne redne nege in vzdrževanja rastja (Papež, 1997)</p> <p style="text-align: right;">18</p>
---	---

5.1 Izbor drevninskih vrst

- Cilj zasaditve je čim prejšnja *obnovitev vegetacijske podobe krajine* in ter *izpolnitev funkcionalnih in krajinskooblikovnih zahtev*.
- To je večino možno s *samoniklo drevnino*.
- Z različnimi posegi so se spremenile *talne* in *podnebne* razmere v taki meri, da *onemogočajo rast in razvoj klimaksnih drevesnih vrst*, ki v največji meri prispevajo k vegetacijski podobi krajine.
- Te se lahko *po naravni poti* zasejejo iz bližnjih rastišč, če jim pionirske vrste zelišč in drevnine pripravijo s sukcesijo *primerne rastiščne razmere*.
- Zato se praviloma zasajajo *pionirske in druge prilagodljive vrste*, ki imajo hiter razvoj in dobro rast v takih razmerah.
- Temeljno načelo je, da mora biti vrsta *čim bolj prilagojena* rastiščnim razmeram.
- Na podlagi podnebnih in talnih razmer ob pomoči kazalnikov določimo *trenutni potencial* samonikle vegetacije.
- Nato za določen krajinski tip izberemo primerne vrste (Marušič, 1997).

1

5.1.1 Izbor možnih vrst

Možne vrste se izberejo po sledečih merili:

- ✓ *razširjenost na fitogeografskem območju*, iz tega je razvidna makroklimatska primernost,
- ✓ *klimatski parametri na rastišču* – mikroklima, na katero vpliva relief, tu sta svetloba in toplota odločilna dejavnika,
- ✓ *talni parametri*, to so reakcija, zračnost, humoznost, hranljivost in vlažnost tal,
- ✓ *tolerantnost na ekstremne pojave*, kot so sol v tleh in posolica na rastlinah, ekstremna vročina in suša ter povečana vetrovnost (Marušič, 1997).

2

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 5. Glavne rastlinske vrste, ki so uporabne v inženirski biologiji in njihove značilnosti	➤ Drevesa in grmovnice z biotehničnimi značilnostmi:		
	SLOVENSKO IME	LATINSKO IME	ZNAČILNOSTI
	črna jelša	<i>Alnus glutinosa</i>	ob vodi, prenesejo daljšo poplavljenost
	krhka vrba	<i>Salix fragilis</i>	
	bela vrba	<i>Salix alba</i>	
	puhasta breza	<i>Betula pubescens</i>	
	brogovita	<i>Viburnum Opulus</i>	
navadna krhlika	<i>Frangula alnus</i>		
			3

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 5. Glavne rastlinske vrste, ki so uporabne v inženirski biologiji in njihove značilnosti	<i>Prunus padus</i>	ustreza jim zelo vlažna do vlažna podlaga, primerni za višje predele brežin kot tudi nasipih pri primerni oskrbi z vodo	
	čremsa		<i>Prunus padus</i>
	dob		<i>Quercus robur</i>
	poljski brest		<i>Ulmus minor</i>
	goli brest		<i>Ulmus glabra</i>
	gorski javor		<i>Acer pseudoplatanus</i>
	lipovec		<i>Tilia cordata</i>
	divja češnja		<i>Prunus avium</i>
	jerebika		<i>Sorbus aucuparia</i>
	navadna breza		<i>Betula verrucosa</i>
	liguster		<i>Ligustrum vulgare</i>
	glog		<i>Crataegus laevigata</i>
	črni trn/trnulja		<i>Prunus spinosa</i>
	dren		<i>Cornus sp.</i>
	šipek		<i>Rósa canína</i>
	kosteličevje		<i>Lonicera sp.</i>
	iva		<i>Salix caprea</i>
robidnice	<i>Rubus sp.</i>		
navadni gaber	<i>Carpinus betulus</i>		
trepetlika	<i>Populus tremula</i>		
		4	

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 5. Glavne rastlinske vrste, ki so uporabne v inženirski biologiji in njihove značilnosti	bor	Pinus longaeva	ustreza jim suha do zelo sušnata podlaga
	rakitovec	Hippophae rhamnoides	
	dren	Cornus sp.	
	dobrovita	Viburnum lantana	
	črni trn/trnulja	Prunus spinosa	

5

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 5. Glavne rastlinske vrste, ki so uporabne v inženirski biologiji in njihove značilnosti	<h2>5.2 Pestrost vegetacije</h2>
	<p>Vegetacija je pri nas praviloma zelo pisana, zato se tudi pri obnovi uporablja veliko vrst. Ta pisanost ima več prednosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>boljša prilagoditev danim podnebnim in talnim parametrom,</i> ✓ <i>nasad je stabilnejši do najrazličnejših zunanjih vplivov, kot so razni vremenski pojavi in čezmerno razmnoževanje rastlinskih bolezni in škodljivcev,</i> ✓ <i>prej in več živalskih vrst se naseli,</i> ✓ <i>pospeši se sukcesija in razvoj nasada, pri čemer ima izredno pomembno vlogo razmerje med grmovnicami in drevesnimi vrstami; praviloma ni treba saditi več kot 10 % drevesnih vrst, da bi se razvil funkcionalen nasad,</i> ✓ <i>vzdrževanje nasada je enostavnejše in zato cenejše, posebno še, če ni preveč drevesnih vrst (Marušič , 1997).</i>

6

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 5. Glavne rastlinske vrste, ki so uporabne v inženirski biologiji in njihove značilnosti	<h3>5.3 Funkcije drevnine</h3> <p>Zasajevanje prostore ne pomeni samo obnove vegetacije, temveč tudi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>optično vodenje, zastiranje pogleda (prekrivanje posameznih elementov),</i> ✓ <i>dušenje hrupa,</i> ✓ <i>zaščita pred vetrom in snežnimi zameti,</i> ✓ <i>ustalitev zemljin in zaščita pred erozijo, ipd. (Marušič, 1997).</i> <p style="text-align: right;">7</p>
--	--

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 5. Glavne rastlinske vrste, ki so uporabne v inženirski biologiji in njihove značilnosti	<h3>VRBE KOT RASTLINSKO GRADIVO</h3> <p>Za inženirsko-biološke protierozijske ukrepe (ozelenjevanja pobočij, obrežna zavarovanja itd.) je vrba, kot pionirska grmovna vrsta, najprimernejša in zato tudi najpogosteje uporabljena.</p> <p>Najpomembnejše lastnosti, ki jih morajo imeti vrbovi potaknjenci so, da ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • se lahko in hitro ukoreninijo, • lahko razvijejo čim obsežnejši koreninski sistemi, • odženejo dolge, vitke in prožne šibe, brez stranskih poganjkov, • tla na danem rastišču izboljšajo, • so trajni in odporni proti poškodbam in škodljivcem. <p style="text-align: right;">8</p>
--	--

VRBE KOT RASTLINSKO GRADIVO

Glede uporabe živega vrbovega gradiva, razlikujemo dve veliki območji: nižinsko območje in gorsko območje.

- nižinsko območje,
- gorsko območje.

Za vegetacijske zgradbe v nižinskih območjih so uporabne naslednje vrste vrb:

- Bela (srebrna) vrba - *Salix alba* L. ,
- Mandeljeva vrba (mandeljevka) - *Salix. triandra* (*S. amygdalina*) L.
- Beka (konopljevka) - *S. viminalis* L.
- Rdeča vrba (kamenka) - *S. purpurea* L.

Za vegetacijske zgradbe v nižinskih območjih so uporabne naslednje vrste vrb:

- Rdeča vrbo (kamenka) - *Salix purpurea* L. ,
- Velikolistna vrba - *Salix appendiculata* L. (*Salix grandifolia* Scr.),
- Siva vrba (seda vrba) - *Salix eleagnos* Scop. (*Salix incana* Schrank.),
- Volčinasta vrba (rana vrba) - *Salix. daphnoides* Vill

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 6. Izvedba del – posebnosti dela z živim gradivom, predhodna pripravljalna dela na pobočjih ter inicialni protierozijski ukrepi	<h3 style="text-align: center;">6.1 Priprava tal</h3> <p>➤ <i>Varovanje živice</i></p> <p>Živica ni samo "humus", temveč živa gmota, ki se hitro pokvari ter se zato zmanjša rodovitnost, kar je posebna vrednost živice.</p> <p>➤ <i>Metoda za določitev vlažnosti tal</i></p> <p>Iz vzorca se s sitom ali ročno odstranijo vsi delci s premerom nad 2 mm.</p> <p>Vzame se kepica živice velikosti oreha, se dobro ročno zgnete ter se na gladki podlagi iz plastike ali stekla z roko valja v svaljek tako dolgo, da ta začne razpadati.</p> <p style="text-align: right;">1</p>
---	--

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 6. Izvedba del – posebnosti dela z živim gradivom, predhodna pripravljalna dela na pobočjih ter inicialni protierozijski ukrepi	<h3 style="text-align: center;">6.1 Priprava tal</h3> <p>Vrednotenje se opira na naslednje:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ če se svaljek oddrobi ali zdrobi pri premeru 8 mm, se tla lahko obdelujejo ✓ če se svaljek lahko valja tako dolgo, da je tanjši od 3 mm, so tla prevlažna, obdelovanje ali delo na takih tleh povzroči znatno poslabšanje strukture ✓ če se svaljek zdrobi ali se oddrobijo delci, ko ima premer med 3 in 8 mm je poskus treba ponoviti in opazovati, ali se svaljek drobi brez vidnega mazanja. Če ni opaziti mazanja, se verjetno struktura tal ne bo pokvarila. <p style="text-align: right;">2</p>
---	--

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 6. Izvedba del – posebnosti dela z živim gradivom, predhodna pripravljalna dela na pobočjih ter inicialni protierozijski ukrepi	<p style="text-align: center;">6.1 Priprava tal</p> <p>➤ <i>Odriv živice</i></p> <p>Živica seže v globino približno 20 do 30 cm ter se odrine po vsej trasi in manipulativnih površinah.</p> <p>Na območju, kjer se razprostirajo korenine dreves, ki naj ostanejo, se ta ne odrine.</p> <p>Težki gradbeni stroji se ne smejo gibati po območjih, kjer živica ostane, ker lahko sicer močno poškodujejo korenine.</p> <p>Živica se ne sme mešati s spodnjo mrtvico. Na težkih tleh je plitvejša, na lažjih je globlja.</p> <p>➤ <i>Hranjenje in varovanje živice</i></p> <p>Živica se raztegne v kopice, visoke največ 3 m. Delo naj se izvaja, ko je primerno vlažna (test).</p> <p>Če ostane živica dalj kot tri mesece v kopici, jo je treba pokriti z rastjo. Ta prepreči erozijo, rast plevelov in izboljša strukturo.</p> <p>Za varovanje živice z rastlinskim pokrovom so primerne vrste, ki se uporabljajo v kmetijstvu za zeleno gnojenje.</p>
---	--

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 6. Izvedba del – posebnosti dela z živim gradivom, predhodna pripravljalna dela na pobočjih ter inicialni protierozijski ukrepi	<p style="text-align: center;">6.2 Travišča</p> <p>Travišča se zasejejo z mešanico semen raznih travnih vrst, tem je priporočljivo primešati semena metuljčnic in zelišč. Te obogatijo rastlinstvo in tako pospešijo sukcesijo.</p> <p>Pri izbiri travnih vrst se je bolje odločiti za nizko rastoče travne vrste in nekatere metuljčnice, semena močno rastočih travnih vrst niso najbolj primerna ker pozneje povzročajo težave s prevelikim odkosom.</p> <p>Tal za travišča praviloma ni potrebno izboljševati, temveč se izbor vrst prilagodi talnim razmeram.</p> <p style="text-align: right;">4</p>
---	---

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 6. Izvedba del – posebnosti dela z živim gradivom, predhodna pripravljalna dela na pobočjih ter inicialni protierozijski ukrepi	<h3>6.3 Sajenje</h3> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Kakovost in velikost sadik ✓ Sadilna razdalja ✓ Čas sajenja ✓ Izvedba sajenja ✓ Varovanje posajenih rastlin <p>➤ Kakovost in velikost sadik se ravnata po funkciji in funkcionalnosti rastlin, rastišču in času sajenja.</p> <p>Za obnovo drevnine v normalnih razmerah zadostujejo mlajše rastline, ki se uporabljajo za pogozdovanje in krajinsko ozelenjevanje.</p> <p>Velikost in kakovost sta odvisni od vrste in agrotehnike.</p> <p>Čim težavnejše so rastne razmere za rastline, kakovostnejše morajo biti sadike.</p> <p style="text-align: right;">5</p>
---	---

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 6. Izvedba del – posebnosti dela z živim gradivom, predhodna pripravljalna dela na pobočjih ter inicialni protierozijski ukrepi	<h3>6.3 Sajenje</h3> <p>➤ Sadilna razdalja se ravna po postavljenih ciljih in stanju rastišča.</p> <p>Rastline se sadijo v vrsto, da se tako olajšajo vzdrževalna dela.</p> <p>Sadike so trikotno razmeščene, s čimer se doseže gostejši sklop rastlin.</p> <p>Razdalja med sadikami grmovnic je 1 do 1,5 m, drevesnih vrst pa več kot 3 m.</p> <p>Odmik od sosednjih zemljišč se ravna po kulturi, v vsakem primeru mora biti večji od 1 m.</p> <p>➤ Čas sajenja</p> <p>Sajenje sadik z golimi koreninami je možno, ko so sadike v mirovanju.</p> <p>Če vremenske razmere dovoljujejo, je najbolje saditi od začetka novembra do konca aprila.</p> <p>Neugodne vremenske razmere so, ko nastopita hujši mraz in suša.</p> <p>Sajenje sadik s koreninsko grudo je manj tvegano, zato se lahko sadijo tudi pozimi, če zemlja ni povsem zmrznjena, pa tudi poleti.</p>
---	--

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 6. Izvedba del – posebnosti dela z živim gradivom, predhodna pripravljalna dela na pobočjih ter inicialni protierozijski ukrepi	<p style="text-align: center;">6.3 Sajenje</p> <p>➤ <i>Izvedba sajenja:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Priprava sadik ✓ Sajenje ✓ Gnojenje ✓ Sajenje podtaknjencev ✓ Setev drevnine <p>➤ <i>Varovanje posajenih rastlin:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ opora – potrebna za posajene sadike drevesnih vrst, če so te večje od 1,5 m. ✓ označevanje posajenih sadik (oporni količi, plastični tulci). ✓ varovanje pred konkurenco druge vegetacije – najbolj nevarni so pleveli, v prvi rastni dobi. Pleveli je treba omejiti v rasti, preden začnejo konkurirati za vodo in hranila. <p style="text-align: right;">7</p>
---	---

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 6. Izvedba del – posebnosti dela z živim gradivom, predhodna pripravljalna dela na pobočjih ter inicialni protierozijski ukrepi	<p style="text-align: center;">6.4 Pravilno zaporedje izvajanja tehničnih del</p> <p>Vrstni red dela projektanta pri načrtovanju biotehničnih zavarovanj:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ogled in ocenitev problema ➤ zbiranje podatkov ➤ analiza in določitev vzrokov problema ➤ izbor najprimernejšega ukrepa ➤ izbor najprimernejših rastlinskih vrst ➤ izdelava načrta <p style="text-align: right;">8</p>
---	---

6.4 Pravilno zaporedje izvajanja tehničnih del

- Pri izboru primernega ukrepa moramo upoštevati (Schiechtel, 1986):
 - ✓ predviden končni cilj določenega projekta; kaj želimo doseči!
 - ✓ zahtevnost problema
 - ✓ tehnični in ekološki učinki predvidenega zavarovanja glede na temeljne karakteristike ogroženega območja
 - ✓ naravno sukcesijsko pot razvoja na obravnavanem področju in v danih pogojih
 - ✓ primeren letni čas za izvedbo del

9

6.4 Pravilno zaporedje izvajanja tehničnih del

- Razmisliti moramo o:
 - ✓ predhodnih delih na brežini
 - ✓ odvodnjavanju zelo vlažnih pobočij
 - ✓ morebitni prepustitvi dela brežine spontani nasementivi
 - ✓ ukrepih z uporabo izključno živega rastlinskega gradiva
 - ✓ odločitvi za kombiniran biotehnični ukrep

10

- Pri tehničnih delih je zelo primerno, če lahko ob vznožju brežine oblikujemo nasip ali jarek, da dobimo dovolj uporabnega prostora za ustavljanje naknadno osipajočega se materiala.
- Tako se lahko izognemo dodatni zaščiti krušljivih pobočij z lovilnimi objekti ali z visečimi varovalnimi mrežami.
- Pri izdelavi nasipa in lovilnega jarka je treba kakovostno izvesti tudi odvodnjavanje tako površinskih kot talnih voda.
- Za kakovostno izvedbo tehničnih in kasneje ali hkrati tudi biotehničnih del je pomemben tudi *pravilen vrstni red izvajanja posameznih del na pobočju*.
- Praviloma jih izvajamo *od zgoraj navzdol*, saj bi z obratnim potekom z novimi poškodovali predhodno že opravljena dela (Marušič, 1997).

6.5 Tehnični ukrepi za površinsko vezanje zemljin

- ✓ mreže iz žičnega pletiva:
 - *mreže manjše natezne trdnosti*
 - *mreže večje natezne trdnosti*
- ✓ mreže iz kokosa
- ✓ mreže iz jute
- ✓ mreže iz plastičnih vlaken
- ✓ preproge z vtakano setvijo

➤ **Mreže manjše natezne trdnosti**

Pri tem načinu zavarovanja je prenos napetosti prek žičnega pletiva omejen z njihovo natezno trdnostjo in predvsem z možnostjo prenosa sil na točke sidranja, zato so ti sistemi obravnavani zgolj kot površinska zavarovanja.

Za izdelavo mrež uporabljajo pocinkano žično pletivo, ki je lahko še dodatno zaščiteno s tanko, 0,40 - 0,60 mm debelo prevleko iz PVC folije.

Trdnost žičnega pletiva narašča z debelino žice, odvisna pa je tudi od načina pletenja.

13

6.5 Tehnični ukrepi za površinsko vezanje zemljin

Žično pletivo je potrebno tudi ustrezno pričvrstiti na pobočje, zato uporabljamo ustrezne načine sidranja ki so odvisni od vrste hribine, njenega nagiba in so hkrati različni na vrhu, dnu in samem pobočju.

Na vrhu naj bo mreža pričvrščena s sidri, katerih vodoravni razmak se glede na vrsto hribine giblje med 1,00 in 3,00 m, njihova globina pa med 0,50 in 1,50 m.

Na samem pobočju je potrebno mrežo učvrstiti s sidri, katerih medsebojni razmak se v odvisnosti od vrste hribine in zaščite giblje med 15 - 30 m² / kom sidra.

Na dnu pobočja mora biti mreža položena tako, da je možno občasno čiščenje okruškov hribine, ki se skotalijo s pobočja.

14

➤ **Mreže velike natezne trdnosti**

Sodobna tehnologija omogoča izdelavo diagonalnih mrež iz trdnih jeklenih žic, ki so glede natezne trdnosti primerljive z zmogljivostmi jeklenih pletenih vrvi.

Pri sanaciji narušenih brežin se v svetu uveljavlja uporaba globoko sidranih jeklenih mrež visokih natezних trdnosti.

Te mreže učinkovito nadomeščajo dražje in okolju manj prijazne rešitve ter hkrati omogočajo rekultivacijo tudi najbolj strmih brežin.

Zaradi svojih lastnosti glede uporabnosti kot tudi možnosti ozelenjevanja zelo strmih pobočij, se te mreže v zadnjem času z velikim uspehom uvajajo tudi pri nas.

15

Jedro sistema predstavlja diagonalno pletena mreža iz zelo trdnih jeklenih žic.

Mreža iz jeklene žice ima natezno trdnost kar 4-krat večjo od običajnih jeklenih žic in je primerljiva s trdnostjo jeklenih pletenih vrvi, a je hkrati precej lažja in cenejša.

Vsi sestavni deli so protikorozijsko zelo dobro zaščiteni, tako, da je pričakovana trajnost sistema v tem pogledu nad 50 let in praktično ne potrebuje večjega vzdrževanja.

16

Zelo pomemben element sistema je optimalno oblikovana in dimenzionirana sidrna plošča, s katero mrežo napnemo na površino s prednapetostjo od 20 kN do 80 kN, s čemer dosežemo aktivno zaščito brežine.

S tem se bistveno zmanjša možnost deformacij v površinskem sloju kritične brežine.

Za sidranja se uporablja pasivna sidra različnih vrst, dimenzij in v različnem rastru.

17

Pritisk, ki zaradi prednapenjanja pletiva deluje na brežino bistveno zmanjšuje možnost nastanka deformacij, ki so skoraj vedno v povezavi z nadaljnjim rahljanjem površinskega sloja in zmanjševanjem strižnih napetosti.

Gosto pletena plastična protierozijska mreža, nameščena neposredno na površje brežine oz. neposredno pod jekleno mrežo, pa ima zadržuje fine frakcije erozijskega drobirja; predstavlja pa tudi potrebno ogrodje za nanašanje rastnega materiala oz. rastne pulpe.

Za dimenzioniranje sistema uporabljamo poseben računalniški model.

18

➤ *Mreže iz kokosa* so primerne na rastiščno ugodnejših pobočjih, saj sorazmerno hitro razpadejo.

Za zaščito pred večjimi skalnimi okruški niso učinkovite, zato jih na močnejše krušljivih pobočjih ne uporabljamo.

Mreže iz kokosovih vlaken uporabljamo na pobočjih iz drobnejših preperin, saj bi z nezaščitenih površin voda lahko sprala veliko talnih delcev, zlasti najdrobnejših koloidov, ki so nosilci plodnosti.

Pri polaganju moramo biti previdni, saj so občutljive na vlago, zato jih moramo položiti tako, da uporabimo več materiala zaradi preprečitve neugodnih posledic krčenja.

19

➤ *Mreže iz jute* dajejo podobno zaščito kot mreže iz kokosovih vlaken.

Ločimo jih po:

- ✓ načinu pletenja,
- ✓ masi,
- ✓ širini pasov,
- ✓ dolžini pasov.

Velikosti so podobne kot pri kokosovih mrežah.

20

➤ **Mreže iz plastičnih vlaken** z dodatnim "armiranjem" površine tal dajejo zaščito pred spiranjem, ne pa zadostne zaščite pred močnejšim krušenjem.

So za okolje manj primerne, energetske zahtevne in bistveno dražje od okolju prijaznejših rešitev.

Posebna vrsta mrež so mreže v obliki satovja, s katerimi prekrijejo pobočja, jih učvrstijo s sidri, satovje zasujejo prstjo in zatravijo.

Namesto teh dragih ekokomercialnih načinov sanacije brežin poznamo številne okolju prijaznejše in nekajkrat cenejše rešitve, zato naj bi jih uporabljali le tam, kjer želimo zaradi vidnega učinka "narediti skalo zeleno."

➤ **Preproge z vtakano setvijo** - travne mešanice in gnojila se vtakne v strojno narejeno preprogo iz različnih snovi.

Preproge polagamo na splanirane površine.

S stališča varovanja okolja je primernejša uporaba preprog iz organskih in razgradljivih materialov.

Njihova uporaba je zaradi visoke cene primerna na erozijsko ogroženih, težko dostopnih mestih, kjer različni načini zatravitev samostojno ne uspejo in jih moramo izvajati v kombinaciji s prekrivanjem z mrežami.

6.6 Inicialni protierozijski ukrepi

- ✓ vejna obloga
- ✓ popleti
- ✓ kordonska sadnja
- ✓ žive ščetke
- ✓ živi koli
- ✓ žive butarice vejevja - fašine

7. Biotehnična dela

✓ *pogozdovalna dela*

✓ *zatravitvena dela*

➤ Dolgoročni cilj zaščite narušenih pobočij je vzpostavitev primerne gozdnega sestoja za zagotavljanje čim boljše protierozijske zaščite.

➤ Ker pa je proces razvoja gozdnega sestoja dolgotrajen, običajno najprej izvedemo *zatravitvena dela*, ki jih kasneje po potrebi dopolnujemo s *pogozdovalnimi deli* (Marušič, 1997).

1

7.1 Zatravitvena dela

Zatravitvena dela izvajamo z različnimi postopki sejanja travnih mešanic ali pa s polaganjem travne ruše. Slednja je danes že redek in hkrati tudi zelo drag ukrep, ki pride v poštev le ob izjemnih okoliščinah (Marušič, 1997).

✓ *oblaganje s travno rušo* (travnimi drni)

✓ *setev travnih mešanic* (navadna setev, vodna setev, setev z nastilom, setev z rastno pulpo)

2

- Pri izbiri zatrativvene tehnike in pri njeni izvedbi je treba paziti na njeno primernost za okolje.
- Večinoma opravljamo zatrativve z različnimi načini setve mešanic travnega semenja.
- Z ekološkega stališča je pomembno, da uporabljamo v mešanicah tiste vrste trav, ki so prilagojene obravnavanemu okolju.
- Za zatratvljanje močno razvrednotenih tal nam je za uporabo na voljo le manjše število težkim ekološkim razmeram prilagodljivih vrst.
- Vendar pride v nekaj letih do samodejnega nasemenjevanja s sosednjih travnatih površin, tako da postane postopoma travniški ekosistem podoben tistemu v bližnjem okolju (Marušič in sod., 1997).

3

ZATRAVITVENA DELA

navadna setev	(seme, gnojilo)
vodna setev	(seme, gnojilo, voda, strukturni in vezivni dodatki)
setev z nastiljem	(seme, gnojilo, nastilj, strukturni in vezivni dodatki)
setev z rastno pulpo	(seme, gnojilo, voda, nastilj, strukturni in vezivni dodatki, humus)

4

7.1.1 Ozelenitev z uporabo rastne pulpe

- Metoda zatratitve oz. ozelenitve erozijsko ogroženih površin s prebrizgom z rastno pulpo ima več desetletno zgodovino, v slovenskem prostoru pa z njo nimamo veliko izkušenj.
- V letu 1998 so strokovnjaki Podjetja za urejanje hudournikov, skupaj s poslovnim partnerjem razvili posebej za ta namen skonstruirani kombinirani stroj in že tudi izvedli nekaj prvih preizkusnih prebrizgov (Durjava in Papež, 1999).

5

7.1.1 Ozelenitev z uporabo rastne pulpe

Cilji:

- Osnovni cilj je *preprečevanje spiranja in odnašanja materiala* že v nekaj dneh po izvedbi ter postopen prevzem *trajne protierozijske zaščite* površin s strani vnešene in razrasle vegetacije in s tem ustrezno *revitalizacijo* površin.
- V posameznih primerih je dopustno v večji meri izpostaviti tudi *estetski vidik* ukrepa, zlasti kadar želimo zakriti večji grobi poseg v okolje (npr. opusteli deli kamnolomov). Le ti običajno zaradi svoje lokacije ne predstavljajo neposredne nevarnosti zaradi krušenja kamenja pač pa zelo negativno vplivajo na videz krajine.
- V največji možni meri se poskuša ozeleniti tudi strme jalove razpokane kamnite obcestne brežine in na ta način poleg, zaščite krušljivih površin, doseči videz naravno zaraščajočih se, razgibanih pobočij (Durjava in Papež, 1999).

6

7.1.1 Ozelenitev z uporabo rastne pulpe

Delovanje in področje uporabe

➤ *Področja možne uporabe:* erozijska žarišča v hudourniških povirjih, strme skalnate obcestne brežine, kamnolomi, deponije jalovine, smučišča, naplavišča, odlagališče/deponija smeti, odlagališče pepela, deponija premoga oz. rudnin, površine za šport in prosti čas ...

➤ Z mešanico različnih trdnih balastnih snovi in gnojil lahko ustvarimo optimalno okolje za kaljenje rastlinskih semen.

➤ Ta zgornja plast z ekološkega vidika deluje kot zgornji, tanek, še posebej kvaliteten, sloj humusa (NEUSCHMID, 1996). Na strmih in kamnitih brežinah z običajnim humuziranjem praviloma ne bi mogli doseči takih rezultatov (Durjava in Papež, 1999).

7

Opis postopka

➤ S pomočjo posebne strojne opreme, sestavljene iz cisterne, črpalke za goste tekočine in brizgalnika, se površino, predvideno za ozelenitev prebrizga s pripravljeno mešanico/rastno pulpo.

➤ Rastna pulpa vsebuje ustrezno semensko mešanico, gnojila, organski material/zastirka/seno, ekološko neoporečno vezivno sredstvo (sčasoma razpade na CO₂ in vodo), zemljino ter razne dodatke za izboljšanje strukture tal in vodo.

➤ Ko se vse sestavine umeša v cisterno se ob počasni vožnji po predvidenih površinah nabrizga 0,5 - 2 cm debel sloj rastne pulpe (NEUSCHMID, 1996).

➤ Pri zelo kamnitih površinah se nanašanje mešanice večkrat ponovi, pri čemer se mora počakati na zadostno strditev predhodnjega sloja.

➤ Optimalni čas izvajanja del: začetek vlažnega jesenskega obdobja ali pa spomladi (poleti ni primeren čas, ker prihaja zaradi sušnega obdobja ob premočnem izsuševanju do tvorjenja številnih razpok na nanešenem sloju (Durjava in Papež, 1999).

7.1.1 Ozelenitev z uporabo rastne pulpe

Uporabljeni materiali, lokacija, rastiščni pogoji

➤Potrebne količine posamezne sestavine v rastni pulpi so seveda odvisne od *dejanske lokacije in dejanskih rastiščnih pogojev*. Zato moramo, pred večjimi ozelenitvenimi deli, vse te dejavnike skrbno preučiti, in na podlagi vseh ugotovitev določiti pravilno sestavo mešanice.

➤Pri določitvi o ustreznosti uporabljenega postopka in izbiri ustrezne rastne mešanice je potrebno oceniti vsaj naslednje tri sklope dejavnikov: *stanje tal, klima in ogroženost po eroziji in/oz. po plazenju* (SCHIECHTL, 1973).

9

7.1.1 Ozelenitev z uporabo rastne pulpe

Uporabljeni materiali, lokacija, rastiščni pogoji

STANJE TAL → *upoštevamo:*

- ✓debelino zgornjega - za rast rastlin ugodnega - sloja tal,
- ✓velikostno sestavo talnih delcev (ugotavljanje deleža finih drobnozrnatih talnih delcev),
- ✓vsebnost organskih snovi,
- ✓strukturo tal,
- ✓vodoprepustnost,
- ✓vodozadrževalno sposobnost,
- ✓talno vlažnost,
- ✓vsebnost hranilnih snovi,
- ✓PH-vrednost,
- ✓vsebnost strupenih snovi ter
- ✓vse morebitne druge neugodne značilnosti umetno spremenjenih tal. 10

Uporabljeni materiali, lokacija, rastiščni pogoji

KLIMA → *presoja se z vidika:*

MAKROKLIMATSKIH POGOJEV

- ✓ nadmorska višina in oddaljenost od morja,
- ✓ količina srednjih letnih padavin in njihova razporeditev med letom,
- ✓ zračna vlažnost,
- ✓ dolžina in pogostnost sušnih obdobj,
- ✓ srednja temperatura in
- ✓ temperaturna nihanja

MIKROKLIMATSKIH POGOJEV

- ✓ ekspozicija,
- ✓ nagnjenost površine/inklinacija,
- ✓ svetlobne razmere,
- ✓ osončenost,
- ✓ vetrovnost,
- ✓ trajanje snežne odeje,
- ✓ prisotnost zmrzali

11

7.1.1 Ozelenitev z uporabo rastne pulpe

Uporabljeni materiali, lokacija, rastiščni pogoji

OGROŽENOST PO EROZIJI in/oz. PO PLAZENJU → *ocenjuje se z upoštevanjem:*

- ✓ višine brežine,
- ✓ nagnjenosti brežine,
- ✓ nevarnosti nastopa neurja,
- ✓ posebno izražene nevarnosti nastopa izjemno obilnih padavin,
- ✓ nevarnosti toče in nevarnosti poplav,
- ✓ vetrovnosti - moč in sunkovitost vetra,
- ✓ obstojnosti tal-kohezivnost tal (povezanost delcev v tleh),
- ✓ prisotnosti vezivnih delcev v tleh,
- ✓ organskih snovi in vode,
- ✓ pogostosti nastopa zmrzali.

12

7.1.1 Ozelenitev z uporabo rastne pulpe

Uporabljeni materiali, lokacija, rastiščni pogoji

- Pri izbiri zatrativne tehnike in pri njeni izvedbi je potrebno paziti na njeno primernost okolju.
- Z ekološkega stališča je pomembno, da uporabljamo v mešanica tiste vrste trav, ki so prilagojene obravnavanemu okolju.
- Za zatratljanje močno degradiranih tal, kakršna so praviloma na cestnih brežinah, nam je za uporabo na voljo le manjše število, težkim ekološkim razmeram prilagodljivih, rastlinskih vrst (MARUŠIČ et al., 1997). Vendar pride v nekaj letih do samodejnega nasemenjevanja s sosednjih travnatih površin, tako da postane postopoma tudi na cestnih brežinah travniški ekosistem podoben tistemu v bližnjem okolju.
- Pri vseh vrstah dodajamo semenski mešanici gnojilo v manjših količinah. Količina, sestava in pogostost dodanega "inputa" mora biti v skladu z nosilno kapaciteto ekosistema (HORVAT, 1992).

13

7.1.1 Ozelenitev z uporabo rastne pulpe

Uporabljeni materiali, lokacija, rastiščni pogoji

- Prikazanim ekološkim merilom se pri vodni setvi, setvi z nastilom in setvi z rastno pulpo navadno pridruži še *vprašanje primernosti dodatkov* iz naravnih ali sintetičnih organskih snovi, ki izboljšujejo fizikalne, kemične in mikrobiološke razmere tal oz. povežejo talne delce ter tako preprečijo njihovo spiranje in odplavljanje.
- Za izboljšanje fizikalnih lastnosti tal dodajamo v manjših količinah dodatke, ki predstavljajo začetni input in so ekološko nevtralni, v težkih ekoloških razmerah pa predstavljajo kot organogeni oz. humifikaciji podvrženi prav tako ekološko nevtralne snovi.
- Kot *nastilj* uporabljamo *seno, slamo, celulozo* in glede na specifične naravne in gospodarske razmere še *nekater druge organske snovi (sekanci, lubje ...)*. Vse te snovi imajo ugoden mikroklimatski učinek, so organskega izvora in so v procesu naravnega razpadanja postopoma podvržene humifikaciji, so torej ekološko primerne (Durjava in Papež¹⁴, 1999).

7.1.1 Ozelenitev z uporabo rastne pulpe

Prednosti in pomanjkljivosti postopka

Prednosti ustalitve in zatratitve površin z rastno pulpo:

- takojšna ustalitev in zavarovanje površine pred erozijskim brazdanjem in odnašanjem materiala;
- boljše kaljenje in bistveno hitrejša tvorba ustrezno goste zaščite s travinjem;
- ozelenitev površin, kjer je zaradi sprotnega erozijskega spiranja drobnih preperelih delčkov naravna ozelenitev zelo počasna ali celo nemogoča;
- majhen energijski vložek za doseg dolgoročne rešitve v primerjavi s tehničnimi ukrepi. Posebnost metode je, da z minimalnim vlaganjem spodbudimo in usmerimo delovanje naravnih mehanizmov za doseganje naših ciljev. Z drugimi besedami – z ukrepom omogočimo naravi da lahko v kar največji možni meri razvije vse svoje progresivne sukcesijske mehanizme;

15

Prednosti in pomanjkljivosti postopka

Prednosti ustalitve in zatratitve površin z rastno pulpo:

- velika stopnja vnešenega znanja, ki se kaže v prilagajanju sestave semenske mešanice oz. rastne pulpe na dejanske razmere;
- enostavna uporaba z brizganjem pripravljene mešanice;
- temeljitejša ozelenitev površine (bistveno manjše spiranje semenja in hranilnih snovi);
- posebni dodatki bistveno zmanjšajo spiranje dodanih hranilnih snovi s pobočja, kar izključuje možnost povečanih koncentracij teh snovi v okolici;
- pozitiven vidik pri ozelenjevanju golih, jalovih tal, ki imajo zelo tanko plast humusne plasti ali je celo nimajo, je v tem, da kaleče rastline, zaradi pomanjkanja hranilnih snovi v zgornjih plasteh tal, v iskanju hrane, razvijejo svoje korenine tudi v globje plasti tal. Na ta način se dolgoročno ustvarja boljša, bolj učinkovita protierozijska zaščita. Z razpadanjem in trohnenjem odmrlih delov rastlin se že skoraj v roku enega leta počasi ustvarja nova vrhnja talna;

16

Prednosti in pomanjkljivosti postopka

Prednosti ustalitve in zatratitve površin z rastno pulpo:

- plast, v kateri se kopičijo organske humusne snovi. Ta novonastala tanka humusna plast se prek prekoreninjenja sprime s podlago in postane del tal. Tako se izoblikuje trajna protierozijska zaščita;
- v največji možni meri ozelenitev tudi strmih kamnitih pobočij; ozelenitev vseh skalnih žepov, polic, razpok, itn. Zelo velik učinek s krajinsko ekološkega in estetskega vidika (Durjava in Papež, 1999).

Pomanjkljivosti ustalitve in zatratitve površin z rastno pulpo:

- delovišče mora biti toliko dostopno, da lahko do njega pripeljemo stroj;
- največji doseg s podaljškom - gumijasto cevjo je ca. 150 m, brez cevi (le top) pa v povprečju do ca. 25 m, max. 40 m;
- nanašanje/brizganje prekrivne zastirke še vedno povzroča določene tehnične probleme, zato se v mešanici uporabljajo le nežnejši, tanjši deli rastlin, ki se predelajo v kratka vlakna (Durjava in Papež, 1999). 17

7.1.1 Ozelenitev z uporabo rastne pulpe

Oskrba / Nega:

- potrebno je redno spremljati razvoj vegetacije in paziti, da ne pride do popolne izsušitve; v poštev pride tudi škropljenje z vodo;
- po razrasti se ozelenjeno površino neguje enako kot pri vseh ostalih setvah

Sukcesija, nadaljni potek naravnega razvoja, uspeh ozelenitve:

- uspeh je v največji meri odvisen od uporabljene semenske mešanice in dejanskih rastiščnih pogojev (Durjava in Papež, 1999).

7.2 Pogozdovalna dela

- Pogozdovala dela na erozijskih območjih izvajamo z uporabo različnih tehnik.
- Uspehe je možno doseči na I., II. In III. kategoriji erozijskih površin, medtem ko so v IV. kategoriji (gola kompaktna skala) površine, kjer pogozdovanje ni več uspešno.
- Cilj utrjevanja pobočij z rastlinsko odejo ni »pozelenitev« skal, kjer poteka normalna ali geološka erozija, ampak **protierozijska zaščita** pobočij iz nepreloženih in še zlasti preloženih odkladnin, kjer se brez ustrezne zaščite erozija v zelo kratkem času ekscesivno razvije (Marušič, 1997).

19

Izbor rastlinskih vrst

- Podlaga za kakovostno, uspešno in ekološko primerno pogozdovanje je pravilna izbira drevesnih in grmovnih vrst .
- Izbrati moramo rastišču ustrezne vrste, ki laže uspejo in zanesljiveje prehajajo v stabilne fitocenoze.
- Z ekološkega vidika morajo imeti **prednost lokalne avtohtone vrste**, pa še med temi varietete, ki so glede na odpornost zelo težkim rastiščnim razmeram najustreznejše (ustreznost rastiščnim razmeram, odpornost proti negativnim biotičnim in abiotičnim vplivom, gospodarska korist) (Marušič, 1997).

20

Izbor pogozdovalne tehnike

- Pri pogozdovanju uporabljamo različne načine setve in saditve.
- Za slednje se uporabljajo materiali tako semenskega kot vegetativnega izvora.
- Podlaga za kakovostno, sonaravno pogozdovanje je torej dovolj široka izbira semenskega oz. saditvenega materiala.
- Tehnike pogozdovanja moramo prilagoditi naravnim možnostim.

21

Izbor pogozdovalne tehnike

Npr.: na cestnih brežinah je strojno sajenje zaradi neugodnega terena v glavnem onemogočeno. Zatekamo se k raznim tipom ročnega sajenja, ki so se postopno uveljavili.

- Poseben primer pogozdovanja je uporaba sadik v kontejnerčkih, katerih namen je zlasti zmanjšati šok za rastlino ob presaditvi in podaljšati obdobje možnega pogozdovanja v letu.
- Tudi tu je podlaga sonaravnosti izbira ustreznih vrst (Marušič, 1997).

22

Nega mladega sestoja

- V ekstremnih razmerah pogosto ne zadošča pomoč le med sajenjem, temveč je potrebna še najmanj eno do dve leti, običajno pa bistveno dlje.
- V glavnem gre za **dognojevanje**, kjer moramo na podlagi pedoloških analiz dodajati kakovostno in količinsko rastišču oz. tlom primerna hranila oz. gnojila.
- Nega mladih rastlin je nenadomestljiv sestavni del pogozdovanja (Marušič, 1997).

23

7.3 Biotehnična zavarovanja z opornimi zidovi

- Najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na moč erozije, je naklon brežine.
- Najstabilnejše in najmanj erozijsko ogrožene so položnejše brežine, zato pri gradnji stremimo k takim brežinam, ki nam tudi dolgoročno zagotavljajo najmanj težav.
- V primerih, kjer nam teren ne dopušča položnejših brežin, oziroma bi bili stroški za njihovo oblikovanje nesmotrni, nastali naklon naknadno zmanjšamo.
- To lahko storimo s postavitvijo nizkih opornih konstrukcij v vznožju pobočja.

24

7.3 Biotehnična zavarovanja z opornimi zidovi

- S tem lahko občutno zmanjšamo naklon brežine, povečamo odpornost brežine in vzpostavimo pogoje za uspešno vegetacijsko utrditev in zaščito.
- Dodatna zelo pomembna funkcija opornih zgradb je zaščita vznožja pobočja proti zdrsom.
- Uporabnost teh metod je omejena, ker tudi največje dimenzije predvidene konstrukcije in uporabljeni materiali ne dopuščajo izjemnih pritiskov zemeljskih mas, ki se pojavljajo pri dolgih in zelo strmih brežinah.
- Vsi ti objekti se lahko uporabljajo tudi kot podporne konstrukcije.

25

7.3 Biotehnična zavarovanja z opornimi zidovi

- Te metode so uporabne predvsem pri vkopnih brežinah, kjer je poleg zaščite vznožja vedno zaželeno tudi zmanjšanje naklona pobočja.
- Uporabljajo pa se tudi v vznožju nekaterih nestabilnih nasipnih brežin, kjer z njimi preprečujemo zdrse pobočja.
- Včasih se zatečemo k tem metodam tudi zaradi pomanjkanja prostora.

26

7.3 Biotehnična zavarovanja z opornimi zidovi

Žive lesene ali betonske kašte s sajenjem v čelne odprtine

Lesena kašta je sestavljena iz lesenih oblic, prečnikov in vzdolžnikov, ki so zloženi tako, da tvorijo škatlasto votlo prostorsko konstrukcijo.

Najboljši les je kostanjev, ki traja do 60 let, vendar običajno ni dovolj ravnih kostanjevih golic, zato se uporabljajo tudi macesen, bor. Smreka naj se ne bi uporabljala, ker je od vseh najmanj obstojna.

Notranjost kaste zapolnimo s primernim kamenjem, zemljo in s plastmi vejevja.

27

7.3 Biotehnična zavarovanja z opornimi zidovi

Vsakič ko polagamo novo vrsto prečnikov, položimo tudi plast vejevja regenerativnih rastlinskih vrst.

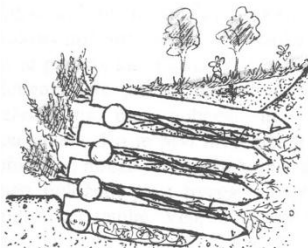
Po vgradnji morajo vrhovi vej viseti iz prednjih odprtin konstrukcije, tako da lahko odženejo adventivni poganjki.

Vnesena vegetacija prekorenini in s tem utrdi zgrajeno konstrukcijo ter mestoma tudi poveže z brežino.

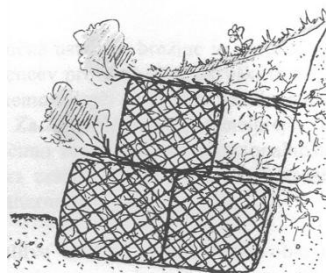
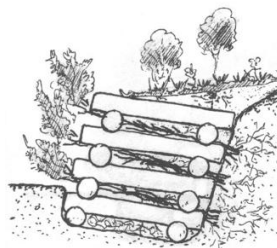
Sčasoma bodo povezovalno vlogo prevzele korenine dreves, ki se bodo razrasla na brežini nad kasto.

28

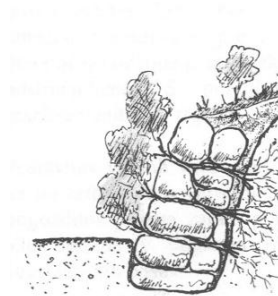
Enojna, dodatno vegetacijsko utrjena lesena kašta



Dvojna, dodatno vegetacijsko utrjena lesena kašta



Vir: Požar, 1997 Žičnata kašta dodatno utrjena z vegetacijo



Kamniti zid, grajen v suho in dodatno utrjen z vegetacijo

7.4 Čas in način izvedbe biotehničnih ukrepov

➤ Za kakovostno izvedbo biotehničnega dela biotehničnih ukrepov za npr. zaščito cestnih brežin je pomembna ne le izbira kakovostnega setvenega in saditvenega materiala, temveč tudi primerne letnega časa izvedbe del.

➤ Poleg tega je pomembno najmanj še 2 leti , v težkih rastiščnih razmerah pa tudi še dalj, vzdrževati in negovati tako obdelane površine.

➤ Poraba energije za biotehnično utrditev m² cestne brežine je pri okolju primernejših ukrepih občutno manjša.

Čim manjša poraba energije v naravnem krogu pa je osnova trajnostnega razvoja, oziroma okolju prilagojenega biotehničnega saniranja cestnih brežin.

➤ Zaželeno bi bilo, da bi investitorji tovrstnih del prevzeli prakso, ki je v navadi v sosednjih deželah alpskega loka.

7.4 Čas in način izvedbe biotehničnih ukrepov

➤ Tam ta dela z razpisi oddajajo posebej specializiranim organizacijam, pri odločitvah o izbiri pa kakovost prevladuje nad ceno.

Dela oddajo za leto vnaprej, izbiro opravijo predhodno jesen, tako, da imajo vsi izvajalci možnost zagotoviti dovolj kvalitetnega setvenega in saditvenega materiala, hkrati pa celoletna dela izvedejo v primernih rastiščnih pogojih.

Opraviti imamo namreč z živim vegetacijskim gradivom in ne z mrtvimi materiali.

Osnove vodnogospodarskega načrtovanja

Vodnogospodarske količine

Vodomerne postaje

– meritev odtočnih količin s (dela) povodja

Potrebno je, poznati zvezo med vodostajem in pretokom!

Osnove vodnogospodarskega načrtovanja

Vodnogospodarsko načrtovanje

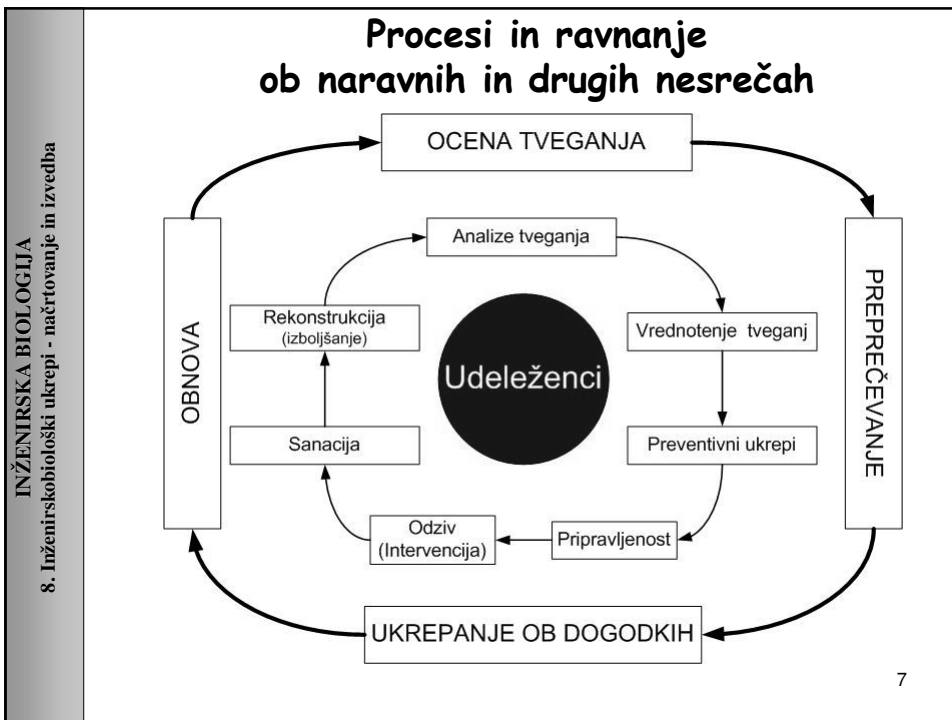
Izhodišče za načrtovanje – VGO (po Zakonu o vodah)

VSEBINA VODNOSPODARSKIH OSNOV

OBSTOJEČE STANJE		MOŽNOSTI RAZVOJA																																																
NARAVNE DANOSTI	VPLIV ČLOVEKA																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">GEOGRAFIJA</td><td>RELIEF ZARAST</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">GEOLOGIJA</td><td>HIĐROGEOLOGIJA INŽENIRSKA GEOLOGIJA SEIZMOLOGIJA</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">PEDOLOGIJA</td><td>POVRŠINSKE ZNAČILNOSTI</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">METEOROLOGIJA KLIMATOLOGIJA</td><td>PADAVINE IZHLEPEVANJE OSTALI PARAMETRI</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">HIDROLOGIJA</td><td>IZVIRI POVRŠINSKI ODTOK PODZEMNE VODE OBALNO MORJE PRETOČNOST STRUG POPRAVE</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">EROZIJA PRODORNOST</td><td>OGROŽENE POVRŠINE OVOJNE STRUGE MORFOLOGIJA</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">DEDIŠČINA</td><td>NARAVNA DEDIŠČINA KULTURNA DEDIŠČINA</td></tr> </table>	GEOGRAFIJA	RELIEF ZARAST	GEOLOGIJA	HIĐROGEOLOGIJA INŽENIRSKA GEOLOGIJA SEIZMOLOGIJA	PEDOLOGIJA	POVRŠINSKE ZNAČILNOSTI	METEOROLOGIJA KLIMATOLOGIJA	PADAVINE IZHLEPEVANJE OSTALI PARAMETRI	HIDROLOGIJA	IZVIRI POVRŠINSKI ODTOK PODZEMNE VODE OBALNO MORJE PRETOČNOST STRUG POPRAVE	EROZIJA PRODORNOST	OGROŽENE POVRŠINE OVOJNE STRUGE MORFOLOGIJA	DEDIŠČINA	NARAVNA DEDIŠČINA KULTURNA DEDIŠČINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">DEMOKRAF.</td><td>PREBIVALSTVO GOSPODARSKE DEJ.</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">NAMENSKA RABA PROSTORA</td><td>MINERALNE SUROVINE VODNA, POKVALNA ZEMLJA INFRASTRUKTURA NARAVNE STRUGE</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">VARSTVO PRED ŠKODLJIVIM DELOVANJEM VODA</td><td>EROZIJA VARSTVO PRED VODAMI ZBIRALNIKI MELJIRACIJE</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">VARSTVO VODNIH KOLIČIN IN KAKOVOSTI VODE</td><td>IZVIRI POVRŠINSKE VODE PODZEMNE VODE OBALNO MORJE</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">OSKRBA Z VODO</td><td>PITNA VODA OSTALA RABA KANALIZACIJA</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">KAKOVOST VODE</td><td>ONESNAŽEVANJE ČISTILNE NAPRAVE</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">IZRABA VODNE MOČI</td><td>OBSTOJEČA IZRABA POTENCIALNE MOŽNOSTI</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">DRUGE RABE VODE V PROSTORU</td><td>REŠTVO TURIZEM ŠPORT REKREACIJA</td></tr> </table>	DEMOKRAF.	PREBIVALSTVO GOSPODARSKE DEJ.	NAMENSKA RABA PROSTORA	MINERALNE SUROVINE VODNA, POKVALNA ZEMLJA INFRASTRUKTURA NARAVNE STRUGE	VARSTVO PRED ŠKODLJIVIM DELOVANJEM VODA	EROZIJA VARSTVO PRED VODAMI ZBIRALNIKI MELJIRACIJE	VARSTVO VODNIH KOLIČIN IN KAKOVOSTI VODE	IZVIRI POVRŠINSKE VODE PODZEMNE VODE OBALNO MORJE	OSKRBA Z VODO	PITNA VODA OSTALA RABA KANALIZACIJA	KAKOVOST VODE	ONESNAŽEVANJE ČISTILNE NAPRAVE	IZRABA VODNE MOČI	OBSTOJEČA IZRABA POTENCIALNE MOŽNOSTI	DRUGE RABE VODE V PROSTORU	REŠTVO TURIZEM ŠPORT REKREACIJA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">MOŽNOSTI UREJANJA VODNEGA REŽIMA</td><td>EROZIJA, HUDOUPNIKI ŠKODLJIVO DELOVANJE VARSTVO IN BOGA TENJE</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">MOŽNOSTI RABE IN IZKORIŠČ.</td><td>PITNA, TEHNOLOŠKA OSTALA RABA JEZERA, BENIKI VODNI ZBRALNIKI</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">ZADRŽEVANJE VODA</td><td>MALE AKUMULACIJE</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">DISPOZICIJA IN OČIŠČENJE ODPADNIH VODA</td><td>KANALIZACIJA OČIŠČENE ODPADNIH VODA</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">HIDROTEHNIŠNE MELJIRACIJE</td><td>ODPADNE SNIVI OSUŠEVANJE NAMAKANJE</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">UREJANJE VODE V OKOLJU</td><td>OPROŽENOST PRIMERNOST RANLJIVOST USTREZNOST</td></tr> </table>	MOŽNOSTI UREJANJA VODNEGA REŽIMA	EROZIJA, HUDOUPNIKI ŠKODLJIVO DELOVANJE VARSTVO IN BOGA TENJE	MOŽNOSTI RABE IN IZKORIŠČ.	PITNA, TEHNOLOŠKA OSTALA RABA JEZERA, BENIKI VODNI ZBRALNIKI	ZADRŽEVANJE VODA	MALE AKUMULACIJE	DISPOZICIJA IN OČIŠČENJE ODPADNIH VODA	KANALIZACIJA OČIŠČENE ODPADNIH VODA	HIDROTEHNIŠNE MELJIRACIJE	ODPADNE SNIVI OSUŠEVANJE NAMAKANJE	UREJANJE VODE V OKOLJU	OPROŽENOST PRIMERNOST RANLJIVOST USTREZNOST	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">UPRAVLJANJE Z VODAMI</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">KATEGORIZACIJA VODOTOKOV</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">OPREDELITEV VODNOSPODARSKIH ORGANIZACIJSKIH ENOT</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">ORGANIZACIJSKO TEHNIŠNE MOŽNOSTI UPRAVLJANJA Z VODAMI</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">RAZVOJNO PLANSKA IZHODIŠČA IN KRITERIJI ZA POSTOPKE PLANIRANJA</td></tr> </table>	UPRAVLJANJE Z VODAMI	KATEGORIZACIJA VODOTOKOV	OPREDELITEV VODNOSPODARSKIH ORGANIZACIJSKIH ENOT	ORGANIZACIJSKO TEHNIŠNE MOŽNOSTI UPRAVLJANJA Z VODAMI	RAZVOJNO PLANSKA IZHODIŠČA IN KRITERIJI ZA POSTOPKE PLANIRANJA
GEOGRAFIJA	RELIEF ZARAST																																																	
GEOLOGIJA	HIĐROGEOLOGIJA INŽENIRSKA GEOLOGIJA SEIZMOLOGIJA																																																	
PEDOLOGIJA	POVRŠINSKE ZNAČILNOSTI																																																	
METEOROLOGIJA KLIMATOLOGIJA	PADAVINE IZHLEPEVANJE OSTALI PARAMETRI																																																	
HIDROLOGIJA	IZVIRI POVRŠINSKI ODTOK PODZEMNE VODE OBALNO MORJE PRETOČNOST STRUG POPRAVE																																																	
EROZIJA PRODORNOST	OGROŽENE POVRŠINE OVOJNE STRUGE MORFOLOGIJA																																																	
DEDIŠČINA	NARAVNA DEDIŠČINA KULTURNA DEDIŠČINA																																																	
DEMOKRAF.	PREBIVALSTVO GOSPODARSKE DEJ.																																																	
NAMENSKA RABA PROSTORA	MINERALNE SUROVINE VODNA, POKVALNA ZEMLJA INFRASTRUKTURA NARAVNE STRUGE																																																	
VARSTVO PRED ŠKODLJIVIM DELOVANJEM VODA	EROZIJA VARSTVO PRED VODAMI ZBIRALNIKI MELJIRACIJE																																																	
VARSTVO VODNIH KOLIČIN IN KAKOVOSTI VODE	IZVIRI POVRŠINSKE VODE PODZEMNE VODE OBALNO MORJE																																																	
OSKRBA Z VODO	PITNA VODA OSTALA RABA KANALIZACIJA																																																	
KAKOVOST VODE	ONESNAŽEVANJE ČISTILNE NAPRAVE																																																	
IZRABA VODNE MOČI	OBSTOJEČA IZRABA POTENCIALNE MOŽNOSTI																																																	
DRUGE RABE VODE V PROSTORU	REŠTVO TURIZEM ŠPORT REKREACIJA																																																	
MOŽNOSTI UREJANJA VODNEGA REŽIMA	EROZIJA, HUDOUPNIKI ŠKODLJIVO DELOVANJE VARSTVO IN BOGA TENJE																																																	
MOŽNOSTI RABE IN IZKORIŠČ.	PITNA, TEHNOLOŠKA OSTALA RABA JEZERA, BENIKI VODNI ZBRALNIKI																																																	
ZADRŽEVANJE VODA	MALE AKUMULACIJE																																																	
DISPOZICIJA IN OČIŠČENJE ODPADNIH VODA	KANALIZACIJA OČIŠČENE ODPADNIH VODA																																																	
HIDROTEHNIŠNE MELJIRACIJE	ODPADNE SNIVI OSUŠEVANJE NAMAKANJE																																																	
UREJANJE VODE V OKOLJU	OPROŽENOST PRIMERNOST RANLJIVOST USTREZNOST																																																	
UPRAVLJANJE Z VODAMI																																																		
KATEGORIZACIJA VODOTOKOV																																																		
OPREDELITEV VODNOSPODARSKIH ORGANIZACIJSKIH ENOT																																																		
ORGANIZACIJSKO TEHNIŠNE MOŽNOSTI UPRAVLJANJA Z VODAMI																																																		
RAZVOJNO PLANSKA IZHODIŠČA IN KRITERIJI ZA POSTOPKE PLANIRANJA																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">SINTEZA</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">VODNE MASE ODTOČNE KOLIČINE MALE VODE</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">V.G. PROFILI</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">OCENA UREJENOSTI</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">ŠKODLJIVO</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">VODNE KOLIČINE KAKOVOST VODE VODNA, POKVALNA ZEMLJA</td></tr> </table>		SINTEZA	VODNE MASE ODTOČNE KOLIČINE MALE VODE	V.G. PROFILI	OCENA UREJENOSTI	ŠKODLJIVO	VODNE KOLIČINE KAKOVOST VODE VODNA, POKVALNA ZEMLJA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">PREGLAD STANJA V.B. BALANCA V.G. REŽIMA</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">V.G. REŽIMA</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">V.G. REŽIMA</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">V.G. REŽIMA</td></tr> </table>	PREGLAD STANJA V.B. BALANCA V.G. REŽIMA	V.G. REŽIMA	V.G. REŽIMA	V.G. REŽIMA																																						
SINTEZA																																																		
VODNE MASE ODTOČNE KOLIČINE MALE VODE																																																		
V.G. PROFILI																																																		
OCENA UREJENOSTI																																																		
ŠKODLJIVO																																																		
VODNE KOLIČINE KAKOVOST VODE VODNA, POKVALNA ZEMLJA																																																		
PREGLAD STANJA V.B. BALANCA V.G. REŽIMA																																																		
V.G. REŽIMA																																																		
V.G. REŽIMA																																																		
V.G. REŽIMA																																																		

Osnove vodnogospodarskega načrtovanja		
Zmanjšanje škodljivega delovanja poplavnih voda –		
Metode zadrževanja padavinskih voda		
namen	metoda	razlog
Zmanjševanje koničnega odtoka	opazovanje neviht površinsko pridrževanje zadrževanje v strugah hrapave površine zadrževanje na strehah itd.	napovedovanje poplav zmanjševanje poplav zmanjševanje poplav zakasnitev odtoka zakasnitev in zmanjšanje odtoka
Zmanjševanje volumna celotnega odtoka	zadrževanje v zadrževalnikih razbremenjevanje prepustne utrjene površine ponikanje v bazenih itd.	odstranitev pretoka zmanjšenje pretoka infiltracija zmanjšanje pret. in napajanje podtalnice
Zaščita pred poplavo	zavarovanje pri zavarovalnici zaščitni objekti v poplavni coni opazovanje in javljanje	nadomestilo za škodo zmanjšanje škode evakuacija ljudi in materialnih vrednot
Ukrepi ob katastrofi	evakuacija nameščanje vreč s peskom zasilni preliv ojačevanje objektov namestitve vodnih rezervoarjev itd.	porušitev objekta višanje nivoja vode kontrola pretoka nevarni nivoji poplavnih vod onesnaženje virov pitne vode
Kontrola erozije	položne brežine zatravljanje, ozeljenjvanje kamnometi gnojenje poplavnih področij itd.	manjša vlečna sila stabilizacija bregov in zakasnitev odtoka kontrola pretokov pospešuje zatravljanje
Kontrola onesnaževanja	pometanje ulic odsavanje ulic pranje ulic lovljenje prvega (čistilnega) vala itd.	prestrazanje večjih trdnih snovi prestrazanje drobnih snovi odstranjevanje večine onesnaženja zmanjševanje onesnaženja odvodnika
Zakonska regulativa	zakonodaja kazni in globe, stimulacije	postavljanje standardov pospeševanje pravih ukrepov itd



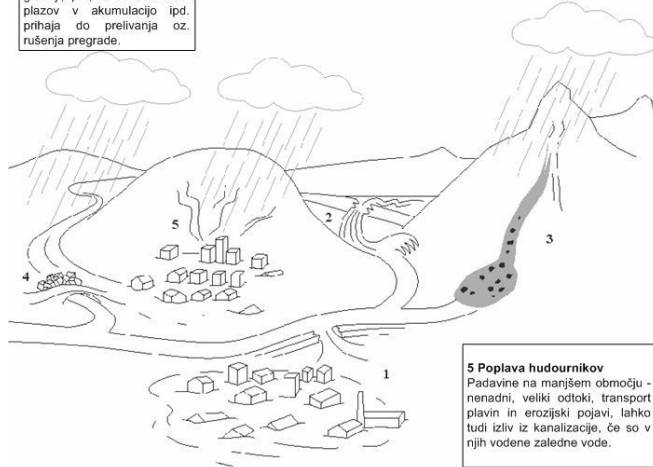


Pristojnosti: Kdo je za katere procese?

- 1 Poplavljanje rek**
Posledica obsežnih, dolgotrajnih padavin je prevelik odtok, zaradi katerega se vodotok izlije iz korita.
- 2 Porušitev pregrad**
Zaradi napak pri načrtovanju, gradnji, ipd., kakor tudi zaradi plazov v akumulacijo ipd. prihaja do prelivanja oz. rušenja pregrade.

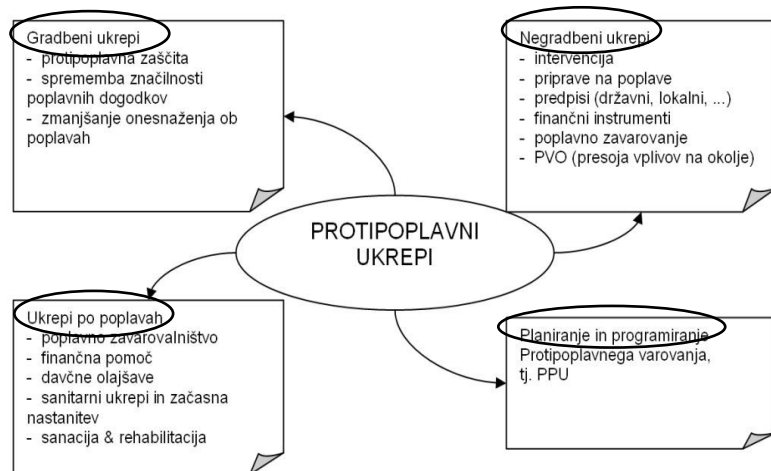
- 3 Tok blata**
Zaradi povečane vsebnosti vode (dež, preusmerjanje in/ali koncentracija dotoka v zemljino) se zemljina utekočini. Za takšno maso v gibanju je značilna velika uničevalna moč.

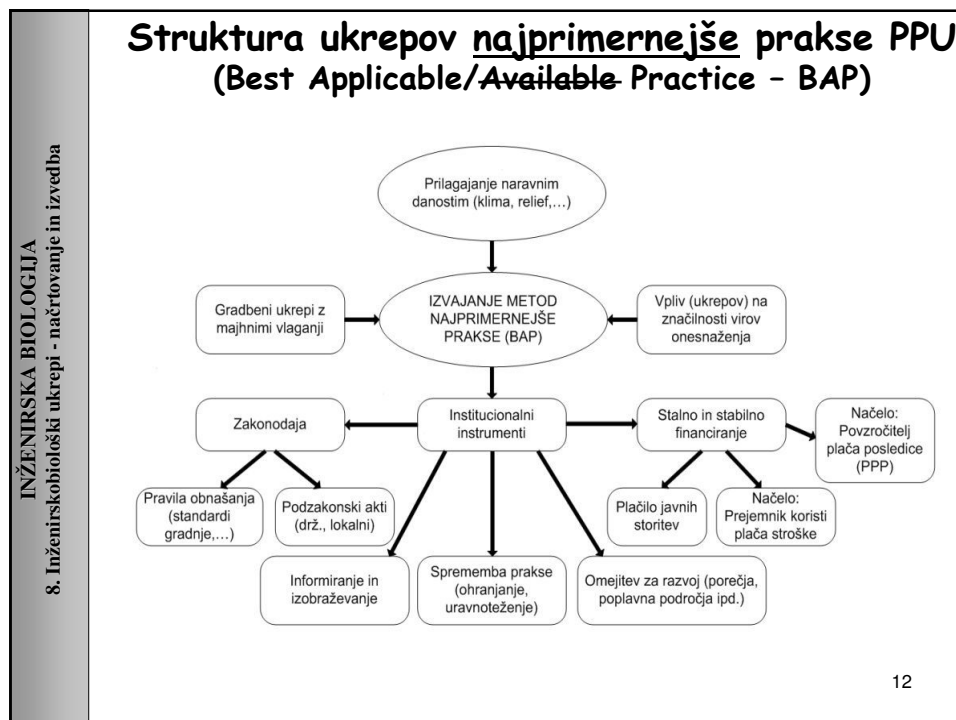
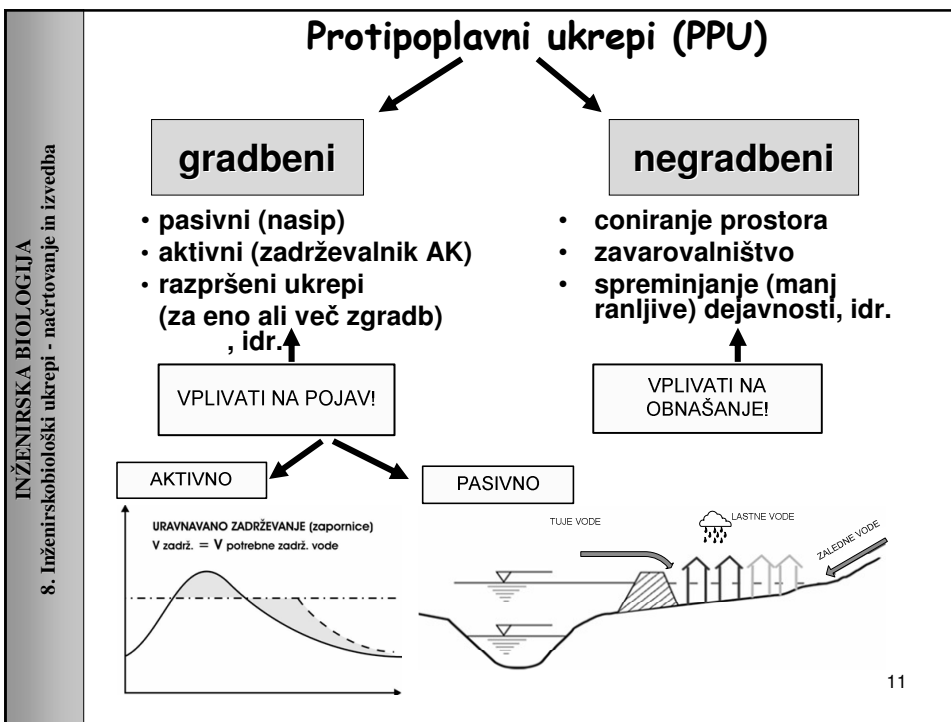
- 4 Zastoj leda**
Plavajoči led lahko ovira ali zapre npr. odprtine mostov ipd., kar manjša prevodnosti in povzroči poplave gorvodno.



- 5 Poplava hudournikov**
Padavine na manjšem območju - nenadni, veliki odtoki, transport plavin in erozijski pojavi, lahko tudi izliv iz kanalizacije, če so v njih vodene zaledne vode.

Vrste protipoplavnega ukrepanja (PPU)





INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

Sistemi na področju voda



DRAVSKE ELEKTRARNE MARIBOR

Sistem, npr. verigo elektrarn, **sestavljajo**:

- vodne zgradbe**, kot so npr. jez, nasip, črpališče (SIST)
- vodne naprave**, kot so npr. črpalni agregati, zapornice, ventili, (SIST)
- ureditve**, kot so npr. biotehnična zaščita brežin, plazišč, (Pravila stroke)
- območja s pravnim režimom** - za varovanje voda ali vodne pravice, (pravni akt)
- vodni pojavi**, kot so npr. slap, brzice, požiralniki, izviri ipd. (narava)

Kaj je mestni park ali nogometni stadion --- zgradba/ureditev ?

13

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

Varstvo pred vodo

EROZIJSKA PROBLEMATIKO

- **ZAVIRA** (zaraščanje z gozdom ipd.)
- **STOPNJUJE** (propadanje gozdov, preštevilne divjadi, paša živine, slabo vzdrževanje gozdnih cest, spremembe v gospodarjenju z gozdovi ipd.)

Varstvo vode

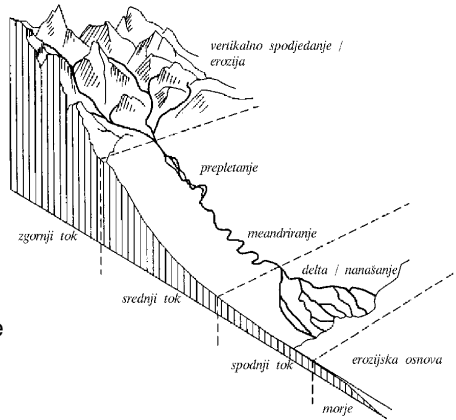
- Kakovost površinskih voda
- Kakovost večjih podtalnic in vodnih izvirov
- Kakovost morja

Zadovoljiva zavarovanost vodnih virov v Sloveniji??

14

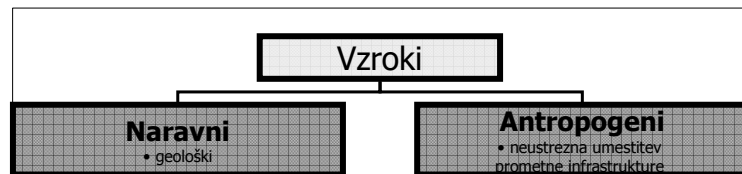
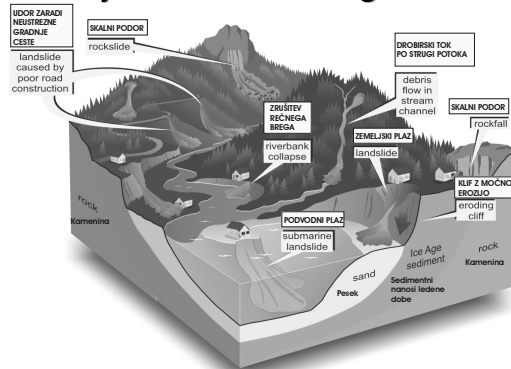
Vodnogospodarski vidiki

- Kontinuiran sistem z ohranitvijo mase
 - pretokov
 - sedimentov
 - kakovosti (omejeno na polucije)
 - primernost za rabo
- Prekinitve kontinuiranega sistema
 - meje vodnogospodarske javne službe
 - lomi nivelete
- Povezave z drugimi rabami (prostor/vode/...)

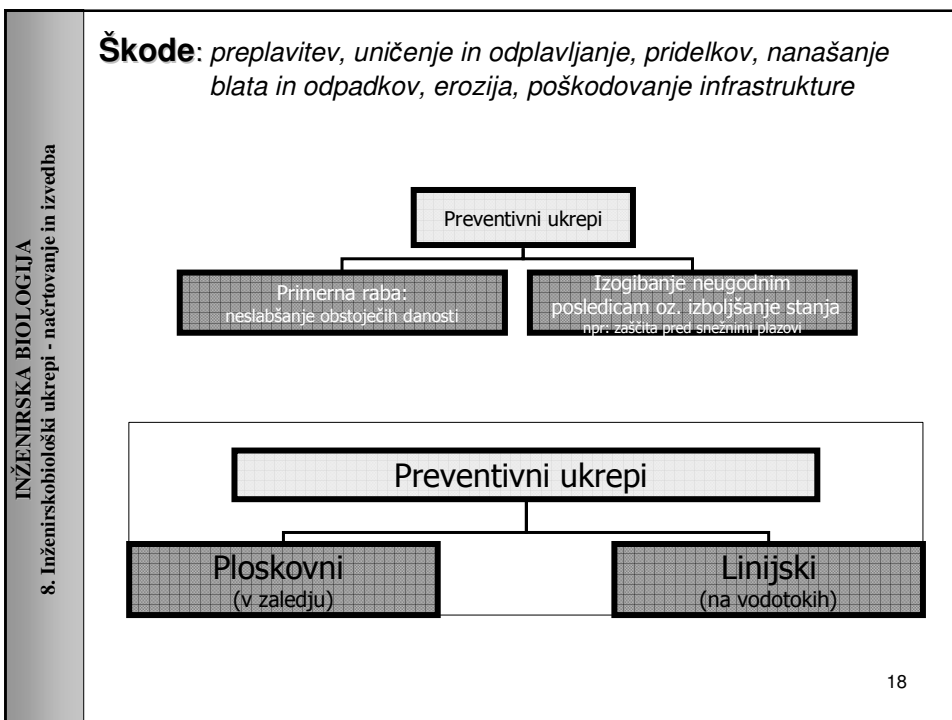
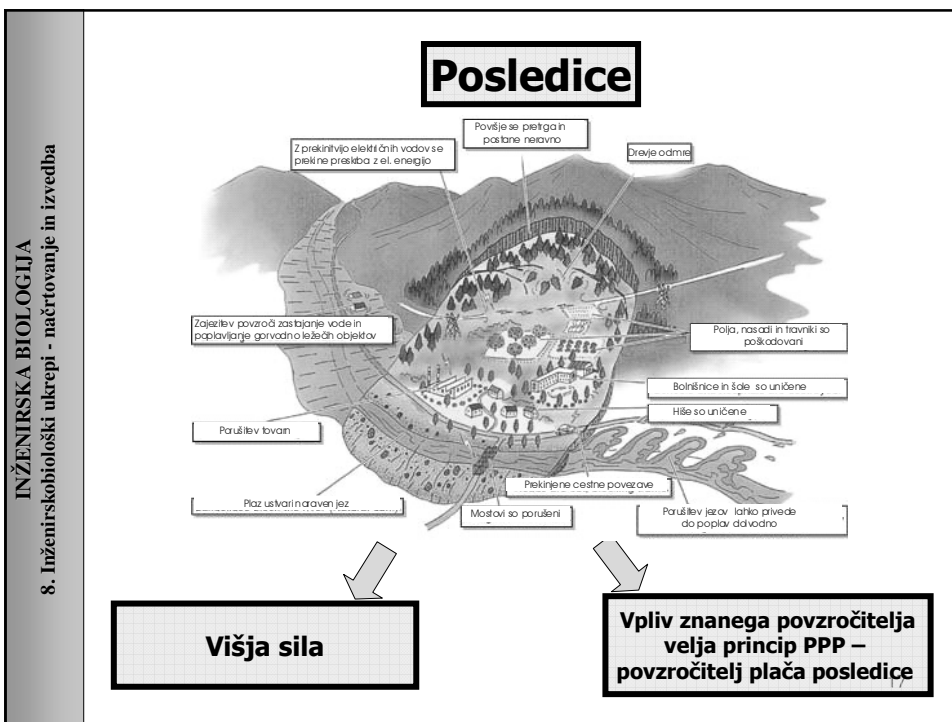


15

Kaj vse se lahko zgodi ?

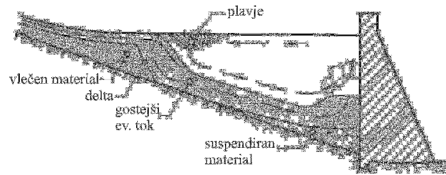


16



Preventivni linijski ukrepi

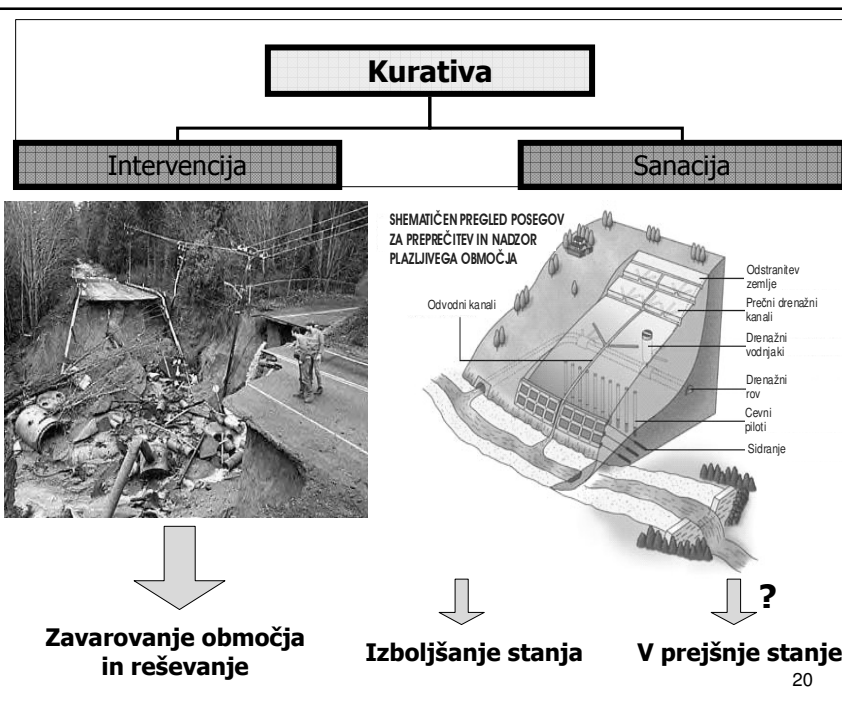
- Zadrževanje ali preprečevanje vnosa prevelikih količin materiala v tok z ukrepi
 - Ureditve odvodnjavanja plazljivih območij
 - Izgradnja trajnih ali začasnih pregrad
 - Odvoz materiala
- Odvzem plavin
- Ureditve zadrževalnikov



Procesi zapolnjevanja prostornine akumulacije s sedimenti

Preventivni ploskovni ukrepi

- Pogozdovanje
- Ureditve odvodnjavanja (uporaba naravnih materialov)
- Uskladitev rabe prostora



INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

Predakumulacija – varovanje koristne prostornine

- Preprečiti zapolnjevanje glavne AK – odvzemanje!
- Urediti monitoring, spremljati dvig gladin zaradi odlaganja
- Uskladitev rabe prostora
- **POZOR:** Če ne preprečimo – zahteve po novih AK: v alpskem prostoru, na Krasu, drugje!

Stanje in trendi v Republiki Sloveniji?

- " P – E – T " pristop
- Vplivi na tržno gospodarstvo
- Javno-zasebno partnerstvo
- Nevarnost – ranljivost – ogroženost – tveganje
- Presoja urejenosti – scenariji – ukrepi – monitoring – po 6 letih: presoja urejenosti

21

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

8.1.1 Prečne zgradbe

NALOGE PREČNIH ZGRADB

- preprečevanje poglabljanja struge
- opiranje pobočij in zgradb
- zadrževanje plavin
- zadrževanje vode
- razprševanje vode

FUNKCIJE PREČNIH ZGRADB

- utrjevanje dna struge
- podpiranje drugih objektov
- zmanjševanje hitrosti vode in njene vlečne sile
- zadrževanje plavin
- zbiranje in / ali zadrževanje vode

22

VRSTE PREČNIH ZGRADB

- ustalitvene zgradbe (konsolidacijske ali utrjevalne)
- zaplavne zgradbe
- razpršilne zgradbe
- akumulacijske (retencijske) zgradbe
- kombinirane

USTALITVENE PREČNE ZGRADBE (utrjevalne oz. konsolidacijske)

- utrjujejo dno struge in brežine
- širijo in dvigujejo dno struge
- zmanjšujejo padec
- podpirajo razne objekte
- podpirajo labilna pobočja
- deloma zadržujejo plavine
- delujejo usmerjevalno.

23

USTALITVENE PREČNE ZGRADBE

- pregrade (stopnja nad 2,0 m)
- pragi s stopnjo (do 2,0 m)
- talni (vgreznjeni) pragi ali rebra

ZAPLAVNE PREČNE ZGRADBE (retencijske)

Osnovni namen:

- zadrževanje (akumuliranje) plavin vseh frakcij in oblik, na določenih lokacijah, že znotraj hudourniške doline.

Vsaka zaplavna zgradba pa deluje tudi ustalitveno, usmerjevalno ali razpršilno.

24

NEUGODNE POSLEDICE ZAPLAVNIH PREGRAD

- vijuganje vodnega toka po zaplavku
- nizvodno poglobljanje struge
- zahtevnost gradnje

USTALITVENE PREČNE ZGRADBE

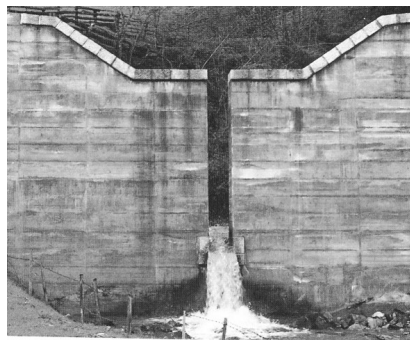
Nov potek zaplavnice dosežemo:

- z nadvišanjem primarne stopnje
- z vgradnjo ene sekundarne stopnje
- z vgradnjo več sekundarnih stopenj

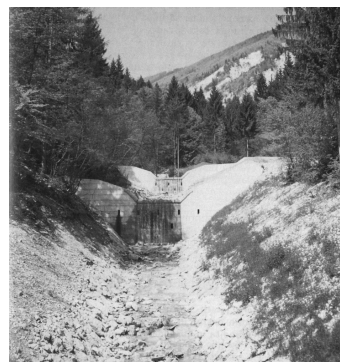
Sekundarne stopnje imajo:

- krono nad prvotno zaplavnico
- krono pod prvotno zaplavnico

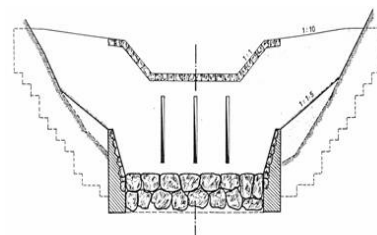
25



Prepustna zaplavna pregrada z eno režo



Prag s stopnjo in z zaobljenim prelivom

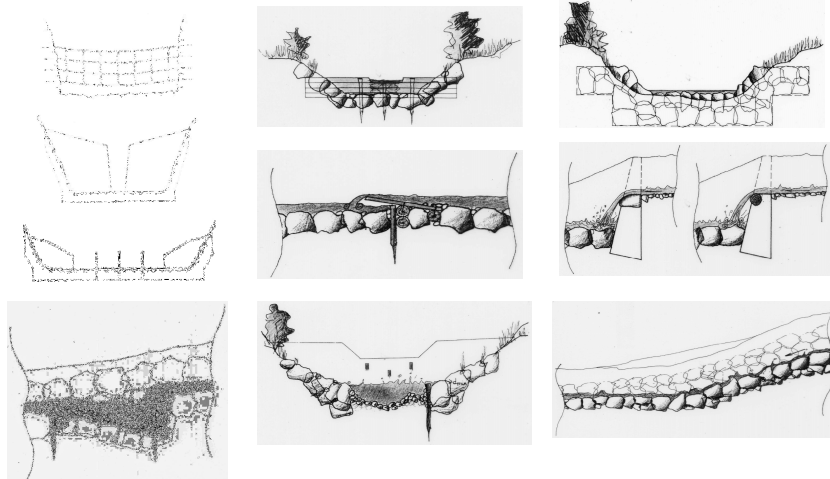


Zaplavna pregrada

26

Vir: Horvat, 2006

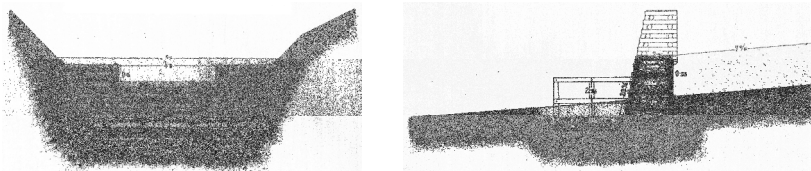
PREČNE ZGRADBE



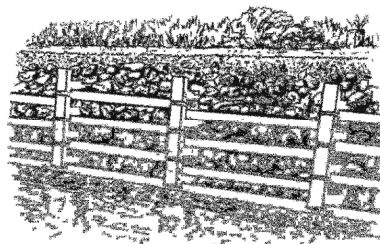
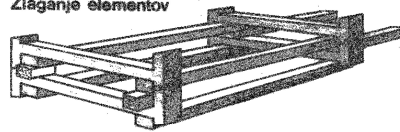
27

Vir: Horvat, 2006

LESENA KAŠTA



Zlaganje elementov



ŽELEZOBETONSKA KAŠTA

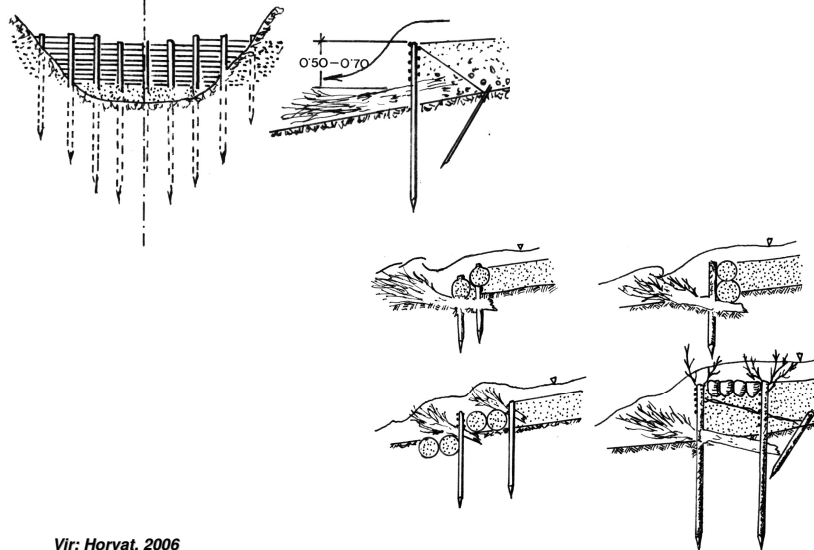
28

Vir: Horvat, 2006

LAHKI PREČNI OBJEKT

tip lahkega prečnega objekta s podslapjem

TIP LAHKEGA PREČNEGA OBJEKTA S PODSLAPJEM



Vir: Horvat, 2006

8.1.2 Ukrepi ob vodotokih

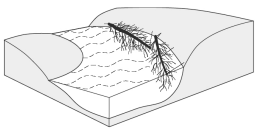
INŽENIRSKO BIOLOŠKI UKREPI NA PODROČJU UREJANJA VODA

- zatravitve,
- pogozditve,
- popleti,
- žive ščetke,
- vrbove fašine,
- kombinirani ukrepi z uporabo lesenih oblic in kamna,
- ...

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

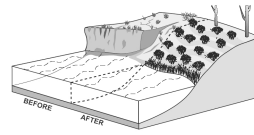
INŽENIRSKO BIOLOŠKI UKREPI NA PODROČJU UREJANJA VODA

Tree Cover



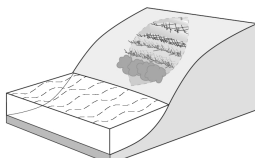
Felled trees placed along the streambank to provide overhead cover, aquatic organism substrate and habitat, stream current deflection, scouring, deposition, and drift catchment.

Bank Shaping and Planting



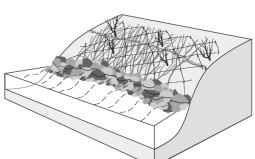
Regrading streambanks to a stable slope, placing topsoil and other materials needed for sustaining plant growth, and selecting, installing and establishing appropriate plant species.

Branch Packing



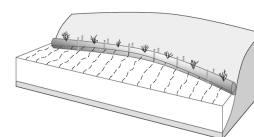
Alternate layers of live branches and compacted backfill which stabilize and revegetate slumps and holes in streambanks.

Brush Mattresses



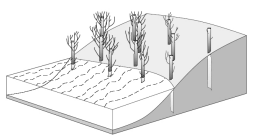
Combination of live stakes, live fascines, and branch cuttings installed to cover and physically protect streambanks; eventually to sprout and establish numerous individual plants.

Coconut Fiber Roll



Cylindrical structures composed of coconut husk fibers bound together with twine woven from coconut material to protect slopes from erosion while trapping sediment which encourages plant growth within the fiber roll.

Dormant Post Plantings



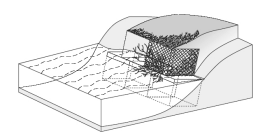
Plantings of cottonwood, willow, poplar, or other species embedded vertically into streambanks to increase channel roughness, reduce flow velocities near the slope face, and trap sediment.

31
Vir: Horvat, 2006

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

INŽENIRSKO BIOLOŠKI UKREPI NA PODROČJU UREJANJA VODA

Vegetated Gabions



Wire-mesh, rectangular baskets filled with small to medium size rock and soil and laced together to form a structural toe or sidewall. Live branch cuttings are placed on each consecutive layer between the rock filled baskets to take root, consolidate the structure, and bind it to the slope.

Joint Plantings



Live stakes tamped into joints or openings between rock which have previously been installed on a slope or while rock is being placed on the slope face.

Live Cribwalls



Hollow, box-like interlocking arrangements of untreated log or timber members filled above baseflow with alternate layers of soil material and live branch cuttings that root and gradually take over the structural functions of the wood members.

Vegetated Geogrids



Alternating layers of live branch cuttings and compacted soil with natural or synthetic geotextile materials wrapped around each soil lift to rebuild and vegetate eroded streambanks.

Live Stakes



Live, woody cuttings which are tamped into the soil to root, grow and create a living root mat that stabilizes the soil by reinforcing and binding soil particles together, and by extracting excess soil moisture.

Live Fascines

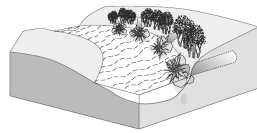


Dormant branch cuttings bound together into long sausage-like, cylindrical bundles and placed in shallow trenches on slopes to reduce erosion and shallow sliding.

--
Vir: Horvat, 2006

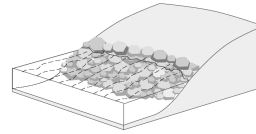
INŽENIRSKO BIOLOŠKI UKREPI NA PODROČJU UREJANJA VODA

Log, Rootwad, and Boulder Revetments



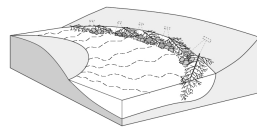
Boulders and logs with root masses attached placed in and on streambanks to provide streambank erosion, trap sediment, and improve habitat diversity.

Stone Toe Protection



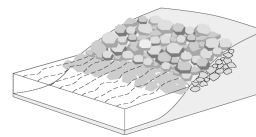
A ridge of quarried rock or stream cobble placed at the toe of the streambank as an armor to deflect flow from the bank, stabilize the slope and promote sediment deposition.

Tree Revetments



A row of interconnected trees attached to the toe of the streambank or to deadmen in the streambank to reduce flow velocities along eroding streambanks, trap sediment, and provide a substrate for plant establishment and erosion control.

Riprap

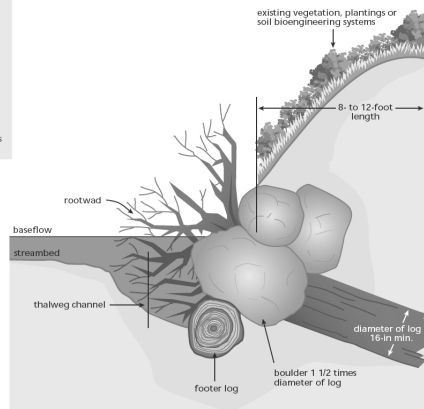
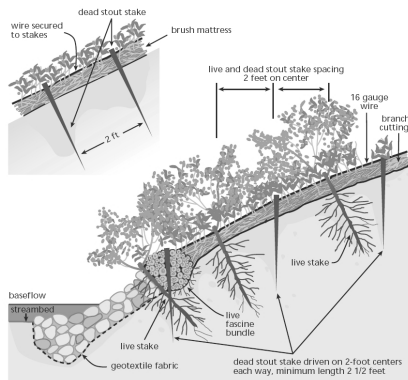


A blanket of appropriately sized stones extending from the toe of slope to a height needed for long term durability.

33

Vir: Horvat, 2006

INŽENIRSKA BIOLOGIJA – ukrepi ob vodotokih



Vir: Horvat, 2006

INŽENIRSKA BIOLOGIJA – ukrepi ob vodotokih

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

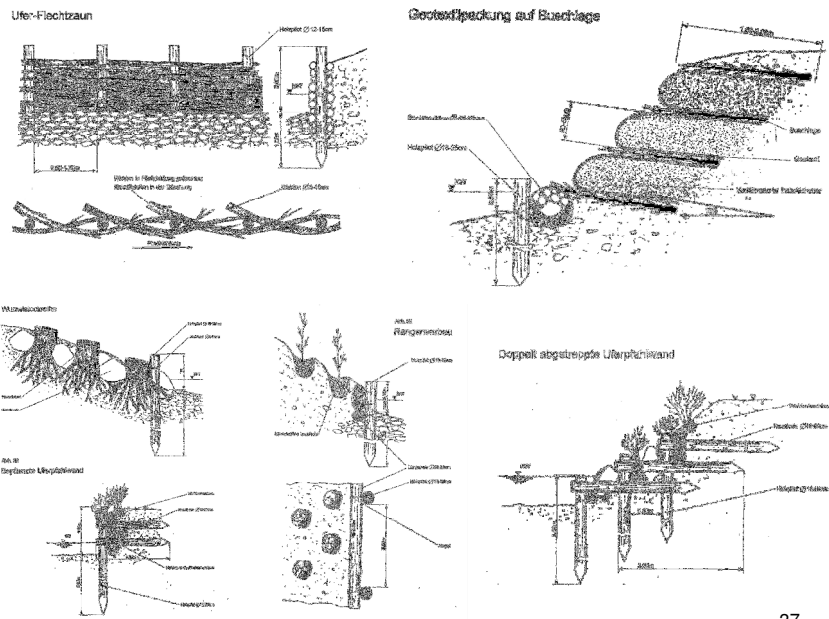
Vir: Florineth 35

INŽENIRSKA BIOLOGIJA – ukrepi ob vodotokih

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

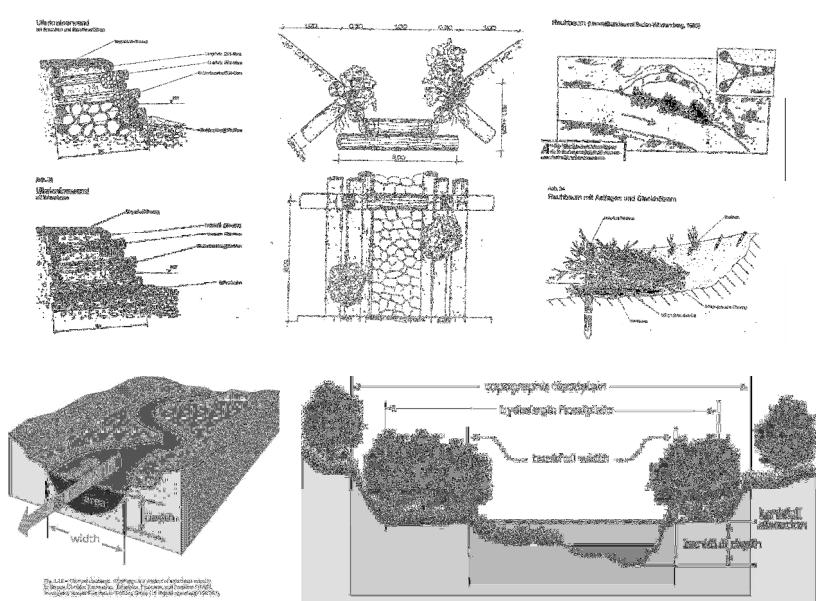
Vir: Florineth 36

INŽENIRSKA BIOLOGIJA – ukrepi ob vodotokih



37
Vir: Florineth

INŽENIRSKA BIOLOGIJA – ukrepi ob vodotokih



38
Vir: Florineth

8.2 Utrjevanje in protierozijske zaščite pobočij in brežin

- Utrjevanje pobočij in brežin izvajamo na geomehansko ustaljeni ali stabilni brežini, saj z vegetacijo ne moremo rešiti problemov mehanike tal.
- Če želimo brežine prilagoditi naravnemu okolju, je zelo zaželeno, da njihov nagib ni enakomeren, ampak se tako kot v naravi spreminja.
- To strokovno izvedemo tako, da oblikujemo različne nagibe pobočij, vendar morajo biti vsi manjši od naravnega naklonskega kota hribine.
- Prav tako je pogosto potrebno opraviti dela za zavarovanje vznožja pobočja pred spodjedanjem.

39

8.2 Utrjevanje in protierozijske zaščite pobočij in brežin

- Posebno pozornost je potrebno posvetiti zgornjim robovom odkopnih brežin, zaradi vzratne erozije, spodmlevanja in udiranja odkopne brežine ter neugodnega delovanja visokega drevja in zmrzali
- Čim večje razprševanje površinskih vodnih tokov je pomembno za preprečevanje razvoja površinske in globinske vodne erozije, hkrati pa je zaželeno zaradi izboljševanja rastiščnih razmer.
- Razprševanje dosegamo z izvedbo popletov, živih ščetk, teras, gradonov, polic, malih zidov proti spiranju, popletov na policah, grmičastih zgradb, ozelenjevanjem s kordonskim sajenjem in še številnimi drugimi ukrepi.

40

8.2 Utrjevanje in protierozijske zaščite pobočij in brežin

- Pogosto se uporabljajo kombinacije različnih omenjenih tehničnih del. Za vse je značilno, da potekajo bolj ali manj po plastnicah. Poševno čez pobočje jih izvajamo le, kadar omejujejo majhne površine in so povezana z utrjenimi žlebovi za odvajanje površinskih voda, saj sicer ta poševnina zaradi dinamike povzroča in pospešuje nastanek in razvoj površinske in globinske vodne erozije.
- Razporeditev ukrepov za razprševanje voda po plastnicah ne sme biti toga, saj je s krajinskega vidika zaželeno, da se izogibamo »šolsko pravilnih« razporeditev. Oblikovalska svoboda je zelo zaželeno, zgled naj daje tudi gozdno rastje v naravnem okolju.

41

8.2 Utrjevanje in protierozijske zaščite pobočij in brežin

- Razdalja med posameznimi vrstami tehničnih del za razprševanje površinskih voda in vlaženje zemljišč je odvisna od sestave hribine in nagiba pobočja. Z zmanjševanjem zrnivosti, s povečanjem nekoherentnosti hribin in z naraščanjem nagiba pobočij se zmanjšuje razdalja med terasami, policami in podobnimi ureditvami. Njihova razporeditev je lahko linijska ali pa šahovska (Marušič, 1997).

42

8.2 Utrjevanje in protierozijske zaščite pobočij in brežin

➤ **Infiltracijske terase (banketi)** so primerne za položnejša pobočja z nagibi do 30 %.

Infiltracijska terasa je v prečnem prerezu podobna cesti v zaseku.

Zgradimo jih v sistemu, na celotnem, po površinski eroziji prizadetem pobočju.

Razdalja med terasami mora biti taka, da se voda med posameznimi terasami ne more preveč koncentrirati in začeti brazdati površino. Dolžina terase je omejena s količino vode, ki lahko nadzorovano odteka po njej.

Podolžni padec terase je odvisen od nagiba pobočja, količine vode in absorpcijske sposobosti tal.

43

8.2 Utrjevanje in protierozijske zaščite pobočij in brežin

➤ **Terasa (gradoni)** za pogozdovanje so namenjene za pripravo terena za saditev drevesnih sadik.

Pri zelo strmih nagibih (nad 50 %) je treba nasip terase podpreti z oblogo ali zidom iz kamna v suho ali z ojačenimi popleti.

Tla na planumu police je treba pred saditvijo prekopati, da je tako boljša zemlja na mestu saditve in v globini korenin sadik.

Take terase so zelo primerne za pogozdovanje pobočij s suhimi in razvrednotenimi tlemi na južnih ekspozicijah .

44

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba	8.2 Utrjevanje in protierozijske zaščite pobočij in brežin
	<p>➤ Retencijski jarki so namenjeni za zadrževanje površinsko stekajoče se vode.</p> <p>Voda s pobočja se steka v jarke, v katerih je zadržimo okrog 75 %, preostala voda pa odteče po jarku v podolžni smeri do sprejemnika.</p> <p>Najboljši je ameriški sistem retencijskih jarkov.</p> <p>Jarke gradimo v smeri plastnic (v sistemu) na takih medsebojnih razdaljah, da voda na površinah med njimi ne erodira.</p> <p>Gradnja poteka od zgoraj navzdol. Vsi jarki morajo biti speljani v sprejemnike.</p>
	45

INŽENIRSKA BIOLOGIJA 8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba	8.2 Utrjevanje in protierozijske zaščite pobočij in brežin
	<p>➤ Popleti mehansko utrjujejo tla s koreninjem, pospešujejo nastanek rodovitne prsti, zadržujejo padajoče kamenje in sneg, zavirajo odtekanje vode, izboljšajo režim vode v tleh - povečajo vlažnost in tako dalje.</p> <p>Razdalje med vrstami popletov so odvisne od nagiba pobočja in od vrste zemljine.</p> <p>Na zelo strmih brežinah je priporočljivo delati poplete na do 50 cm širokih policah (banketih), kjer poplet obložimo z živim protjem in ga nato zasujemo s prstjo, tako, da štrli nekoliko nad površino.</p>
	46

8.2 Utrjevanje in protierozijske zaščite pobočij in brežin

➤ **Ozelenitev z vejno oblogo** je uporabna predvsem za zavarovanje vznožij golih cestnih nasipov, ki so v dosegu srednjih in poplavnih vod, ali pa kadar tla zaradi vlage nabrekajo.

Tudi ta ukrep je kombinacija tehničnih in biotehničnih del, saj omogoča tako razprševanje vodnih tokov kot enakomernejše vlaženje zemljišč ter razvoj vegetacije.

➤ **Grmičasto pozelenjevanje** povezuje tehnična in biotehnična dela.

Regenerativno protje gosto posadimo na predhodno izkopane police in pokrijemo z zemljo.

Tak način ozelenjevanja je zelo drag, zato ga uporabljamo le v najtežjih rastiščnih razmerah.

47

8.2 Utrjevanje in protierozijske zaščite pobočij in brežin

➤ **Kordonska saditev** je enostaven in učinkovit postopek (Courturier), ki povezuje tehnična in biotehnična dela.

Grmičje ali zakoreninjence sadimo v okoli 10 cm globok vkop v pobočje.

Vkopi so nagnjeni proti pobočju z navpičnim odkopnim delom. Sadimo od spodaj navzgor.

Površine med posameznimi vkopi zatravimo.

Že prvo leto se razvijejo živi, grmičasti plotovi, po nekaj letih pa se tla že toliko izboljšajo, da lahko med grmiči pogo zdujemo.

48

8.2 Utrjevanje in protierozijske zaščite pobočij in brežin

➤ **Žive ščetke** so zelo primerne za sterilna in revna tla.

Ojačene žive ščetke: na strmejših pobočjih žive ščetke ojačamo z nizkim "talnim" popletom.

Žive ščetke iz vejevja so poenostavljena oblika, kjer uporabljamo neokleščene, veje rastlinskih vrst, ki so sposobne vegetativnega razmnoževanja.

Za izdelavo živih ščetk uporabljamo šibe in veje regenerativnih vrst - vrb, topolov, kaline.

Ker te vrste dosežejo razmeroma kratko življenjsko dobo, je priporočljivo mednje saditi sadike pionirskih drevesnih vrst.

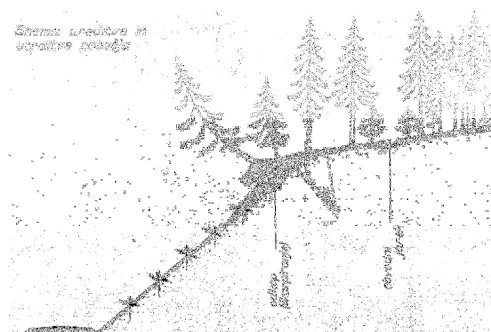
49

PRIPRAVA BREŽINE

Brežino oblikujemo tako, da dobi nagib, ki je enak ali manjši od naravnega naklonskega kota matične hribine.

To lahko dosežemo na naslednje načine:

- z ustreznim škarpiranjem prestreme brežine,
- z ustrežno visoko oporo v dnu brežine,
- z armiranjem brežine.



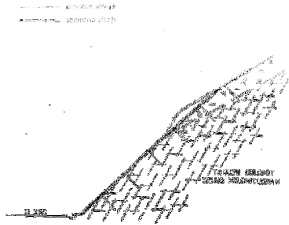
Shema ureditve in utrditve pobočja 50

OBLIKOVANJE IN SANACIJA BREŽIN - primeri

OBLIKOVANJE IN SANACIJA
BREŽIN
DRUŠTVO ZA CESTE - mdr. 95

PROJEKT: JAVNA
IZVALALEC SANI: TIGONJ
LETO IZVEDBE: 1992

Kozjak (DDC)



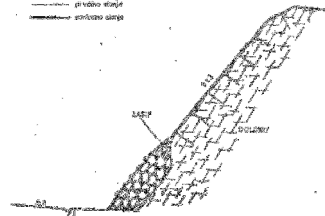
UKREPI: 1. posiljevanje rešetice na 10m
2. mreže

- VARNOSTI BI PRILAGODNO OBSTO
- PRILAGODNO OBSTOJE
- PRILAGODNO OBSTOJE

OBLIKOVANJE IN SANACIJA
BREŽIN
DRUŠTVO ZA CESTE - mdr. 95

LOKALIZACIJA: DAD - 50
CESTA: A1
DOLŽINA: 22
ŠIRINA: 10,200
PROJEKT: SUT - Projekt
IZVALALEC SANI: TIGONJ
LETO IZVEDBE: 1992

Pod Kladjem (DDC)



UKREPI: 1. posiljevanje rešetice na 10m
2. mreže

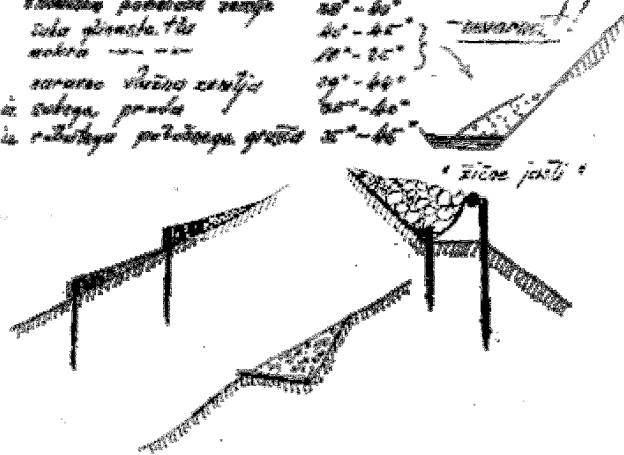
- VARNOSTI BI PRILAGODNO OBSTO
- PRILAGODNO OBSTOJE
- PRILAGODNO OBSTOJE

Vir: Horvat, 2006

OBLIKOVANJE IN SANACIJA BREŽIN - osnove

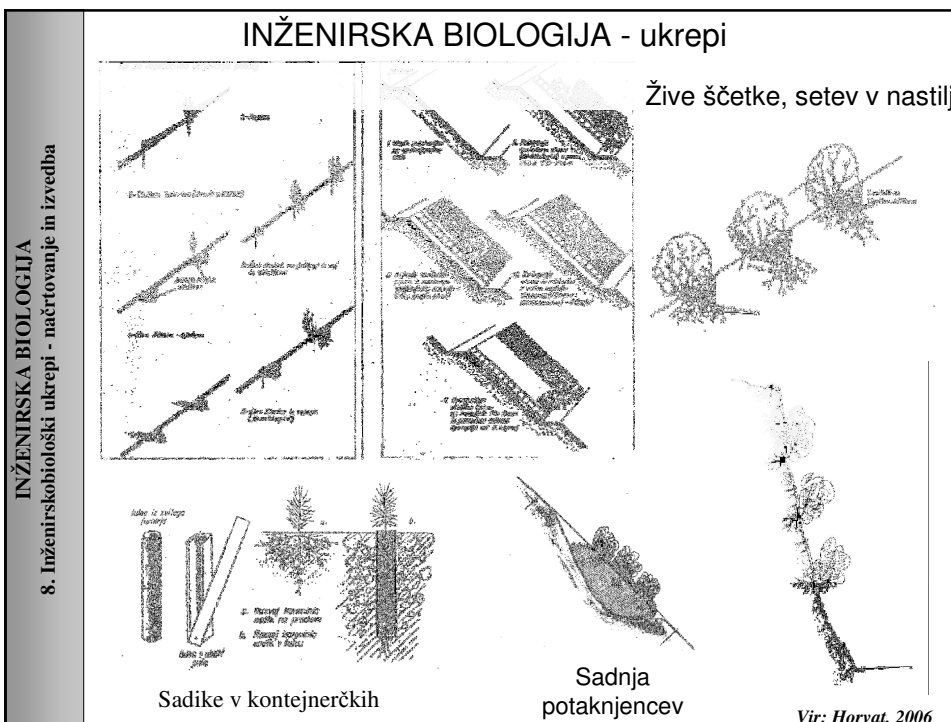
Naravni naklon pobočij (po Stiny-ju):

- | | | |
|-----------------------------------|-----------|---|
| iz nekoga opekega posla | 30° - 35° | } |
| iz kremenca | 30° - 35° | |
| iz mela in kremenca | 30° - 35° | |
| iz kremenca posiljevanje rešetice | 35° - 40° | } |
| iz kremenca posiljevanje mreže | 40° - 45° | |
| iz kremenca posiljevanje mreže | 40° - 45° | |
| iz nekoga posla | 35° - 40° | } |
| iz nekoga posla | 35° - 40° | |
| iz nekoga posla | 35° - 40° | |



Naravni naklon pobočij (po: Stiny-ju)

Vir: Horvat, 2006



INŽENIRSKA BIOLOGIJA

8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

8.3 Sanacija erozijskih jarkov in odvodnjavanja

➤ Pri tehničnih delih je zelo prikladno, če moremo ob vzožju brežine oblikovati nasip ali jarek, da dobimo dovolj uporabnega prostora za zaustavljanje naknadno osipajočega se materiala.

➤ Marsikdaj se tako izognemo dodatni zaščiti krušljivih pobočij z lovilnimi objekti ali z visečimi varovalnimi mrežami.

➤ Pri izdelavi nasipa in lovilnega jarka je potrebno kvalitetno izvesti tudi odvodnjavanje tako površinskih kot talnih voda.

UKREPI ZA RAZPRŠEVANJE VODE

<p>TEHNIČNA DELA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • infiltracijske terase (banketi) • terase za pogozdovanje (gradoni) • retencijski, ponikalni jarki • popleti 	<p>TEHNIČNA IN BIOTEHNIČNA DELA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ozelenitev z vejno oblogo, • grmičasto pozelenjevanje, • kordonska sadnja, • žive ščetke.
---	--

54

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

INŽENIRSKA BIOLOGIJA - ukrepi

Pobočni jarki, sajenje

55
Vir: Horvat, 2006

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

8.4 Protierozijski ukrepi nad gozdno mejo

Hidrološke značilnosti gozdnih ekosistemov

- Padavinska voda najprej zadeva ob vegetacijo
- Največ padavin porabi transpiracija (200-300mm letno)
- Evaporacija za 1/2 manjša kot na negozdnih površinah
- povečujejo količino padavin (pritalnih in lokalnih)
- zmanjšajo globino zmrzovanja tal (za 1/2)
- Snežna odeja se počasneje in enakomerneje tali
- Gorski gozdovi v večjih, strnjjenih kompleksih upočasnjujejo odtok vode
- Pomembna je gozdnatost in prostorska razporeditev gozdov v vodozbornih območjih ter njihova zgradba in način gospodarjenja

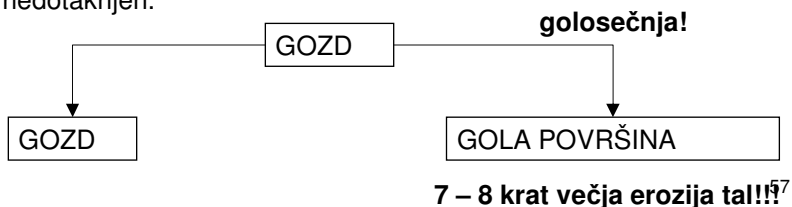
56

Vpliv gozda na vodni režim

- zaradi večje stopnje ponikanja padavinske vode → velike zaloge pitne vode v tleh
- napajanje površinskih tokov in mnoga vodna zajetja za preskrbo s pitno vodo
- vodni režim označujejo količinska razmerja med **pritekajočo vodo** (padavine), **primarno porabo** in **presežno vodo**, z upoštevanjem časovne dimenzije

10.4.2 VPLIV GOZDNEGA RASTJA NA VAROVANJE TAL

Ugotovili so, da se je na pobočjih tistih gozdnih površin, na katerih je bila izvedena golosečnja, povečala erozija tal **že v prvem letu za 7-8-krat** v primerjavi s sosednjo površino, na kateri je gozd ostal nedotaknjen.



VPLIV GOZDNEGA RASTJA NA VAROVANJE TAL

Poskusna postaja Smast pri Kobaridu od 01.10.1972 do 27.07.1977: Rezultati meritev površinskega odtekanja padavinskih vod in erozijskega spiranja tal na zgornji od dveh serij poskusnih polj (ZEMLJIČ, 1978).

INDEKS SPIRANJA:

neporasla, rahljana ornica	krompirišče po plastnicah	košenica	sklenjen mešan gozd
3590	556	6	1

10.4.3 Vloga gozdarstva v vodnem gospodarstvu

- Osnovni problem: preskrba ljudi in industrije z vodo
- Cilj gospodarskih in gozdnogojitvenih ukrepov je pospešiti prehajanje padavin v tla → potrebno oblikovati tako zgradbo sestojev, ki skozi krošnje prepušča čim več padavin, hkrati pa čim dlje zadržuje kopnenje snežne odeje

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

Možnosti za uravnavanje vodnega režima na gozdnatem zlivnem območju (Smolej, 1988)

- Določitev optimalnega razmerja med različnimi rabami tal – gozdne in negozdne površine
- Izbira načina gospodarjenja z gozdom – obhodnje ali stopnje obnavljanja sestojev in razporejanje razvojnih faz
- Izbira drevesnih vrst in uravnavanje zmesi

Določitev optimalnega razmerja med različnimi rabami tal – gozdne in negozdne površine

- Zgradba gozda mora pospeševati prehajanje vode v tla, obenem pa naj ima gozd čim manjšo lastno porabo → mogoče doseči s pravim izborom drevesnih vrst in ustrezno starostno strukturo
- Gozd se mora umakniti s površin, pod katerimi je podtalnica ali kjer so tla mokra → preprečimo izhlapevanje s tal in prekomerno porabo vode zaradi rastlinja

59

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

Določitev optimalnega razmerja med različnimi rabami tal – gozdne in negozdne površine

- Negozdne površine ne smejo biti strnjene, ampak porazdeljene po zlivnih območjih v manjših ploskvah, obdanih z gozdom → akumulacija padavin je na tako oblikovanih negozdskih površinah mnogo večja
- Kjer so padavine preko leta zelo neenakomerno porazdeljene in je obdobje taljenja snega kratko → glavni cilj izbora rabe tal je maksimalno zadrževanje odtoka → povečanje gozdne površine

Izbira načina gospodarjenja

- način in jakost sečnje → neposredno spreminjata zgradbo sestojev
- obhodnja in stopnja obnavljanja gozdov → določata deleže in razporeditev razvojnih faz (mladi sestoji imajo negativno vodno bilanco, stari sestoji pa ugodno vodno bilanco in presežek vode)

60

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

Izbira drevesnih vrst

- V zimskem času (nastajajo glavne zaloge vode) listavci mnogo primernejši od iglavcev (20 %)
- Od listavcev ima najvarčnejšo rast **bukev**, največ vode pa porabijo hrast, breza in topol
- Iglavci imajo manj ugodne vodnogospodarske lastnosti
- Združenje načina sečnje in izbira drevesne vrste: izbiramo med iglavci, ki imajo goste krošnje in močno senco
- *Premene (biološke in ekonomske):*
povečanje presežne vode s površin uporaba varčnih listavcev → preveč vode → iglavci dvojno koristni (izboljšajo vodni režim in ↑ ekonomsko uspešnost premene)
- Neposredni vpliv na kakovost površinskih tokov
- Upoštevati osnovna gozdnogospodarska pravila → rastišču ustrezen izbor drevesne vrste

61

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

VPLIV GOZDNEGA RASTJA NA VAROVANJE TAL

V ZDA so raziskovali vpliv gozdnega rastja na varovanje tal na prostranih zlivnih območjih nekaterih velikih zadrževalnikov, kot je znana pregrada Norris (Norris-Dam).

V grobem so ugotovili, da je erodirano v okviru:

gozdnih površin	ca. 7%
pašnih površin	ca. 23%
obdelovalnih zemljišč in opuščениh polj	ca. 25%

Vodnogospodarski ukrepi in gozd

TEHNIČNI POSEGI:

- začasne in trajne zaježitve vodnih tokov
- osuševanje zemljišč
- črpanje podtalnice
- regulacije vodnih tokov

↓
sprememba višine podtalnice

62

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

Posledice gozdnogospodarskih ukrepov

Zgradbo gozdnega sestoja spremenijo:
NARAVNI POSEGI
ČLOVEKOVI POSEGI (sečnja, gradnja cest, smučišč, rekreacijskih objektov, ...)
sečnja na golo
redčenje
gozdnogospodarski ukrepi in kakovost vode

Sečnja na golo

odstranimo vse drevje in z njim vse listje in iglice

↓

povečan odtok

↓

ni trajen

↓

bujna rast → evapotranspiracija se poveča na prejšnje vrednosti⁶³

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

Redčenje

- Razmero majhen vpliv na vodni režim gozda
- Izhlapevanje se redko zmanjša za več kot 10 % padavin
- Kratkotrajen učinek

Redčenje ne izboljša vodnega režima oz. poveča količine presežene vode!

Gozdnogospodarski ukrepi in kakovost vode

Gradnja v gozdovih ter pridobivanje lesa vplivata na kakovost vode tako, da spremenita

- koncentracijo raztopljenih snovi,
- temperaturo vode,
- kalnost in plavine.

64

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

UKREPI PROTI POVRŠINSKI EROZIJI

- melioriranje erodiranih zemljišč (velikopovršinsko)
- protierozijska zaščita narušenih pobočij (manjše površine)

CILJI:

- preprečevanje inicialnih poškodb tal,
- izboljševanje rastiščnih pogojev,
- izboljševanje rastja.

65

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

8.5 Zaščita krušljivih pobočij

Biotehnične ukrepe izvajamo na brežinah, ki so sicer stabilne, vendar krušljive in tako lahko okruški padajo na cesto.

Padajočemu kamenju preprečimo, da doseže cestišče z izvedbo:

- ✓ galerije
- ✓ toge ali podajne lovilne mreže
- ✓ viseče varovalne mreže

➤ **Galerije** uporabljamo za zaščito cest le v izjemno neugodnih razmerah, ko imamo opraviti s krušljivostjo na zelo obsežnem pobočju ali pri reševanju problematike večjih skalnih podorov.

➤ **Toge in podajne lovilne mreže** morajo biti dimenzionirane na dinamične pritiske padajočega kamenja.

So sorazmerno dragi objekti, primerni v težavnih razmerah, ko ni možno varovanje z visečimi varovalnimi mrežami.

66

Zaželjeno je, da so konstruirani tako, da je omogočen dostop za odstranjevanje ulovljenih okruškov.

Zaradi možnosti večje kompenzacije dinamičnih pritiskov ima, zlasti v težavnejših razmerah, prednost uporaba podajnih lovilnih mrež.

➤ **Z visečimi varovalnimi mrežami** prekrijemo krušljiva pobočja nad cestami in jih ustrezno sidramo v podlago.

Položene naj bi bile praviloma tako, da se okruški odlagajo ob vznožjih pobočij.

➤ Med vzdrževalnimi deli je treba okruške občasno odstraniti, sicer postane pritisk odkrušenega erozijskega drobirja prevelik in lahko raztrga mreže.

➤ Postavitev visečih varovalnih mrež je možno kombinirati z različnimi načini zatravitev in pogozdovanja, ki jih moramo izvesti tako, da rastline razvijejo koreninski sistem v matično hribino.

67

➤ Različne metode, kjer se sadike grmovja in drevja sadijo v žepe, tulce, cevi in podobne oblike so strokovno neprimerne. Koreninski sistem se namreč ne razvije v matično podlago, ampak tja, kjer so boljše rastiščne razmere.

➤ Prav tako ni nobenega racionalnega, še manj pa ekološko opravičljivega razloga, za ustvarjanje začasnih, dragih, umetno vzdrževanih zelenih kulis na površinah IV. stopnje erodiranosti.

Hkrati pa so tudi nesorazmerno dragi v primerjavi z okolju primernimi biotehničnimi ukrepi.

➤ Upravičeni so na površinah IV. stopnje erodiranosti, če želimo na njih zagotoviti vidne zelene zavese iz estetskih razlogov.

➤ Poraba energije za biotehnično utrditev kvadratnega metra cestne brežine je pri okolju primernejših ukrepih bistveno manjša.

➤ Čim manjša poraba energije v naravnem krogu pa je temelj trajnostnega razvoja oz. okolju prilagojenega biotehničnega saniranja cestnih brežin.

68

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

8.6 Zaščita pred drsenjem in plazenjem snega

- Drsenje in plazenje snega večinoma nastopata na pobočjih, katerih nagib je med 30 in 50 stopinjami.
- Kritična so že 35 m dolga pobočja brez primerne rastja.
- Pobočja pokrita z različnimi vrstami mrež, so zaradi zmanjševanja trenja med snegom in podlago še bolj ogrožena (Marušič in sod., 1997).
- Na takih območjih moramo s prilagojenimi opornimi zidovi povečati hrapavost brežine.
- Tako omilimo polzenje, drsenje in plazenje snega ter omogočimo razvoj gozdnega rastja, ki bo dolgoročno prevzelo opiranje snežne oddeje na pobočju (Marušič, 1997).
- V kolikor pa je plazenje snežne oddeje izrazitejše, moramo le to preprečiti z gradnjo opornih oz. ustaljevalnih objektov.

69

INŽENIRSKA BIOLOGIJA
8. Inženirskobiološki ukrepi - načrtovanje in izvedba

8.6 Zaščita pred drsenjem in plazenjem snega

- Konstruirani naj bodo tako, da zdržijo pritiske snežne odeje in da jo hkrati zadostno oprejo.

Ločimo:

- ✓ *snežne mostove*
- ✓ *snežne grablje*
- ✓ *snežne mreže*

- Na ustaljeno pobočje nato vnesemo gozdno rastje, ki naj dolgoročno prevzame funkcijo opornih objektov (Marušič, 1997).

70

9.1 Začetna oskrba in vzdrževanje

- Zaradi zagotavljanja trajnosti vegetacijskih zavarovanj brežin je zelo pomembno redno spremljanje razvoja celotne vegetacije.
- Vzdrževanje zajema:
 - ✓ nego tal
 - ✓ dopolnjevanje nasadov in njihovo zaščito
 - ✓ popolnjevanje posejane in zasajene površine
 - ✓ gojitvene ukrepe za pospeševanje rasti
 - ✓ izpolnjevanje gospodarsko-ekonomskega načrta

Skupni cilj vseh ukrepov nege mora biti zagotovitev in ohranitev kar največjega ustalitvenega učinka ter vitalnost vegetacije.

V prvi vrsti moramo obdržati željeno funkcionalnost določenega objekta; glede na to se odločimo, ali bomo vzdrževali zgolj grmovno ali tudi drevesno vegetacijo.

V nekajletnih intervalih moramo odstranjevati vse bolne in odmrle rastline ali njihove dele, ter tako omogočiti rast drugih rastlin.

Kjer je v predvidena trajna biotehnična zaščita brežine, je izvajalec dolžan spremljati in izvajati vzdrževanje in nego takšnega objekta do polnega prevzema vseh predvidenih funkcij, ki jih mora izpolnjevati.

Površine, kjer želimo zadržati samo travno vegetacijo, moramo redno kositi.

Pozorni moramo biti na posamezne osebke, zlasti dreves, ki s svojim položajem in razvejano krošnjo predstavljajo resno nevarnost ob hujših vremenskih ujmah.

Praviloma ne bi smeli dopustiti razrast dreves nad prsnim premerom 30 cm, temveč bi morali z nego poskrbeti, da jih nadomestijo mlajša drevesa (Veder, 1981).

Nasadi drevnine postanejo konkurenčni šele po dveh do treh rastnih dobah. Ta čas je treba nasajenim rastlinam pomagati premagovati neugodne vremenske in talne razmere ter jih varovati pred nasilno konkurenco plevelov (Marušič, 1997).

Zatiranje plevelov

- Najuspešnejše je, če se začne že s sajenjem.
- Možne so naslednje rešitve:
 - ✓ Košnja okrog mladih rastlin, odkos se uporabi kot zastirka. Najslabše prenašajo konkurenco plevelov pravkar posajene sadike. Zato sta potrebni zgodnja košnja do konca maja in vsaj še ena košnja do konca junija.
 - ✓ Odkopavanje in pletev sta najdražji način in se uporabljata le izjemoma (Marušič, 1997).

Zalivanje

- Potrebno je, če začne suša ogrožati posajene sadike. Ta strošek je nižji, kot ponovno sajenje.
- Propad rastlin zaradi suše je višja sila in zanjo ne odgovarja izvajalec (Marušič, 1997).

3

Gnojenje

- Gnojenje z organskimi gnojili ob sajenju zadostuje za eno rastno dobo. Priporočljivo je rastlinam pomagati še naslednjo rastno dobo, potem gnojenje ni več potrebno (Marušič, 1997).

Redčenje in obrezovanje

- Je potrebno, ko se nasad drevnine ne razvija v zaželeno smer, posebno še, če so nasajene drevesne vrste gostejše, kot je priporočeno (3 m).
- Po petih letih je treba začeti s postopnim redčenjem pregostih drevesnih vrst.
- Čim prerastejo drevesne vrste premer 10 cm, postane delo veliko bolj zamudno in nevarno ter zato veliko dražje.
- Obrezovanje pride le redko v poštev, največkrat tedaj, ko začne rastlinje ovirati promet (Marušič, 1997).

4

9.2 Pomen vzdrževanja

Pri investicijah v varovalne objekte je potrebno že od vsega začetka upoštevati, da le-ti zahtevajo **vzdrževalne stroške**, ki jih ne smemo podcenjevati, če bi hoteli trajno zagotoviti njihovo varovalno sposobnost.

Zatorej je pomembno natančno opredeliti, kakšen je varstveni cilj posameznega posega ali posegov.

5

9.2 Pomen vzdrževanja

Osnovni pogoj za dolgotrajno ohranitev varovalne sposobnosti je zagotovitev ukrepov za vzdrževalnje, obnovo in posodobljenje.

Teh investicij za trajnostno varstvo pred naravnimi nevarnostmi, ki zaobsegajo tudi **nego varovalnih gozdov**, ne smemo podcenjevati.

Predvidljivo je, da se bodo ti stroški v naslednjih letih močno povečali.

6

Viri:

Begeman, W. 1993. Ingenieurbiologie -Anleitung für den ökologischen Wasserbau. Gradivo k predavanju na Univerzi v Ljubljani, Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo.

Bender Rekultivierungen.

<http://www.bender-rekultivierungen.de/>

Bestmann Green Systems.

<http://www.bestmann-green-systems.de/>

Durjava, D., Papež, J. 1999. Ozelenitev strmih ogolelih pobočij z uporabo rastne pulpe. Gozdarski vestnik, 57/4: 214-218 str.

Gavrilović, S. 1972. Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji. Beograd, 292 str.

Grünberatung.

<http://www.gruen-beratung.de>

Horvat, A., Zemljič, M. 1998. Protierozijska vloga gorskega gozda. Gorski gozd - XIX. gozdarski študijski dnevi, Ljubljana, UL BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 411-424 str.

Horvat, A. 2002. Ecologically sound cross-sectional structures in torrent beds – experiences in Slovenia. Environment-friendly torrent control : seminar proceedings : 26. -27. September 2002, Logarska dolina, 63-79 str.

Horvat, A., Papež, J. 2004. Gospodarjenje s povirji in vodami v gozdnati krajini – gradivo k predavanjem. UL BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana.

Horvat, A., Papež, J. 2004. Ingenieurbiologische sicherungsbauweisen : Erfahrungen aus Slowenien. Schutz des Lebensraumes vor Hochwasser, Muren, Lawinen und Hangbewegungen - Internationales symposion, 24.-27. Mai 2004, Klagenfurt, III/147-III/158 str.

Horvat, A., Maričič, V., Papež, J. 2005. Rekultivacija kamnoloma Calcit. Ujma, 19: 196-200 str.

Horvat, A. 2006. Inženirskobiološki ukrepi za zavarovanje cestnih brežin. Zbornik referatov: Dnevi občinskih cest, Portorož, 10. in 11. maj 2006, Ljubljana, 20 str.

Horvat, A., Papež, J. 2006. Gospodarjenje s povirji in vodami v gozdnati krajini – gradivo k predavanjem. UL BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana.

Horvat, A., Papež, J., Černivec, J. 2006. Varstvo prometnic pred padajočim kamenjem s sistemom globoko sidranih jeklenih mrež visokih nateznih trdnosti. Ujma, 20: 224-229 str.

Horvat, A. et al. 2006. Trajno varstvo pred snežnimi plazovi – Uspešnost ukrepov nad AC Hrušica-Vrba (1993 - 2005).

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2006/koren.pdf>

Horvat, A., Papež, J. 2008. Analysis of the recultivation of the extensive calcit quarry. 11th congress INTERPRAEVENT 2008 - International Research Society, Klagenfurt, 178-179 str.

Kostadinov, S. 2008. Bujični tokovi i erozija. Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, Beograd, 505 str.

Marušič, J. 1997. Urejanje obcestne krajine - Priročnik. MOP, URSP, Ljubljana, 127 str.

Mikoš, M. 2000. Izrazje na področju erozijskih pojavov. Gradbeni vestnik, 49: 102-114 str.

Mikoš, M., Zupanc, V. 2000. Erozija tal na kmetijskih površinah. Sodobno kmetijstvo, št. 33/10: 419-423 str.

Papež, J. 1997. Biotehnične metode utrjevanja in protierozijske zaščite cestnih brežin – Diplomatska naloga. Ljubljana, UL BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 62 str.

Rejic, M., Smolej, I. 1998. Sladkovodni ekosistemi in varstvo voda. Gozdna hidrologija. BF VTOZD za gozdarstvo, Ljubljana, 225 str.

Rossoll, A. 1992. Schutzwasserbau, Gewässerbetreuung, Ökologie. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 232 str.

Steinman, F. 2007. Upravljanje z vodami naj zamenja: gospodarjenje z vodami.
[http://212.18.47.244/web/portal.nsf/ae76a4ee10890d4bc1256fb9005f74fe/c9831c2ffc08d831c12572a500446876/\\$FILE/SVO45Steinman.pdf](http://212.18.47.244/web/portal.nsf/ae76a4ee10890d4bc1256fb9005f74fe/c9831c2ffc08d831c12572a500446876/$FILE/SVO45Steinman.pdf)

Steinman, F., Banovec, P. 2008. Skripta Hidrotehnika: Vodne zgradbe I. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem, Ljubljana.

Steinman, F., Papež, J., Kozelj, D. 2008. Hazard mapping based on the new guideline in Slovenia. Monitor 08 – Systems behind a safer environment, Irnding, 55-62 str.

Vodnogospodarske osnove.
<http://193.2.92.57/vodinfra/vodnaknjigacontent.aspx>