

Alenka Sedlar Špehar

# **EKOREMEDIACIJE**

**Teoretične osnove za naravovarstvene tehnike**







Alenka Sedlar Špehar

# **EKOREMEDIACIJE**

**Teoretične osnove za naravovarstvene tehnike**

BIC Ljubljana  
Ljubljana 2024

**Naslov:**

Ekoremediacije – Teoretične osnove za naravovarstvene tehnike

**Izobraževalni program:**

Srednje strokovno izobraževanje naravovarstveni tehnik

**Modul:**

Ekosistemi, dejavnosti v prostoru in ekoremediacije

**Avtorica:**

Alenka Sedlar Špehar

**Strokovna recenzentka:**

Mojca Strgar

**Lektorica:**

Rozalka Mohorič

**Tehnični pregled in ureditev:**

Mojca Jevnikar

**Slike:**

Alenka Sedlar Špehar in splet

**Slika na naslovnici:**

Alenka Sedlar Špehar

**Založnik:**

Biotehniški izobraževalni center Ljubljana

Ljubljana, januar 2024

Elektronska izdaja

Dostopno na: <https://za-naravo.yolasite.com/>

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

[COBISS.SI-ID 181535491](#)

ISBN 978-961-6915-08-3 (PDF)

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>EKSTREMNI BIOTOPI .....</b>	<b>9</b>
1.1	NARAVNI EKSTREMNI EKOSISTEMI .....	9
1.1.1	Mrazišča .....	10
1.1.2	Jame .....	10
1.1.3	Kamniti travnik .....	11
1.1.4	Visoko barje .....	11
1.1.5	Termalni vrelni .....	11
1.1.6	Brakični ekosistemi .....	12
1.1.7	Drugo .....	12
1.2	DEGRADIRANI EKOSISTEMI .....	13
1.2.1	Kamnolomi in peskokopi .....	13
1.2.2	Glinokopi in gramoznice .....	14
1.2.3	Urbane površine .....	14
1.2.4	Monokulture v kmetijstvu .....	15
1.2.5	Onesnaženost okolja .....	15
<b>2</b>	<b>EKOSISTEMSKE STORITVE .....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>EKOREMEDIACIJE .....</b>	<b>23</b>
3.1	VRSTE EKOREMEDIACIJ .....	24
3.2	UPRAVLJANJE Z VODO NEKOČ .....	26
3.3	REVITALIZACIJA DEGRADIRANIH VODOTOKOV .....	28
3.3.1	Posegi v strugi .....	29
3.3.2	Posegi na brežini .....	32
3.3.3	Posegi izven struge .....	37
<b>4</b>	<b>REMEDIACIJE TAL .....</b>	<b>41</b>
4.1	FIZIKALNO-KEMIJSKI POSTOPKI .....	43
4.1.1	Zadrževalne pregrade .....	44
4.1.2	Elektroremediacija .....	44
4.1.3	<i>In situ</i> izpiranje tal – soil fluhshing .....	44
4.1.4	<i>Ex situ</i> spiranje tal – soil washing .....	45
4.1.5	Zbiranje in frakturiranje tal .....	46
4.1.6	Ekstrakcija hlapov .....	47
4.1.7	Solidifikacija ali stabilizacija .....	47
4.1.8	Oksidacija in redukcija onesnaževal .....	48
4.2	TERMIČNI POSTOPKI .....	48
4.2.1	Vitrifikacija .....	49
4.2.2	Termično prepihovanje tal .....	50
4.2.3	Sežig tal .....	50
4.2.4	Piroliza .....	51

4.3	BIOREMEDIACIJE .....	51
4.3.1	Biovpihovanje – biosparging.....	52
4.3.2	Biostimulacija .....	52
4.3.3	Bioavgmentacija.....	53
4.3.4	Zaščitno kmetovanje .....	53
4.3.5	Zaščitno kompostiranje .....	53
4.3.6	Bioreaktor.....	54
4.4	FITOREMEDIACIJE .....	55
4.4.1	Bionasip (bio bund) in 'rastlinske čepice' .....	57
4.4.2	Rastlinske čistilne naprave .....	59
4.4.3	Trajnostna sanacija komunalnih odpadkov.....	64
4.5	MIKOREMEDIACIJA .....	65
<b>5</b>	<b>BLAŽILNE CONE.....</b>	<b>67</b>
5.1	EKOPASOVI.....	68
5.2	VEGETACIJSKI PASOVI.....	68
5.3	PROTIVETRNE BARIERE .....	71
5.4	PROTIHRUPNE BARIERE .....	72
5.5	PROTISMRADNE ALI PROTIPRAŠNE BARIERE.....	72
5.6	OBCESTNE DRENAŽE IN UMETNA MOKRIŠČA.....	73
5.7	VEČNAMENSKI MELIORACIJSKI JARKI .....	74
5.7.1	Ekološko sprejemljiv pretok (Qes) .....	75
<b>6</b>	<b>VIRI .....</b>	<b>76</b>

## Kazalo slik

Slika 1: Mrazišče Zaplana .....	10
Slika 2: Županova jama .....	10
Slika 3: Visokogorski kamniti travnik .....	11
Slika 4: Lovrenška jezera .....	11
Slika 5: Hipertermalni izvir Klevevska toplica (temperatura vode do 25 °C) .....	11
Slika 6: Brakični ekosistem v Ankaranu .....	12
Slika 7: Sanacija območja pri Polici .....	13
Slika 8: Koseški bajer kot rezultat glinokopa .....	14
Slika 9: Trajnostno vrtnarjenje ob reki .....	14
Slika 10: Posledica nepravilnega odvajanja padavinskih voda v mestu Ljubljana .....	14
Slika 11: Polje oljne repice .....	15
Slika 12: Afera s komunalnim blatom .....	15
Slika 13: Posipanje cest s soljo .....	17
Slika 14: Kaj se bo zgodilo z ekosistemskimi storitvami (ESS), če jih bomo ali ne bomo ohranjali? .....	23
Slika 15: Kanaliziran potok .....	26
Slike 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22: Stari vodni zadrževalniki .....	26
Slike 23, 24, 25, 26, 27, 28: Umetni vodni elementi .....	27
Slika 29: Zajezitev in zajede .....	29
Slika 30: Meandri .....	29
Slika 31: Groblje .....	29
Slika 32: Otok sredi reke .....	30
Slika 33: Plavajoči otok .....	30
Slika 34: Pregrade na Gorenjskem .....	30
Slika 35: Brzice na Soči .....	31
Slika 36: Prag na Kolpi .....	31
Slike 37, 38, 39: Različne vrste kašt .....	31
Slika 40: Jezbice s spodmolom .....	32
Slika 41: Rečni skalomet .....	32
Slika 42: Morski skalomet .....	32
Slika 43: Rečni prodni nasip .....	32
Slika 44: Zaščita s kosmatim lesom .....	33
Slika 45: Zaščita brežine s hlodovino .....	33
Slika 46: Konkretni primer zaščite s hlodovino .....	33
Slika 47: Gabioni z živimi ščetkami .....	33
Slika 48: Vrbovi popleti .....	34
Slika 49: Fašine v naravi .....	34
Slika 50: Prikaz namestitve živih fašin .....	34
Slika 51: Žive ščetke .....	35
Slika 52: V trstičju gnezdiijo močvirske ptice .....	35
Slika 53: Plotovi v Krajinskem parku Sečoveljske soline .....	35
Sliki 54 in 55: Geotekstil s potaknjenci – levo skica, desno v naravi .....	36
Sliki 56 in 57: Zvitki iz geotekstila: levo v naravi, desno skica .....	36
Slika 58: Spreminjanje naklona brežin .....	36
Slike 59, 60, 61: Obvodne ptice .....	37
Slika 62: Polslano mokrišče .....	37
Slika 63: Melioracijski jarek na barju .....	38
Slika 64: Ribji prehod okoli akumulacijskega jezera .....	38

Slike 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71: Ribji prehodi.....	38
Slike 72, 73, 74, 75, 76: Drevesne vrste .....	39
Slike 77, 78, 79, 80, 81, 82: Grmovne vrste.....	40
Slika 83: Maketa protipoplavnega nasipa.....	40
Slika 84: Suhozidna gradnja.....	40
Slika 85: Bariere .....	44
Slika 86: Elektroremediacija .....	44
Slika 87: In situ izpiranje tal.....	45
Slika 88: Ex situ spiranje tal.....	46
Slika 89: Frakturiranje tal.....	46
Slika 90: Ekstrakcija plinov .....	47
Slika 91: Solidifikacija .....	47
Slika 92: Postopek oksidacije onesnaženih tal .....	48
Slika 93: Vitrifikacija.....	49
Slika 94: Termično prepihovanje tal .....	50
Slika 95: Piroliza .....	51
Slika 96: Biovpihovanje .....	52
Slika 97: Biostimulacija.....	52
Slika 98: Bioavgmentacija .....	53
Slika 99: Zaščitno kmetovanje.....	53
Slika 100: Bioreaktor .....	54
Slika 101: Fitoremediacija .....	55
Slika 102: Bionasip .....	57
Sliki 103 in 104: Rastlinska čepica .....	57
Slike 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120: Ekoremediacijske rastline.....	58
Slika 121: Rastlinska čistilna naprava .....	60
Slike 122, 123, 124, 125, 126: Močvirske rastline v RČN .....	60
Slika 127: Mikroorganizmi v aktivnem blatu .....	61
Slika 128: Površinski vodni tok.....	62
Slika 129: Podppovršinski vodni tok.....	62
Slika 130: Sistem z ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti.....	62
Slika 131: Sistem z ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti .....	62
Slika 132: RČN s površinskim tokom in prosto plavajočimi makrofiti.....	63
Slika 133: RČN s površinskim tokom in ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti .....	63
Slika 134: Shema trajnostne deponije.....	65
Slika 135: In situ metoda mikoremediacije: .....	66
Slika 136: Ex situ metoda mikoremediacije.....	66
Slika 137: Med njivo in reko je gozdni pas, ki deluje kot blažilno območje .....	68
Slika 138 in 139: Ekopasovi .....	68
Slika 140: Vegetacijski pasovi – enofazni sistem .....	69
Slika 141: Vegetacijski pasovi – dvofazni sistem .....	69
Slika 142: Vegetacijski pasovi – trifazni sistem .....	69
Slika 143: Zeliščna bariera .....	70
Slika 144: Travniška bariera.....	70
Slika 145: Grmovan bariera.....	70
Slika 146: Drevesna bariera .....	70
Slika 147: Vetrna bariera .....	71
Slika 148: Vrstna bariera – Slika 149: Kotna bariera .....	71
Slika 150: Protihrupna bariera .....	72



Slika 151: Drevesne bariere .....	72
Slika 152: Bionasip .....	72
Slika 153: Protismradna bariera .....	73
Slika 154: Umetno mokrišče za čiščenje vode s cestišč .....	73
Slika 155: Izgradnja drenaže, travniškega filtra in bionasipa .....	74
Sliki 156 in 157: Mokrišče za odvod vode s parkirišča .....	74
Slika 158: Melioracijski jarek za odvajanje odvečne vode .....	75

## Kazalo tabel

Tabela 1: Tip ekstremnih biotopov .....	9
Tabela 2: Pojav onesnaževal v zemeljskih sferah .....	16
Tabela 3: Netočkovni in točkovni vir onesnaženja .....	16
Tabela 4: Fizikalni, kemijski in biološki procesi v naravi .....	16
Tabela 5: Razvrščanje ekosistemskih storitev .....	18
Tabela 6: Podporne ekosistemske storitve .....	19
Tabela 7: Elementi oskrbovalnih in preskrbovalnih storitev .....	19
Tabela 8: Regulacije ali ravnalne storitve .....	19
Tabela 9: Kulturne storitve .....	20
Tabela 10: Tipi ekoremediacij .....	25
Tabela 11: Sektorska delitev ekoremediacij .....	25
Tabela 12: Okoljska delitev ekoremediacij .....	25
Tabela 13: Ukrepi revitalizacije .....	28
Tabela 14: Kamnite drče .....	30
Tabela 15: Karakterizacija tal in onesnaževal .....	43
Tabela 16: Delitev bioremediacije .....	52
Tabela 17: Tipi bioreaktorjev .....	54
Tabela 18: Prednosti in slabosti fitoremediacije .....	56
Tabela 19: Rastline glede na vrsto onesnaževal .....	56
Tabela 20: Delitev RČN glede na dotok vode v sistem .....	62
Tabela 21: Delitev RČN glede na smer vode v sistemu .....	62
Tabela 22: Delitev RČN s površinskim tokom glede na vrsto makrofitov .....	63
Tabela 23: Delitev vegetacijskih pasov glede na vrstno sestavo .....	69
Tabela 24: Delitev vegetacijskih pasov glede na skupino rastlinskih vrst .....	70
Tabela 25: Delitev vetrnih barier glede na lego postavitve .....	71
Tabela 26: Koristi zasaditve jarkov .....	75



## 1 EKSTREMNI BIOTOPI

Ekstremna okolja so najbolj fascinantna okolja našega planeta. Najdemo jih **po vsej Zemlji**, od polarnih okolij do globokomorskih območij.

Trenutna definicija ekstremnih okolij vključuje vsako okolje, kjer **ključni fizikalno-kemijski parametri odstopajo** od norme. Parametri, kot so temperatura, pH- vrednosti okolja, slanost, tlak in koncentracija določene kemikalije, se običajno uporabljajo za opis raznolikosti "ekstremov". V tovrstnih okoljih najdemo pester nabor ozko specializiranih vrst, ki so popolnoma prilagojene na težke razmere.

Takšni biotopi so se razvili v ontogenezi posameznih ekosistemov ali zaradi geoloških, klimatskih ali drugih vplivov. V novejšem času jih ustvarja človek s svojo dejavnostjo (vnos nove vrste, izginotje druge vrste ...). Čeprav se naravno ravnotežje neprestano ruši, pa stremlji k ponovnemu vzpostavljanju. Tako imenovano **dinamično ravnovesje** poskuša znotraj skupnosti vzpostavljati relativno stabilno ekosistemsko raznolikost, ki je podvržena postopnim spremembam z naravnim nasledstvom (sukcesija).

V ekstremnih biotopih se pogosto pojavljajo organizmi, ki jih v drugih ekosistemih ne najdemo. Zaradi ekstremnosti določenega ekološkega dejavnika sta se zgradba in funkcija posameznih organizmov temu prilagodila (npr. listi, preobraženi v iglice). V nekaterih ekstremnih biotopih poleg endemičnih organizmov najdemo tudi tako imenovane **bioindikatorje**. S svojo prisotnostjo dokazujejo specifičnost ekosistema, npr. koprive kažejo na prisotnost višjih vrednosti dušika v tleh.

**Ekstremne biotope** lahko razdelimo na dva tipa: naravni in degradirani ekosistemi.

Tabela 1: Tip ekstremnih biotopov

NARAVNI EKOSISTEMI	DEGRADIRANI EKOSISTEMI
Ekstremnost se je pričela pojavljati postopoma, dinamično ravnotežje se je vzpostavilo v daljšem obdobju. Zato so takšni ekosistemi kljub specifičnosti bolj občutljivi in se po porušenju ravnotežja težje povrnejo v prvotno stanje.	Ekstremnost se je zaradi onesnaževanja ali rabe prostora pričela pojavljati hitro. Združba se na tovrstni tempo sprememb ne uspe prilagajati. Zato so uspešnejše invazivne vrste.

### 1.1 NARAVNI EKSTREMNI EKOSISTEMI

Nastanek naravnih ekstremnih biotopov je posledica omejujočih dejavnikov. Poglejmo si nekaj primerov.

### 1.1.1 Mrazišča

Klimatske razmere v mraziščih so ekstremne. Mrazišča imajo občasno ali konstantno nizke temperature zaradi ledu ali snega, ki se dolgo časa obdržita v jamah ali drugih izdolbenih mestih (kraška polja, vrtače, udornice ...). Nastanejo tudi zaradi gruščnate podlage v dolinah, kjer topel zrak na vrhu vstopa, se ohlaja in na dnu doline izstopa kot zelo ohlajen.



Slika 1: Mrazišče Zaplana  
Vir: Gustinčič 2012, 67

Pojavu pravimo temperaturna inverzija, čemur običajno sledi tudi vegetacijska inverzija. To pomeni, da na dnu najdemo rastline, ki običajno rastejo na vrhu gora.

Pogosto so lahko na mrazišču spremenjeni tudi drugi pojavi, kot so:

- osončenost, ko popoldansko sonce ne doseže več tal,
- prevetrenost, ko zaprtost kotline ne dopušča gibanja zračnih mas,
- zračna vlaga,
- trajanje snežne odeje, ...

**Večni sneg** je pojav, ko je na obojni strani hriba ali gore nagrmden sneg, ki tudi poleti ne skopni. Podnevi se sicer sneg tali, kar ustvarja izdolbene kadice, vendar ponoči voda spet zamrzne. Tako se ohranja sestava.

Rastline morajo biti prilagojene na zelo mokro prst, suh zrak in nizke temperature. Običajno rastejo blizu tlom in so tesno zbrane skupaj v šope. Na robu večnega snega je rastlinstvo podobno rastlinstvu na meliščih.

### 1.1.2 Jame

V jamah je omejujoč dejavnik svetloba. Intenziteta svetlobe hitro pada od vhoda jame proti notranjosti. Poleg tega pa je v jami tudi nizka vrednost hranil. Odvisno od geokemične oziroma mineraloške sestave so lahko ekstremni dejavniki tudi določene kemične spojine.

Temperatura v jamah je običajno konstantna med celim letom. Organizmi so dobro prilagojeni na tovrstne dejavnike in vsaka najmanjša sprememba zanje pomeni velik šok.



Slika 2: Županova jama  
Vir: Lasten

### 1.1.3 Kamniti travnik

Tovrstni travnik je mlajšega nastanka in je podvržen številnim ekstremnim dejavnikom: od visoke intenzitete svetlobe do nihanja temperatur, močnega vetra, vodne erozije ... Na površju so vidne skale, ki ovirajo rast sklenjenega vegetacijskega pokrova. Tu je pedogeneza še v začetni fazi in pionirske vrste šele osvajajo kamnito površje.



Slika 3: Visokogorski kamniti travnik  
Vir: Lasten

Kamniti travnik je poseben tip suhega travnika na apnenčastih tleh. Kamnite tvorbe onemogočajo košnjo, zato so tovrstne površine bolj primerne za pašo.

### 1.1.4 Visoko barje

Visoko barje je med najstarejšimi ekosistemi na svetu. Običajno nastane kot zadnja faza pri ontogenezi jezer. Sprva se razvije trstičje, ki pa odmre. Odmrli ostanki se začnejo kopičiti. Pojavi se močvirje, kjer prevladuje šotni mah. Skozi leta se kopičijo plasti šotnega mahu (7 do 10 mm na leto), kar vodi v odmikanje podtalnice, bogate z minerali. Takoj ko barje izgubi stik s podzemno vodo, nastane visoko barje. Rastline tako pridobivajo zgolj padavinsko vodo, ki je siromašna z minerali. Prevladujoča rastlina je šotni mah, ki še dodatno zakisa okolje. pH-vrednost je lahko tudi pod 4.

Zaradi velike količine vode razvoj življenja na visokem barju spomladi v primerjavi z okolico kasni. Jeseni se zaradi toplotnoizolacijskega učinka življenje nekoliko podaljšuje. Na tovrstnih območjih so tudi močna dnevno-nočna nihanja temperature, kar za mnoge organizme lahko predstavlja stres.



Slika 4: Lovrenška jezera  
Vir: Hočevnar, Hočevnar 2020

### 1.1.5 Termalni vrelci

Značilnost termalnih vrelcev je visoka temperatura. Le redki organizmi preživijo pri temperaturi 80 °C, kar jim omogoča posebna celična sestava.

Glede na kamninsko sestavo je lahko ekstremni dejavnik tudi visoka vrednost soli ali drugih strupenih snovi.



Slika 5: Hipertermalni izvir Klevevška toplica  
(temperatura vode do 25 °C)  
Vir: Lasten

### 1.1.6 Brakični ekosistemi

V brakičnih ekosistemih prihaja do mešanja slane in sladke vode, hitrost nihanja slanosti pa je posledica plime in oseke. Tovrstna območja imajo visoko intenziteto svetlobe in v novejšem času tudi vedno več onesnaževal. Organizmi morajo zato imeti posebne mehanizme za prilagajanje na ekstremne situacije.



Slika 6: Brakični ekosistem v Ankaranu  
Vir: Lasten

### 1.1.7 Drugo

V naravi obstajajo še drugi ekstremni ekosistemi, ki jih omejujejo posamezni dejavnik ali skupina dejavnikov. Različni dejavniki lahko med seboj delujejo **sinergistično** in se njihova moč potencira ali **antagonistično** in se njihov učinek na okolje zmanjšuje. Zanimivo bi bilo raziskati presihajoče stoječe vode, globino jezera, mokrotne gozdove, slana barja, podvodne travnike, itd.

#### Naloge

1. Kje najdemo široko in kje ozko specializirane vrste?
2. Kakšna je definicija ekstremnega biotopa?
3. Zakaj ločimo dva tipa ekstremnih biotopov?
4. Navedi nekaj predstavnikov endemitov Slovenije.
5. Kakšne informacije nam dajo bioindikatorji?
6. Kaj je to vegetacijska inverzija in kje jo najdemo?
7. Na zemljevidu najdi naslednja mrazišča: Babno Polje, Rakitna, Nova vas na Blokah.
8. Kakšna je razlika med oligotrofnim in evtrofnim jezerom?
9. Kakšno je stanje ledu v severni triglavski steni?
10. Dopolni tabelo.

Ekstremni ekosistemi	Omejitve
oligotrofno jezero	
visoko barje	
mrazišča	
termalni vrelci	
jame	
brakični ekosistem	
kamniti travnik	
večni sneg	



## 1.2 DEGRADIRANI EKOSISTEMI

Degradacija okolja so posebne motnje, ki jih povzroči človek v naravnih, polnaravnih ali umetnih ekosistemih. Gre za poškodbo, uničenje ali preoblikovanje okolja, ki vodi v odstopanje od normalnega oziroma želenega stanja neokrnjenega ekosistema. Pri tem se zmanjšujeta ekološka celovitost in zdravje.

Do degradacije običajno prihaja zaradi:

- izčrpavanja naravnih virov (obnovljivi ali neobnovljivi viri),
- antropogene spremembe biogeokemijskega kroženja snovi, saj nastajajo novi cikli,
- onesnaženosti okolja (zrak, tla, voda ...).

Dva glavna pokazatelja degradacije okolja sta zmanjševanje krajinske in biotske pestrosti.

### 1.2.1 Kamnolomi in peskokopi

Kamnolomi so sistemi, ki so v okolju vidni že na daleč. Aktivni kamnolomi povzročajo hrup, zaprti kamnolomi pa še doga leta obremenjujejo okolje s prahom. Močna erozija otežuje nastanek prsti. Mesto je izpostavljeno sončnemu sevanju in pomanjkanju vode. Zato je njihova sanacija njuno potrebna, da se preprečita izguba biodiverzitete in obremenjevanje okolja.

Urejanje opuščenih kamnolomov je odvisno od geološke zgradbe območja. Zmanjševanje naklonov, povečanje hrapavosti površin, ustvarjanje manjših usekov, zaobljenih robov dajejo dobro podlago za naselitev organizmov. K hitrejši sukcesiji pripomorejo tudi police (etaže, terase), kjer se že v nekaj letih vidijo učinki sanacije.



Slika 7: Sanacija območja pri Polici  
Vir: Lasten

## 1.2.2 Glinokopi in gramoznice

Glinokopi in gramoznice nudijo človeku gradbeni material. Po izrabi se jih žal pogosto uporabi kot odlagališče odpadkov ali pa se jih prepusti naravnemu razvoju sukcesije.

V Sloveniji je že nekaj primerov sanacije glinokopov, kjer so oblikovani sekundarni biotopi. Gre za ovodeno površino, ki se postopoma zarašča in nudi zavetje mnogim živalskim vrstam.



Slika 8: Koseški bajer kot rezultat glinokopa  
Vir: Deržič, Bučar Draksler b. l.

Sekundarni biotopi so obogateni s ptičjimi opazovalnicami, lesenimi potmi in učnimi tablami. Tako nam tovrstna površina nudi pester nabor ekosistemskih storitev.

## 1.2.3 Urbane površine

Urbanizacija ne le uničuje in drobi habitate, temveč spreminja tudi okolje. Ceste prekinjajo selitvene poti in povzročajo izolacijo populacije. Širjenje vasi omejuje razpršenost med populacijami in povečuje stopnjo umrljivosti. Urbanizacija pomaga pri gibanju invazivnih vrst.



Slika 9: Trajnostno vrtarjenje ob reki  
Vir: Lasten



Slika 10: Posledica nepravilnega odvajanja padavinskih voda v mestu Ljubljana  
Vir: Mestna občina 2015

Mnoga mesta imajo degradirane kanale, kjer ni nobenega zadrževanja vode niti čiščenja, še manj pa je biološke raznovrstnosti, zaradi česar, poleg posledic onesnaženih voda, nastajajo še številni drugi problemi (npr. Ljubljana).

Mesta imajo pogosto višje temperature okolice kot podeželska območja. Pojav imenujemo toplotni otok. Ta vpliva na vzorec padavin, poveča proizvodnjo pritalnega ozona, spreminja biogeokemične procese in povzroča stres pri ljudeh in drugih vrstah.

Trajnostna urbanizacija sloni na ekonomski, socialni in okoljski funkcionalnosti. V mnogih mestih imamo zelene površine, ki preventivno ščitijo pred podnebnimi vplivi (vročinski valovi), zmanjšujejo onesnaževanje in so stična točka meščanov.



## 1.2.4 Monokulture v kmetijstvu

Svetovno prebivalstvo narašča in povečuje se povpraševanje po hrani. Zato nekateri menijo, da je monokultura najenostavnejša rešitev za zadovoljevanje potreb. Gre za specializacijo pridelkov, kjer se goji en pridelek na večini zemljišča ali na celotnem. Ta strategija koristi kmetom, saj omogoča nižje stroške na račun ene metode sajenja in ene žetve.

Dolgoročno tovrstno kmetovanje povzroča degradacijo tal. Obremenitve se lahko kažejo tudi v podtalnici in okoliških ekosistemih. Zaradi genske osiromašenosti je potrebno pridelek tretirati s pesticidi. Iz tal se izčrpavajo le določena hranila, zato je potrebno gnojiti. Zaradi rabe težke mehanizacije prihaja do zbitosti tal. Zato se kmetje poslužujejo oranja, kar pa ruši biogeokemijske procese v leh. Zmanjšuje se nabor vrst žuželk in talnih mikroorganizmov.

Rešitve so v ekološkem kmetovanju, obstajajo pa tudi alternative (permakultura, biodinamika, ...).



Slika 11: Polje oljne repice  
Vir: Lasten

## 1.2.5 Onesnaženost okolja

Industrijska aktivnost (tovarne, rudniki, skladišča, ...) in promet puščata za sabo mnoge površine, onesnažene s težkimi kovinami ali drugimi strupenimi in težko razgradljivimi snovmi. Podobno se je dogajalo tudi z intenzivnim kmetijstvom, kjer so dodajali ali še dodajajo pretirane količine fitofarmaceutskih pripravkov in umetnih gnojil.

Procesi obnove in čiščenja takšnih površin so izjemno dragi in dolgoročni. Dogaja se, da se problem prenese z enega mesta na drugega:

izkop onesnažene zemljine se prenese na neko drugo mesto,

vodotok prenese onesnaževalo dolvodno,

veter odpihne prašne delce daleč čez mejo.



Slika 12: Afera s komunalnim blatom  
Vir: Afera 2021

Človek je s svojo aktivnostjo povzročil še mnogo več degradiranih območij, kot jih je tukaj predstavljenih. Z dodajanjem ali odvzemanjem določenih

- abiotskih (npr.: odvzemi kamna, gline, gramoza itd.) oziroma
- biotskih dejavnikov (npr.: vnos tujerodnih organizmov, iztrebljanje 'škodljivcev' itd.) povzroča porušenje naravnega ravnotežja ekosistema. S svojimi posegi je vplival že v skoraj vseh zemeljskih sferah.

Tabela 2: Pojav onesnaževal v zemeljskih sferah

Atmosfera	Hidrosfera	Pedosfera	Biosfera
prialni ozon, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CH <sub>4</sub> , kisel dež	povečanje hranil, težke kovine, mikroplastika	povečanje hranil, težke kovine, organski strupi	akumulacija onesnaževal v telesih


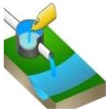

Danes ločimo dva vira onesnaževanja: netočkovnega in točkovnega.

Tabela 3: Netočkovni in točkovni vir onesnaženja

Netočkovni (razpršeni) viri onesnaževanja	Točkovni vir onesnaževanja
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kmetijstvo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- uporaba FF-sredstev,</li> <li>- uporaba mineralnih gnojil,</li> <li>- nestrokovna raba gnojevke,</li> <li>- uporaba oporečnega komposta – namakanje z oporečno vodo.</li> </ul> </li> <li>Industrija – tla se onesnažujejo preko zraka,</li> <li>industrijske emisije (izpusti v zrak), plini in prašni delci iz TE in odlagališč,</li> <li>dimni plini iz individualnih kurišč.</li> <li>Emisije iz prometa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vir lahko geografsko določimo in ponazorimo kot točko na karti.</li> <li>Odlagališča komunalnih odpadkov.</li> <li>Odlagališča industrijskih odpadkov.</li> </ul>

Narava kljubuje spremembam s sposobnostjo samoobnove in samoočiščenja. Ta temelji na fizikalnih, kemijskih in bioloških procesih.

Tabela 4: Fizikalni, kemijski in biološki procesi v naravi

 <p><b>Fizikalni procesi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>redčenje,</li> <li>sedimentacija,</li> <li>filtracija (prod) in prezračevanje (brzice)</li> </ul>	 <p><b>Kemijski procesi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>oksidacija in redukcija ter vrsta spremljajočih procesov (adsorbpcija, absorbcija itd.)</li> </ul>	 <p><b>Biološki procesi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>mineralizacija in asimilacija (uporaba in vgradnja snovi v telesa organizmov prek prehranjevalnih spletov)</li> </ul>
--	--	---

Prav te lastnosti danes človek proučuje in izkorišča pri sanaciji degradiranih območij.

## Naloge

1. Katero lastnost morajo imeti ekosistemi, da jih lahko uvrstimo med ekstremne?
2. Razišči, zakaj sodijo naslednji habitati Škocjanskega zatoka med najbolj ogrožene v Sloveniji:
  - obalne lagune,
  - sredozemsko slanooljubno grmičevje,
  - muljasti in peščeni poloji,
  - sredozemske slane stepe (*Limonietalia*),
  - pionirski sestoji vrst rodu *Salicornia* in druge enoletnice na mulju in pesku,
  - sestoji metličja (*Spartinion maritimae*).
3. Navedi nekaj primerov habitatov, ki jim grozijo naslednje nevarnosti:
  - povečanje ravni plimovanja,
  - pogrezanje,
  - povprečni dvig temperature,
  - razlike v pogostosti in številčnosti padavin,
  - zakisovanje okolja.
4. Človeštvo obremenjuje naravno Blejsko jezero in to bo v prihodnosti prešlo v evtrofično stanje. Kakšen ekstremni biotop bo postalo?
5. Uharica pogosto gnezdi v opuščenih kamnolomih. Kako naj poteka sanacija degradiranega območja?
6. Na območju glinokopa je prišlo do ojezeritve. Zakaj takega sistema ne smemo osušiti in ustvariti kopenski ekosistem?
7. Razmisli, s katerimi dejavnostmi človek proizvaja toplogredne pline. Kako bi lahko zmanjšali izpuste toplogrednih plinov?
8. Naštej tri okolju prijazne načine pridobivanja energije.
9. Stopnjo onesnaženosti zraka v okolju lahko redno nadzorujemo z bioindikatorji, kot so lišaji. Kaj je značilno za bioindikatorske organizme?
10. Razmisli, s katerimi snovmi zastrupljamo tla v Sloveniji.

Antropogeno zaslanjevanje je v Sloveniji povezano z uporabo soli za zimsko vzdrževanje prometnic in pomembnejših območij za pešce.
11. Kakšen vpliv ima zaslanjevanje tal na rastlinstvo ob cestah?
12. Kako bi lahko rešili problem zaslanjevanja tal v Sloveniji zaradi zimskega vzdrževanja cest?

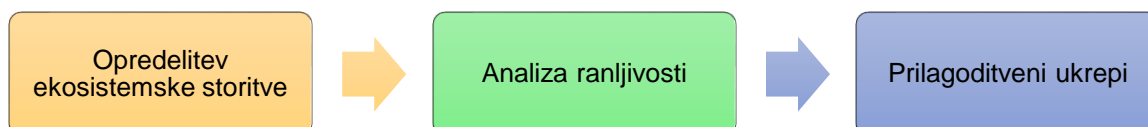


Slika 13: Posipanje cest s soljo  
Vir: Sol b. l.

## 2 EKOSISTEMSKESKE STORITVE

**Naravni kapital** predstavlja naravne dobrine, ki so okoli nas (rastline, živali, vodo, tla, veter ...). Takoj ko pričnemo razmišljati o koristi, ki jih pridobimo z naravnim kapitalom, govorimo o ekosistemskih storitvah. Ocena naravnega kapitala in ekosistemskih storitev se uporablja za merjenje obsega in kakovosti naravnega kapitala ter stopnje koristi, ki jo pridobimo z njim. Tako lahko kvantificiramo in primerjamo vrednosti različnih komponent naravnega sveta.

Shema 1: Postopek vrednotenja naravnega kapitala za ohranitev za mlade rodove

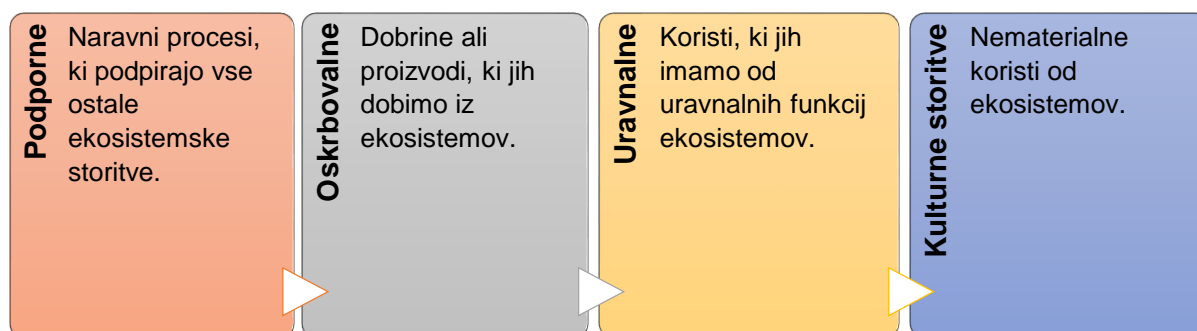


Ekosistemi nam nudijo ogromno virov in sprostitev, saj blažijo naše obremenitve in obremenitve zaradi podnebnih sprememb ... Človek je ODVIŠEN od naravnih ekosistemskih storitev. Žal se je tega začel zavedati šele, ko je del narave tako močno uničil, da je izgubil dobrino, ki jo je imel za samoumevno (npr.: oprasevanje s čebelami na Kitajskem).

Ekosistemske storitve so postopki, s pomočjo katerih naravno okolje ustvarja vire, ki so koristni za ljudi. V primeru plačil za ekosistemske storitve je značilno plačilo za natančno opredeljeno ekosistemsko storitev, ki jo želi vsaj en "kupec" prejemati od vsaj enega "prodajalca", če jo ta lahko zagotovi. (Wunder 2005, 5)

Za **razvrščanje** ekosistemskih storitev se večkrat uporablja klasifikacija CICES (ang. *Common International Classification of Ecosystem Services*). Ekosistemske storitve delimo v štiri skupine: podporne, oskrbovalne, uravnalne in kulturne.

Tabela 5: Razvrščanje ekosistemskih storitev



Med podporne ekosistemske storitve uvrščamo: primarno produkcijo, kroženje hranil, kroženje vode in habitat živalim in rastlinam.

Tabela 6: Podporne ekosistemske storitve

Primarna produkcija	Kroženje hranil	Kroženje vode	Habitat živalim in rastlinam
<ul style="list-style-type: none"> <li>• tvorba biološkega materiala skozi proces fotosinteze in asimilacijo hranil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kroženje hranil (dušik, žveplo, fosfor, ogljik, ...) med biocenozo in biotopom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kroženje vode skozi ekosisteme</li> <li>• kroženje vode skozi organizme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ohranjanje populacij</li> <li>• odpornost ekosistemov</li> </ul>

Oskrbovalne ali preskrbovalne storitve imajo naslednje elemente: hrano, surovine, sladko vodo in biokemične in genetske vire.

Tabela 7: Elementi oskrbovalnih in preskrbovalnih storitev

Hrana	Surovine	Sladka voda	Biokemični in genetski viri
<ul style="list-style-type: none"> <li>• poljščine</li> <li>• domače živali</li> <li>• ribe</li> <li>• gozdne dobrine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les in leseni izdelki</li> <li>• vlakna in smole</li> <li>• kamenje in pesek</li> <li>• krma za živali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pitna voda</li> <li>• voda za čiščenje</li> <li>• voda za industrijo</li> <li>• proizvodnja elektrike</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdravilne rastline</li> <li>• biocidi</li> <li>• prehranski aditivi</li> </ul>

Regulacijske ali uravnalne storitve vključujejo: uravnavanje onesnaževal, vezavo CO<sub>2</sub>, varovanje narave, blaženje ekstremnih dogodkov, preprečevanje erozije, ohranjanje kakovosti tal, opravevanje in nadzor boleznim in škodljivcev.

Tabela 8: Regulacije ali ravnalne storitve

<b>Uravnavanje onesnaževal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bioremediacija</li> <li>• filtracija</li> <li>• shranjevanje onesnaževal</li> </ul>	<b>Vezava CO<sub>2</sub></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vezava in skladiščenje ogljika v rastlinah</li> <li>• kakovost zraka</li> </ul>	<b>Varovanje narave</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pred smradom</li> <li>• pred hrupom</li> <li>• pred erozijo</li> </ul>	<b>Blaženje ekstremnih dogodkov</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• uravnavanje klime</li> <li>• zmanjševanje verjetnosti požarov</li> </ul>
<b>Preprečevanje erozije</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Porasla tla zmanjšujejo možnost zdrsov prsti.</li> </ul>	<b>Ohranjanje kakovosti tal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dekompozicija organskih snovi</li> <li>• prezračevanje tal</li> </ul>	<b>Opravevanje</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• prenos peloda</li> <li>• raznos semen</li> </ul>	<b>Nadzor boleznim in škodljivcev</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plenilci uravnavajo število škodljivcev.</li> </ul>

Kulturne storitve vključujejo turizem, rekreacijo, estetsko vrednost krajine in duhovno sprostitvev.

Tabela 9: Kulturne storitve

Turizem	Rekreacija	Estetska vrednost krajine	Duhovna sprostitvev
<ul style="list-style-type: none"><li>• taborjenje</li><li>• opazovanje živali in rastlin</li><li>• izobraževanje</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• pohodništvo</li><li>• kolesarjenje</li><li>• veslanje</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• barvitost krajine</li><li>• kulturna in naravna dediščina</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• iskanje miru in sprostitvev v naravi</li></ul>

Ekosistemske storitve se v določenem prostoru lahko tudi kartirajo. Vrednosti nekaterih ekosistemskih storitev prikažemo na zemljevidu. Za **kartiranje** ekosistemskih storitev se uporablja različne kazalnike: zalogo, rabo in povpraševanje.

- **Zaloga.** Poznamo dve vrsti zalog. Potencialna zaloga je maksimalen iznos, ki nam ga ponuja narava. Razpoložljiva zaloga je razpoložljiv iznos storitev.
- **Raba.** Gledamo dejansko rabo v prostoru in času.
- **Povpraševanje** zajema določene ekosistemske storitve.

Vrednost ekosistemskih storitev se ocenjuje z uporabo okoljskih, denarnih, etičnih, estetskih ali drugih meril. Najprimernejša je kombinacija različnih meril. Pri tem se v ospredje postavljajo predvsem ohranjanje narave, ohranjanje duševnega in telesnega zdravja človeka ter podpiranje vzdržnega oz. trajnostnega razvoja, ne pa zgolj gospodarski interesi človeka.

Ekosistemsko vrednotenje tako omogoča:

- splošno ozaveščanje o pomenu ohranjanja storitve in
- opredelitev ekosistemskih storitev.

Ima pa vrednotenje določene omejitve, npr.:

- čas in sredstva,
- razpoložljivost podatkov,
- specifiko obravnavanega območja (majhnost, neposeljenost ...).

Kadar se ekosisteme obravnava predvsem na osnovi neposrednih gospodarskih koristi, skušamo pripisati ekosistemskim storitvam različne ekonomske vrednosti. To omogoča boljše razumevanje denarne vrednosti našega naravnega kapitala. Na tem temeljijo tudi inovativni finančni mehanizmi, ki jih imenujemo »plačila za ekosistemske storitve« (PES). Ti sporazumi med prejemniki (oz. tistimi, ki koristijo te storitve) in ponudniki določenih ekosistemskih storitev (oz. lastniki ali vzdrževalci ekosistemov in zemljišč) natančno opredeljujejo tržno ceno teh storitev in načine, kako se bo storitev zagotavljala



prejemnikom. Prejemniki tako plačajo ponudnikom določeno vsoto denarja za vzdrževanje ekosistemov in s tem ohranjajo koristi določene ekosistemske storitve.

Plačila za ekosistemske storitve so pomembno orodje, ki omogoča, da lahko vsi koristniki aktivno prispevamo k vzdrževanju ekosistemov, ki te storitve zagotavljajo. Za sklenitev sporazumov morajo tako ponudniki kot prejemniki storitev imeti interes, da se vključijo v sheme plačila za ekosistemske storitve. Ekosistemska storitev, za katero koristniki plačujejo, mora biti tržna in njena ekonomska vrednost ocenjena. Strokovnjaki uporabljajo različne načine določanja ekonomske vrednosti ekosistemskih storitev. Tako ponudniki kot tudi koristniki se morajo strinjati s predlagano ceno ekosistemske storitve. Doseganje takih sporazumov med deležniki ekosistemskih storitev ni lahko. Neglede na dodeljeno vrednost za ekosistemske storitve se moramo zavedati, da smo soodgovorni za ohranjanje ekosistemskih storitev. Zato moramo po lastnih močeh sodelovati in prispevati k ohranjanju in varovanju ekosistemskih storitev.

Tabela 10: Ekosistemske storitve in njihove denarne vrednosti

Storitve ekosistema	Ekosistemske funkcije	Primeri ekosistemskih storitev	USD*
Uravnavanje plinov	Uravnavanje kemičnih sestavin ozračja	Razmerje CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> ; ozon za zaščito pred UV, raven SO <sub>2</sub>	1341
Uravnavanje podnebja	Uravnavanje globalne temperature, padavin in drugih biološko povezanih procesov na globalni ali lokalni ravni	Uravnavanje plinov tople grede	684
Uravnavanje (naravnih) motenj	Usposobljenost in integriteta ekosistema, odgovornega za fluktuacije v okolju	Zaščita pred nevihtami, nadzor nad poplavami, omilitev poškodb po suši in drugi vidiki odgovora habitata na spremenljivost okolja (zlasti s sestavo vegetacije)	1779
Uravnavanje vode	Uravnavanje hidroloških tokov	Preskrba z vodo za kmetijstvo, industrijo, promet	1115
Oskrba z vodo	Zaloge in zadrževanje vode	Preskrba z vodo porečja, vodne akumulacije ali izvira	1692

Vir: Vindiš 2010, 38 (del tabele)

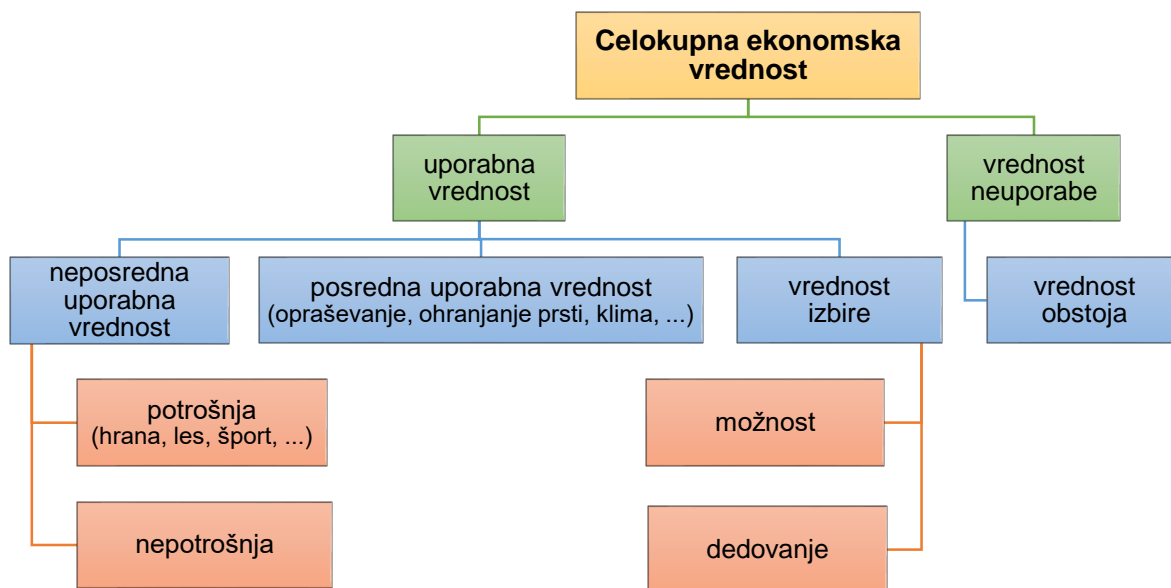
Celotna ekonomska vrednost (total economic value – TEV) je vsota vseh koristi, ki jih zagotavlja določen ekosistem ob pogoju, da se posamezne vrednosti med seboj ne izključujejo, npr. golosek daje maksimalni donos lesa in onemogoča rekreacijo v gozdu. Vrednosti se ne smejo podvajati. Slednje je zaradi kompleksnosti okoljskih storitev zelo težko določiti. Celokupno ekonomsko vrednost delimo na vrednost uporabe in vrednost neuporabe.

Uporabna vrednost so koristi, ki izhajajo iz uporabe naravnih dobrin in storitev in so neposredne ali posredne.

- Neposredna – je potrošnja ekosistemskih storitev (hrana, les, zdravje, šport, izobraževanje ...).
- Posredna – je vrednost ekosistemskih storitev (opraševanje, uravnavanje podnebja, nastajanje in ohranjanje prsti);

- vrednost izbire - ohranjanje možnosti prihodnje uporabe tako zase (**vrednost izbire**) kot za druge (**zapuščinska vrednost**).

Shema 2: Delitev celotne ekonomske vrednosti ekosistemskih storitev



### Naloge

1. Zapiši dobrine, ki jih pridobimo v gozdnem ekosistemu.
2. Zakaj potrebujemo:
  - regulatorne ekosistemске storitve,
  - preskrbovalne ekosistemске storitve,
  - kulturne ekosistemске storitve?
3. Vrednost ekosistemskih storitev nekega ekosistema je ocenjena na 18,3 milijonov evrov na leto. Stroški obnove znašajo 4,7 milijonov evrov, medtem ko so stroški ohranjanja ocenjeni na 2,2 milijonov evrov na leto. Kaj nas poskušajo prepričati podatki?
4. K čemu bi prispevala simulacijska shema plačila za ekosistemске storitve?
5. Kaj pomeni uporabna vrednost ekosistema?
6. Kaj pomeni neuporabna vrednost ekosistema?

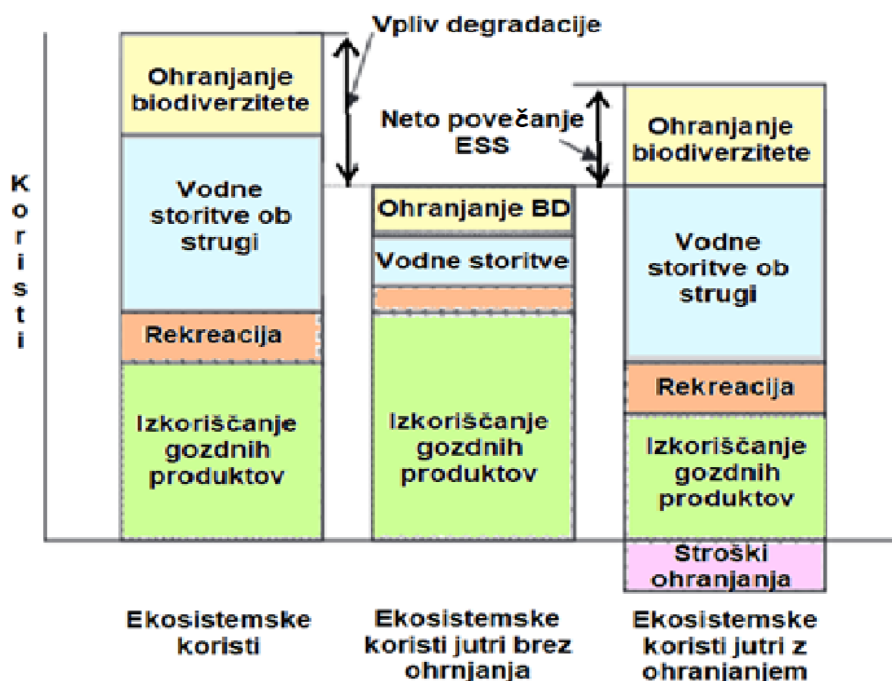


### 3 EKOREMEDIACIJE

Beseda ekoremediacija je sestavljena iz besed »**remediacija**«, kar pomeni obnova, in predpone »**eko**«, kar nam sporoča, da obnova okolja poteka s pomočjo naravnih sistemov in procesov. Narava je namreč v milijonih let razvila obrambne in samočistilne sposobnosti. Glavna namena sta zaščita pred nenadnimi in premočnimi vplivi in odpravljanje škodljivih posledic teh vplivov. Govorimo o ti. **stabilnosti** oziroma **prožnosti ekosistemov**, ki se lahko povrnejo v prvotno stanje po motnjah (npr. po pozebi, poplavi, požaru ali suši).

Ekoremediacija kot okoljska tehnologija stremi k obnovi in varovanju ekosistemov za ohranjanje ekosistemskih storitev. Trajnostno načrtovanje posegov in reševanje okoljskih problemov sta usmerjena k sobivanju človeka z naravo/okoljem. V mislih imam **odstranjevanje posledic onesnaževanja** kot tudi **preprečevanje nadaljnje degradacije** okolja. V zadnjem času z ekoremediacijami poskušamo blažiti tudi podnebne spremembe (vročinski valovi, suše, poplave, pozebe ...)

Ohranjanje in obnova nista vedno v celoti učinkovita, toda če ne bomo ohranjali narave, bomo izgubili bistveno več.



Slika 14: Kaj se bo zgodilo z ekosistemskimi storitvami (ESS), če jih bomo ali ne bomo ohranjali?  
Vir: Pagiola idr. 2004, 24; Žujo, Danev 2010, 69

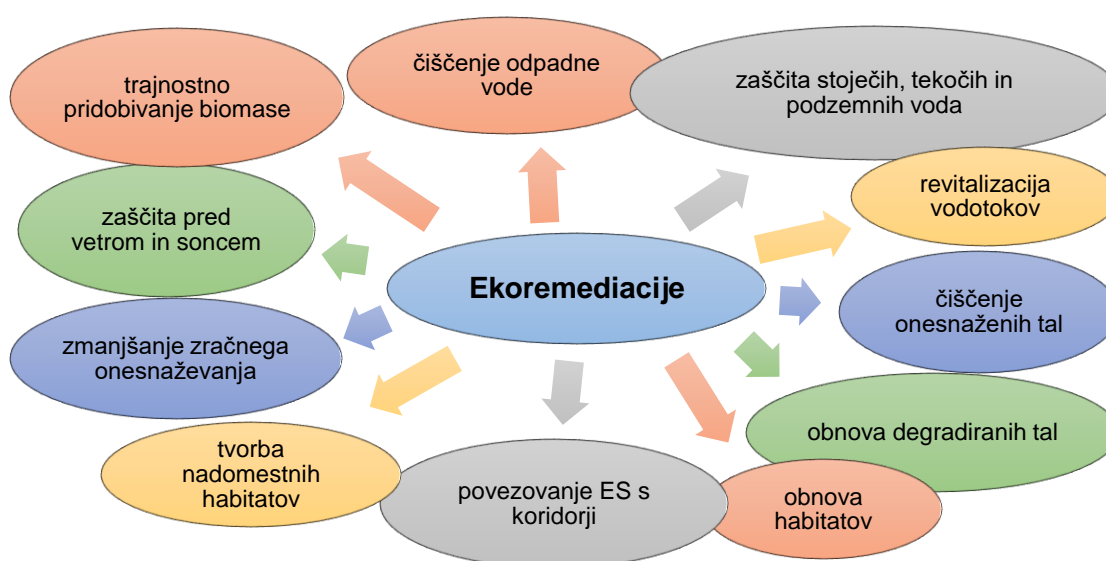
Degradiranim ekosistemom, ki so nastali kot posledica posegov človeka v okolje, lahko s pomočjo ekoremediacijskih metod delno ali v celoti povrnemo prvotne funkcije. Pogosto se zgodi, da takšnih območij ne moremo vrniti v prvotno stanje, lahko pa ustvarimo alternativni sekundarni biotop, ki bo imel ključne naravne funkcije: **samočistilno sposobnost**, **visoko pufersko kapaciteto** in **povečano biotsko raznovrstnost**.

Velik potencial ekoremediacij se kaže tudi pri blaženju, preprečevanju in odpravljanju posledic naravnih katastrof. Če bomo zagotavljali dobro ekološko stanje habitatov, bomo prispevali k varovanju in ohranjanju ogroženih rastlinskih in živalskih vrst.

### 3.1 VRSTE EKOREMEDIACIJ

Možnost uporabe ekoremediacij za ohranjanje zdravega stanja ekosistemov je zelo široka. V posameznih primerih potrebujemo le manjši začetni poseg človeka, da dosežemo želeni cilj, glavino delovanja pa prepustimo naravi. Včasih je potrebno vključiti dodatno znanje in spretnosti, ki jih poznamo na področjih vodnega gospodarstva, kmetijstva, gozdarstva, ribištva itd.

Shema 3: Uporaba ekoremediacij



Ekoremediacije uporabljamo za:

- **zaščito**: pri tem zmanjšamo ali preprečimo obremenjevanje okolja. Za to je dovolj že trajnostna raba naravnih virov in izobraževanje,
- **obnovo** degradiranih ekosistemov ali vzpostavitev nadomestnega ekosistema, kar pripomore k vzpostavitvi ponovnega ekološkega ravnovesja.

Glede na izvor ločimo **naravne** in **grajene** (antropogene) ekoremediacije.

- **Med naravne** ekoremediacije štejemo različne naravne ekosisteme (gozd, mokrišče, poplavno ravnico itd.) oz. oblike (tolmune, slapove, meandre, prodišča, brzice, mejice, ...),
- **Med grajene** ekoremediacije pa prištevamo:
  - a) rastlinske čistilne naprave za čiščenje različnih vrst odpadnih voda, revitalizacijo degradiranih vodnih in kopenskih ekosistemov (kamnolomov, peskokopov, reguliranih vodotokov, melioracijskih jarkov, mokrišč, onesnaženih tal, odlagališč odpadkov),

- b) blažilne cone za zaščito pred točkovnimi in netočkovnimi viri onesnaževanja (vegetacijski pasovi, protihrupne, protiprašne bariere, zeleni koridorji itd.),
- c) fitoremediacijske in bioremediacijske tehnologije ter trajnostne sanacije deponij.

Glede na klasično delitev lahko ekoremediacije razvrstimo na stare in nove tipe.

Tabela 11: Tipi ekoremediacij

Stari tipi	Novi tipi
<ul style="list-style-type: none"> <li>•kali</li> <li>•puči</li> <li>•lokev</li> <li>•vaška korita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•rastlinske čistilne naprave</li> <li>•ekomeliorizacijski jarki</li> <li>•vetrne bariere</li> <li>•pufrska območja</li> </ul>

Glede na sektorsko delitev ekoremediacij, le te uvrščamo med kmetijstvo, industrijo, turizem, zdravstvo in naselja.

Tabela 12: Sektorska delitev ekoremediacij

Kmetijstvo	Industrija	Turizem	Zdravstvo	Naselja
<ul style="list-style-type: none"> <li>•mejice</li> <li>•zadrževanje vode</li> <li>•melioracijski jarki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•čiščenje vode</li> <li>•čiščenje zraka</li> <li>•čiščenje tal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•turistične kmetije</li> <li>•rekreacijske površine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•nasadi eteričnih rastlin</li> <li>•bioprodukcija</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•RČN za vas</li> <li>•plavalni bajer</li> </ul>

Glede na okoljsko delitev lahko ekoremediacije razdelimo v ekoremediacije za vodne sisteme, zrak, kopenske ekosisteme in za varovanje biodiverzitete.

Tabela 13: Okoljska delitev ekoremediacij

Vodni ekosistemi	Zrak	Kopenski ekosistemi	Varovanje biodiverzitete
<ul style="list-style-type: none"> <li>•melioracijski jarki</li> <li>•mokrišča</li> <li>•stranski rokavi</li> <li>•zalivi</li> <li>•mlinščice</li> <li>•slapovi</li> <li>•jezovi</li> <li>•prodni nanosi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•mejice</li> <li>•vetrne bariere</li> <li>•protihrupne bariere</li> <li>•protiprašne bariere</li> <li>•protisvetlobne bariere</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•vegetativni pas</li> <li>•RČN v kombinaciji z deponijo</li> <li>•vodne in obvodne rastline</li> <li>•nadomestni ES</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•mejice</li> <li>•mlake, lokve</li> <li>•blažilne cone</li> <li>•mokrišča in močvirja</li> <li>•nadomestni ES</li> <li>•RČN - večnamenski ES</li> </ul>

Po Mitsch in Jørgensen (Sajovic 2010, 13) ločimo nekaj glavnih kategorij glede na **prevladujočo funkcijo** ekoremediacij:

- **uporabo** ekosistemov za zmanjševanje ali preprečevanje obremenitev okolja (tla, voda, zrak),
- **ponovno vzpostavitev** ekosistemov (obnova po večji motnji),
- **spremembo obstoječih** ekosistemov z upoštevanjem ekoloških vidikov za rešitev posameznega okoljskega problema in
- **uporabo** ekosistemov v korist človeku, ne da bi pri tem porušili ekološko ravnotežje.

### 3.2 UPRAVLJANJE Z VODO NEKOČ

Človek je skozi zgodovino vedno bolj postavljaj v ospredje sebe in svoje potrebe. Govorimo o antropocentristični miselnosti. Ta miselnost se je in se še vedno kaže tudi v urejanju prostora, ki je po večini neustrezno.

Konkretni primeri izhajajo iz kmetijstva (melioracije in hidromelioracije), urbanizacije (regulirani vodotoki), prometa (fragmentacija ekosistemov), energetike (sekanje ribjih poti) ...



Slika 15: Kanaliziran potok  
Vir: Lasten

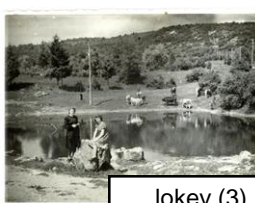
Včasih so cenili vrednost vode, kar se kaže v uporabi številnih zadrževalnikov vode za vodno zajetje za napajanje živine, pranje perila, vir vode za gašenje ... V njih so se ustvarili posebni ekosistemi, ki so danes del kulturne dediščine.



kal (1)



puč (2)



lokev (3)



vaško korito (4)



mlaka (5)



močile (6)



studenec (7)

Slike 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22: Stari vodni zadrževalniki

Viri: (1) Lasten; (2) Matičetov 1950 (Gorenji puč, 1950); (3) Hren 2015 (Bezuljak, poleti 1942); (4) Orel 1949 (Osp, 1949); (5) lasten; (6) McM 2013; (7) Vinšek 2010

Na številnih vodotokih pa je bila odstranjena obrežna vegetacija in zaradi hitrega odvodnjavanja poglobljena struga. Ponekod je bila povezava med vodnim ter kopenskim okoljem prekinjena z betonsko steno zaradi preprečevanja erozije in spreminjanja rečnega



toka. Vsi ti posegi vplivajo na fizikalno-kemijske parametre, hidromorfološke značilnosti vodotoka in nenazadnje tudi na biotsko raznovrstnost. Rezultat človekovega delovanja je porušeno naravno ravnovesje.

V kanaliziranih vodotokih ob nalivu voda hitro odteče dolvodno, kar lahko v spodnjem delu vodotokov povzroča poplave, v zgornjem delu pa v sušnem obdobju sušo, saj se voda v pokrajini ne more zadrževati. Z nepravilnimi posegi v vodotoke je tako povzročena tudi velika ekonomska in ekološka škoda.

V naravni rečni strugi številni naravni sistemi, kot so **meandri, tolmoni, brzice, prodnati nasipi, z vodnimi rastlinami porasla struga, številni stranski jarki in rokavi ter raznovrstna obrežna vegetacija** opravljajo pomembno vlogo pri samočiščenju, pufrski kapaciteti in habitatni sposobnosti.

Danes imamo veliko elementov, ki jih je ustvaril človek, ko je njegova dejavnost trčila ob vodne elemente in sodijo v kulturno dediščino. Tako poznamo akvadukt, mlinščice, mulde, prepust, zapornice in obtočne kanale.



akvadukt (1)



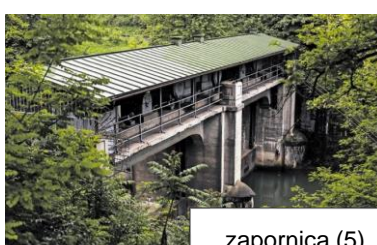
mlinščica (2)



mulda (3)



prepust (obnova mostu) (4)



zapornica (5)



obtočni kanali (6)

Slike 23, 24, 25, 26, 27, 28: Umetni vodni elementi

Viri : (1) Tehnološko čudo 2022; (2) lasten; (3) Walton 2015; (4) Občina b. l.; (5) Pahor 2020; (6) Jodito-F 2017

- **Akvadukt** so poznali že Rimljani. Svežo vodo so dovajali v mesta preko kamnitih objektov, ki so se vili delno v zemlji in delno na mostovih. Zasnovani so bili tako, da so bili zaščiteni pred erozijo ter da so minimalno spreminjali polja in okolico.
- **Mlinščice** so umetne struge, ki so jih uporabljali za obrt (mlin, žage, kovačije, ...). Danes jih ohranjamo za turizem in v izobraževalne namene.
- **Mulda** je utrjena pot, ki pravokotno prečka potok ali manjšo reko. Še danes so v uporabi tam, kjer zaradi nizkega vodostaja ni potrebno graditi mostov.
- **Prepust** omogoča pretok večje količine vode skozi cestno telo. Zgrajeni so bili iz lesa ali betona.

- **Zapornice** z enimi ali več premikajočimi se vrati regulirajo pretok. Uporabljene so v kanalih in splavnicah.
- **Obtočni kanali** imajo vlogo stranske struge ob reki in omogočajo odvodnjavanje.

### 3.3 REVITALIZACIJA DEGRADIRANIH VODOTOKOV

**Revitalizacija** je proces obnovitve in okrevanja sistema. Včasih se ukvarjamo tudi z **renaturacijo**. Gre za ponovno obujanje habitata na območju, ki je bilo močno degradirano. Popolna sanacija pogosto ni mogoča, saj izgubljen ekosistem zelo težko obnovimo. S postopkom lahko pridobimo nov sekundarni ekosistem.

Projekt revitalizacije zajema več faz. Na začetku je potrebno pridobiti vsa potrebna soglasja, gradbena dovoljenja in morda celo presojo vplivov na okolje. Šele ko se pridobi vso potrebno dokumentacijo, se prične s sanacijo. Ta ne sme potekati v vegetacijskem obdobju oziroma v obdobju parjenja in vzreje mladice. Po izvedbi pa je potrebno izvajati monitoring in vzdrževalna dela.

Obnovo ali zaščito se izvede za zagotavljanje:

- geotehničnih funkcij: zaščita pred erozijo, povečanje stabilnosti,
- ekoloških funkcij: obnovev ali postavitvev habitata, povečanje samočistilnosti,
- ekonomskih funkcij: nižji stroški vzdrževanja,
- estetskih funkcij: povečanje krajinske pestrosti.

**Način revitalizacije** izbiramo glede na možnosti. Ponekod so zaradi omejenosti prostora možne le manjše spremembe. Na drugih mestih pa je možno daljše odseke v celoti prepustiti naravnim procesom.

**Ukrepi** se lahko izvajajo izven rečne struge, na brežinah in v rečni strugi.

Tabela 14: Ukrepi revitalizacije

Izven rečne struge	Na brežinah	V rečni strugi
<ul style="list-style-type: none"><li>• dodatni stranski rokavi in mrtvi rokavi</li><li>• mokrišča</li><li>• vegetacijski pasovi</li><li>• mrtvice</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ureditev brežin zaradi preprečevanja erozije</li><li>• zasaditev vegetacije</li><li>• sprememba naklona brežin</li><li>• posebni habitati</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• pospešitev toka</li><li>• zadrževanje vode</li><li>• posebni habitati (tolmuni, brzice, groblje ...)</li></ul>

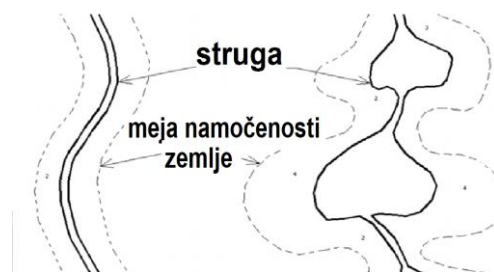
Izbira metod je odvisna od:

- lastnosti vodotoka: hitrost, strižne sile, režim, pretok ...
- lastnosti brežin: naklon, vrste zemljine, rastlinska pokrovnost ...

- denarnih sredstev: sofinanciranje, subvencija, skladi, prostovoljnost ...
- značilnosti prostora: dostopnost, oddaljenost, razpoložljiva površina ...

### 3.3.1 Posegi v strugi

**Umetne zaježitve in zajede** omogočajo pospeševanje in upočasnitev vodnega toka. Dinamičnost prispeva k večji raznolikosti mikrohabitata in tudi biotske raznovrstnosti.



Slika 29: Zaježitev in zajede  
Vir: Sajovic, 2010, 21

**Meander** ali okljuk je rečni zavoj, v katerem na eni strani prihaja do erozije in na drugi strani do sedimentacije. Njegova prisotnost povečuje rečno dinamiko in ustvarja različne mikrohabitatske.



Slika 30: Meandri  
Vir: Kokkinos 2013

**Groblje** so vodni elementi, kjer posamezni kamni ustvarjajo žuborenje vode. Element vnaša dinamiko, bogati strugo s kisikom in ustvarja nove habitate.


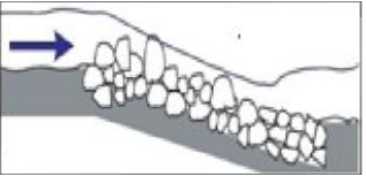
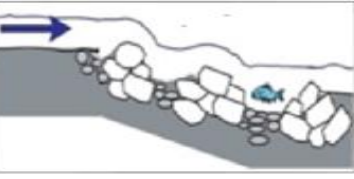


Slika 31: Groblje  
Vir: Lasten

**Drče** so elementi spodnjega dela struge, ki spreminjajo rečno dinamiko in hkrati omogočajo migracijo rib. Poznamo lesene, kamnite in kombinirane drče z blagim naklonom in grobo površino. Glede na gradnjo pa jih delimo na zložene, nasute in kaskadne drče.



Tabela 15: Kamnite drče

		
<b>Zložena drča</b>	<b>Nasuta drča</b>	<b>Kaskadna drča</b>
grajeno skalnata konstrukcija z zloženimi kamni	konstrukcija iz nametanih kamnov, ki dajejo videz večplastnosti	kaskadna konstrukcija iz skalnih pragov

Vir: (slike): JureG 2014

**Otok** sredi reke je zaščiten s kamnometom in koli. Na njem zraste vegetacija, ki ustvari varen prostor za gnezdenje ptic. Rastline pripomorejo tudi k večji samočistilni sposobnosti. V reguliranih strugah je bolje uporabiti plavajoče otoke. Gre za zasaditev makrofitov na plavajočem elementu. Pod njim zraste gost koreninski sistem, ki služi kot skrivališče mnogim živalim (mladice rib, nevretenčarji ...).



Slika 32: Otok sredi reke  
Vir: Globevnik idr. 2015, prosojnica 11



Slika 33: Plavajoči otok  
Vir: Green Roof Technology 2022

**Pregrade** so elementi zgornjega dela struge, kjer je vodni tok intenzivnejši. Če je pregrada previsoka, onemogoča migracijo rib, zato je potrebno zagotoviti ribji prehod. Posebna oblika pregrad je **kranjska stena**, ki je vpisana v register žive kulturne dediščine.



Slika 34: Pregrade na Gorenjskem  
Vir: Lasten

Pregrade spremljajo slapovi. **Slapovi** povečujejo aeracijo vode, hladijo okolico, oskrbujejo okoliške habitate z vodo, povečujejo samočistilno sposobnost ...



Slapove delimo glede na:

- velikost (slapiči, srednje visoki, visoki slapovi...),
- obliko (kaskade, ozkopramenski, podkev, pahljača ...) in
- čas pojavljanja (stalni ali hudourniški).

Najpogosteje gradimo pragove, ki jih spremljajo **tolmuni**. Slednji zadržujejo vodo in jo umirjajo, kar vodi do sedimentacije. Tolmuni predstavljajo skrivališče za vodne živali.

**Prag** utrjuje rečno dno, omogoča rahel padec vode in zmanjšuje hitrost in silo vode. Grajen je iz podolgovatih nosilnih lesenih ali betonskih elementov, ki so prečno postavljeni na strugo. Najprimernejša lesena elementa sta jelša ali kostanj. Robove praga je potrebno zaščititi s skalometom, da ne pride do spodjedanja. Čez prag se ustvari **brzica**.



Slika 35: Brzice na Soči  
Vir: Lasten



Slika 36: Prag na Kolpi  
Vir: Lasten

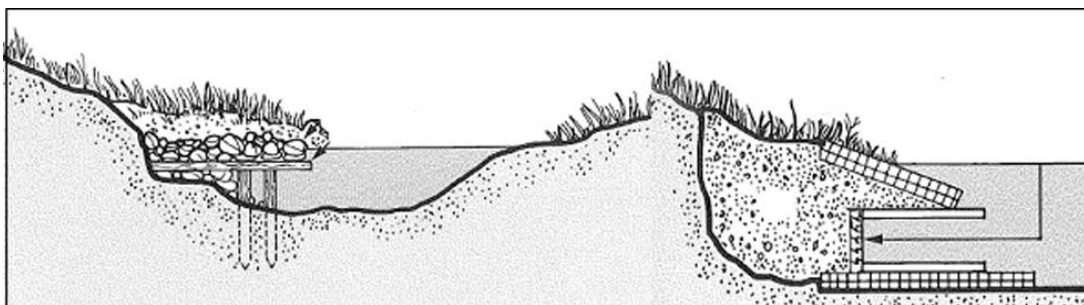
**Kašta** je stoletna stara zgradba, ki nudi vertikalno zaščito brežin. V dno brežine se zabijejo leseni koli (do 2/3 dolžine) in prečno namesti še druge kole. Tako ustvarjen prostor se napolni s kamenjem. Kašta je zelo primerna za stabilizacijo strmih brežin, saj ne potrebuje veliko prostora.



Slike 37, 38, 39: Različne vrste kašt  
Vir: Lasten

**Jezbice** so odbijači toka, ki so prečno postavljeni na smer vodnega toka na mestih, kjer običajno ni mogoče postaviti meandrov. Običajno jih je več zaporedno in ne presegajo širine  $\frac{1}{2}$  rečne struge. Grajene so tako kot kašte (kamen, les, šibje ...), s to razliko, da sta na vrhu elementa zemlja in živa ščetka. Tako sčasoma jezbrica postane sestavni del obvodnega

ekosistema. Ponekod jezovice ustvarjajo s spodmolom. To je prostor, ki deluje kot skrivališče za mladice.



Slika 40: Jezovice s spodmolom  
Vir: Zavod 2021

### 3.3.2 Posegi na brežini

**Skalometi** ali kamnometi so najpreprostejši elementi za odbijanje vodnega toka. Za boljše ekološke razmere se v žepe med skalami sadijo potaknjenci.



Slika 41: Rečni skalomet  
Vir: Lasten



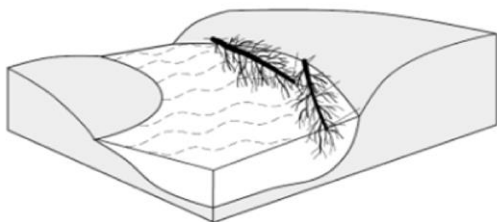
Slika 42: Morski skalomet  
Vir: Lasten



Slika 43: Rečni prodni nasip  
Vir: Lasten

**Prodni nasip** je element, ki zadržuje vodo in umirja vodni tok. Tovrstno prodišče mora biti nasuto nad nivojem vode, saj le tako igra pomembno vlogo pri filtraciji in ima vlogo filtracije. Hkrati je to edinstven habitat.

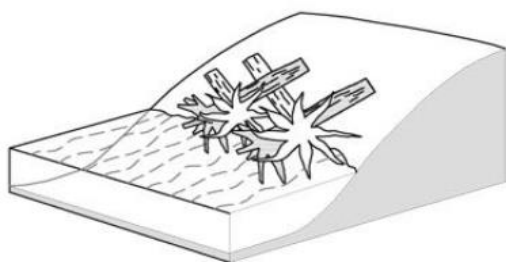




Slika 44: Zaščita s kosmatim lesom  
Vir: Zakotnik 2015, 3

**Zaščita s kosmatim lesom** je najstarejša oblika zaščite bregov. Omogoča preusmeritev vodnega toka, upočasnjuje tok, kar vodi v sedimentacijo plavin in ustvarja življenjski prostor (npr. skrivališče za ribice). Običajno se uporabljajo iglavci s krošnjo, kjer se spodnji konec pritrdi s skalometom ali kamnometom. Ne sme zasesti več ko 15 % vodne površi

**Zaščita brežine s hlodovino** spodbuja naravno sukcesijo brežine, saj je grajena iz odmrlega lesa, po navadi v kombinaciji z zasaditvijo lesnatih rastlin. Uporabi se les, ki ostaja pri okoliški sečnji.

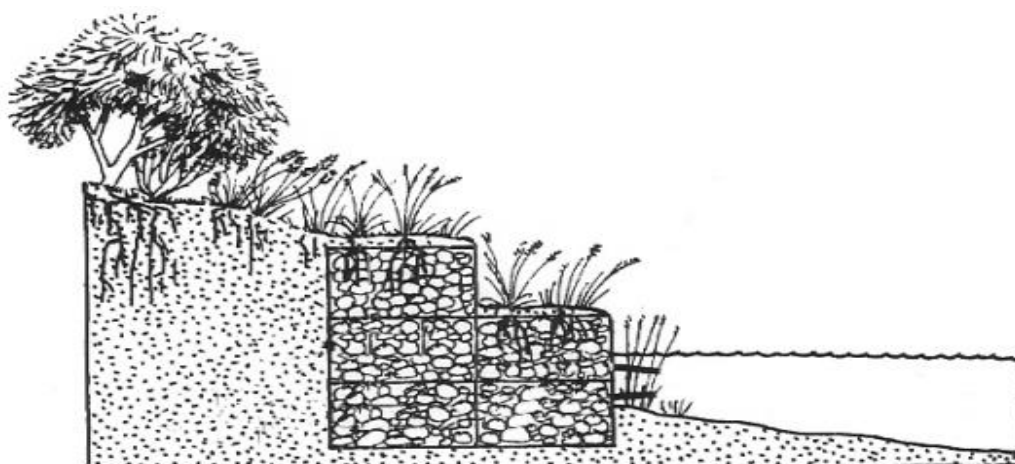


Slika 45: Zaščita brežine s hlodovino  
Vir: McCullah, Gray 2005, LWD structures



Slika 46: Konkretni primer zaščite s hlodovino  
Vir: McCullah, Gray 2005, LWD structures

**Gabioni** ali žičnate košare so sodobni elementi iz dvojno prepletene pocinkane žice s kamenjem. Postavljajo jih tam, kjer ni prostora za druge ukrepe. Včasih gabione obogatijo s potaknjenci.



Slika 47: Gabioni z živimi ščetkami  
Vir: Sajovic 2010, 20

**Poplet** je grajen iz 2 - 3 leta starih upogljivih vej vrbe dolžine 1,5 do 3 m, kjer je debelejši konec potaknjen v zemljo. Sčasoma se veje ukoreninijo in še dodatno utrdijo brežino.

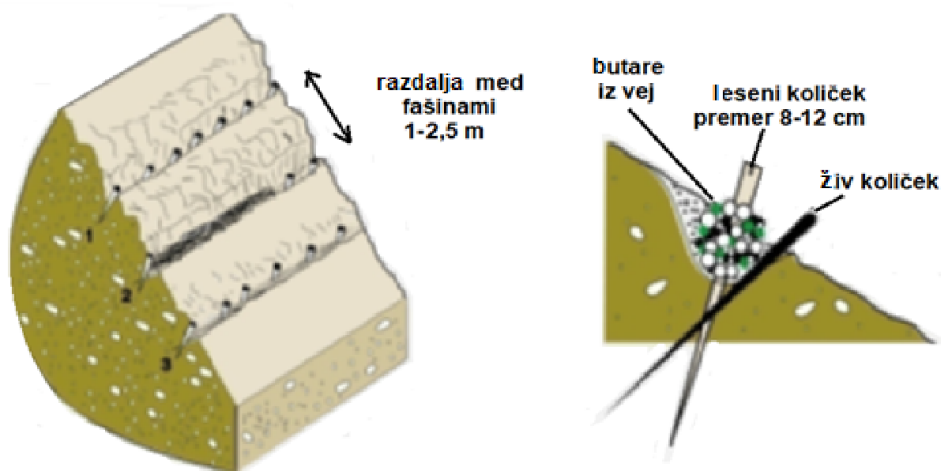
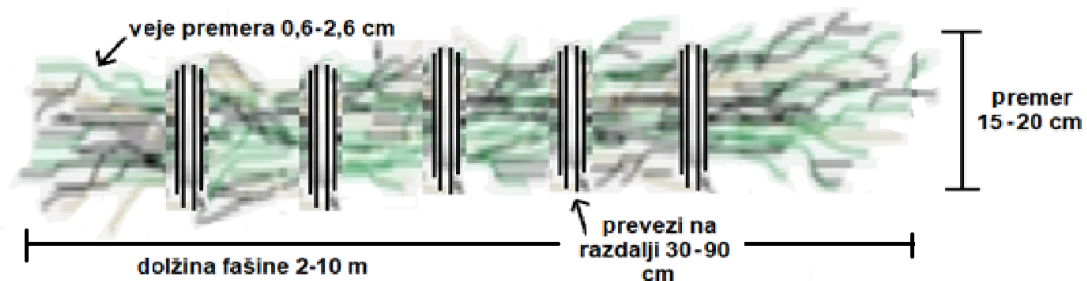


Slika 48: Vrbovi popleti  
Vir: Zakotnik 2015, 3

**Fašine** so v snopu vezane veje, ki so lahko odmrli les, ki izboljša razmere za naselitev avtohtonih rastlinskih vrst, ali pa živi les, ki se sčasoma ukorenini. Primeren je predvsem za manjši naklon.



Slika 49: Fašine v naravi  
Vir: Zakotnik 2015, 3



Slika 50: Prikaz namestitve živih fašin  
Vir: Britovšek 2016, 52

**Žive ščetke** so običajno zavarovalna peta nad skalometom. Gre za nizko vegetacijo, ki varuje brežino pred erozijo.



Slika 51: Žive ščetke  
Vir: Zakotnik 2015, 7

**Potaknjenci** so hitra rešitev, s katero se ustvari živa pregrada za stabilizacijo brežine. Zanj se potrebujejo veje, ki se jih 2/3 potakne v zemljo. Za večjo uspešnost ukoreninjenja se v eno luknjo postavijo dva ali trije potaknjenci. Sadimo izven vegetacijskega obdobja.

**Trstišče** ima samočistilno sposobnost, filtrira vodo in ustvarja habitat mnogim organizmom. Po koncu vegetacijske dobe ga lahko uporabimo v energetiki. Enkrat letno je zaželeno košnja, saj s tem ustavljamo sukcesijo.



Slika 52: V trstišču gnezdijo močvirske ptice  
Vir: Lasten

**Vodna setev z dodatkom rastne pulpe** je postopek, kjer pride do nanosa posebne mešanice iz vode, semen, organskih in anorganskih gnojil, alg, hidrogela, lepila ter lesnega oz. papirnatega mulča. Nanos je v debel od 0,5 do 2 cm. Sanacija se izvaja v jesenskem ali spomladanskem času, saj je zelo pomembna vlažnost terena. Z njo je teren hitro zavarovan, omogoča boljše kaljenje semen in hitro tvorbo gostega koreninskega sistema.

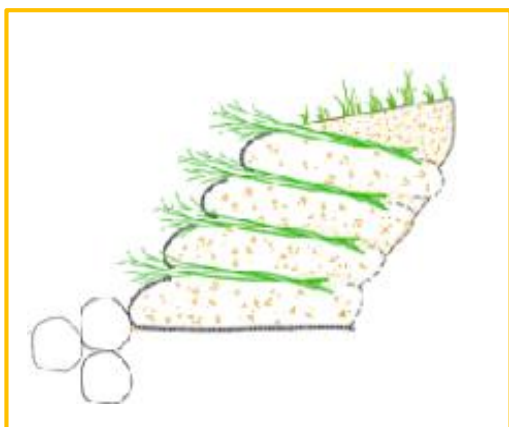
**Plotovi** imajo funkcijo odbijačev toka. Postavijo se lahko živi ali inertni iz protja in količkov. Plot se razporedi vodoravno ali diagonalno na brežino.



Slika 53: Plotovi v Krajinskem parku Sečoveljske soline  
Vir: Lasten

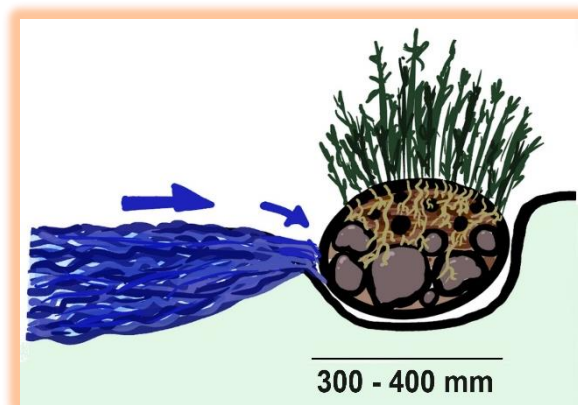


**Mreže iz kokosa in jute** so okolju prijazne, saj so razgradljive. Predstavljajo podlago za rastline. Njihova postavitvev je hitra in lahka. Potrebno jih je učvrstiti z zasidraniimi elementi. Včasih je potrebno čeznje namestiti še mrežo iz žičnega prepleta.



Sliki 54 in 55: Geotekstil s potaknjenci – levo skica, desno v naravi  
Vir: Zakotnik 2015, 4 (levo); lasten (desno)

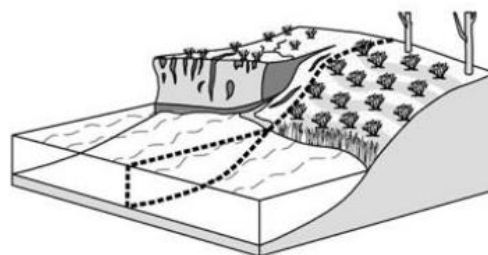
**Zvitki iz geotekstila** so valjasto oblikovane strukture iz kokosovih vlaken, ki varujejo potaknjence na brežini.



Sliki 56 in 57: Zvitki iz geotekstila: levo v naravi, desno skica  
Vir: Zakotnik 2015, 4 (levo); lasten (desno)

**Preoblikovanje naklonov** je metoda, s katero zmanjšamo ali pa povečamo naklon brežine. Pri tem je obvezna analiza stabilnosti brežin.

Še en zelo pomemben element v naravi je **strma rečna brežina**. V Sloveniji namenoma ne spreminjamo naklona brežine, kjer so si ustvarile dom ogrožene vrste ptic: vodomec, povodni kos in breguljka.



Slika 58: Spreminjanje naklona brežin  
Vir: Zakotnik 2015, 3



vodomec (1)



povodni kos (2)



breguljka (3)

Slike 59, 60, 61: Obvodne ptice  
Vir: Shutterstock 2003-2024a

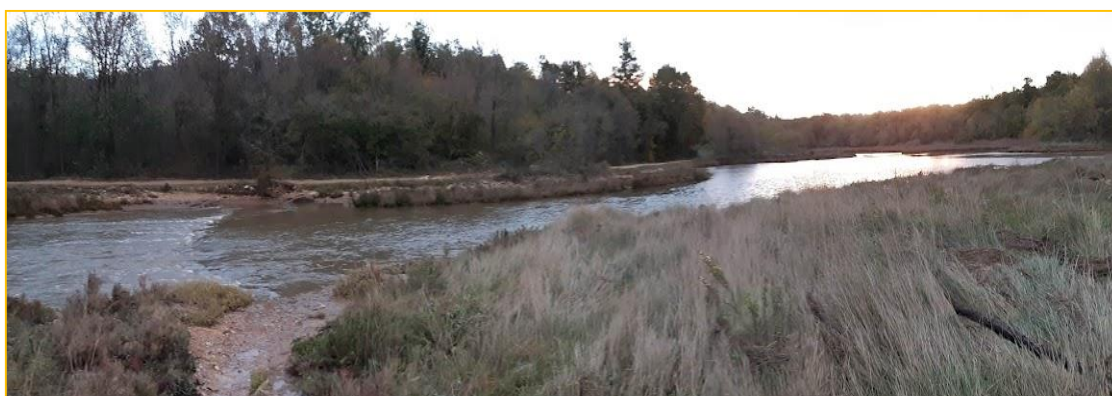
### 3.3.3 Posegi izven struge

**Stranski rokav** zadržuje vodo in ob visokih vodah razbremenjuje glavno strugo. Zaradi upočasnjenega toka prihaja do sedimentacije, ustvarijo se novi habitati in širi se meja namočenosti zemlje.

**Mrtvice** so ostanek nekdanje rečne struge, ki so se spremenile v element stoječe vode. Ob visokem vodostaju se lahko rečna struga spoji z mrtvico in tako prinese svežo vodo s svojim bogastvom. Poleg človekovega obremenjevanja ogroža mrtvice tudi sukcesija. Ta bogat habitat skriva v sebi redke rastlinske vrste (vodna škarjica, plavajoči plavček, rumeni blatnik, južna mešinka ...) in pestrost živalskih vrst (kačji pastirji, dvoživke, hrošči kozaki, vodni pajki ...).

**Mokrišče** je prehod med vodnim in kopenskim okoljem (barje, močvirje, šotišče, soline ...) in ima velik

- gospodarski pomen (zbiralnik vode, vir pitne vode),
- družbeni pomen (estetski element) ter
- ekološki pomen (samočistilna sposobnost, številni habitati, blaženje klimatskih sprememb).



Slika 62: Polslano mokrišče  
Vir: Lasten

**Melioracijski jarek** je značilen predvsem na barju, saj ga ljudje uporabljajo za odvodnjavanje. Izkop v obliki črke u vodi omogoča pronicanje v strugo iz okoliških sistemov, nato pa voda hitro odteče. Tako se nivo podzemne vode zniža, kar olajša kmetovanje na vlažnih tleh. Jarek je močno podvržen sukcesiji, zato so redna vzdrževalna dela nujno potrebna. Če se vanj ne stekajo pesticidi in umetna gnojila, melioracijski jarek predstavlja pester habitat.



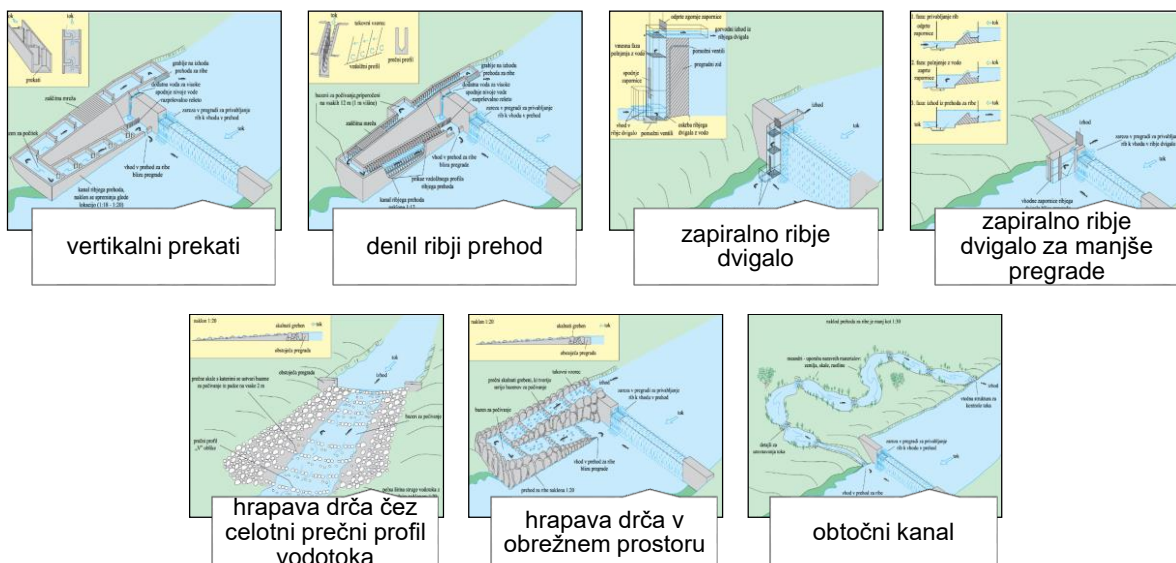
Slika 63: Melioracijski jarek na barju  
Vir: Lasten

Naslednji ukrep so **obtočni kanali**. Gre za stransko strugo oziroma kanal ob strugi reke, ki povezuje del pred in za pregrado. Pri tem se simulira naravno stanje ter omogoča prehod vodnim organizmom.



Slika 64: Ribji prehod okoli akumulacijskega jezera  
Vir: Lasten

**Ribji prehodi** so novejši elementi, ki jih je potrebno postaviti ob vsaki pregradi, ki onemogoča migracijo organizmov. Lahko so betonski, kamniti ali leseni. Po obliki pa jih delimo na vertikalne prekate, denil ribje prehode, zapiralna ribja dvigala, dvigala za manjše pregrade, hrpave drče čez vodotok ali v obrežnem prostoru in obtočne kanale.



Slike 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71: Ribji prehodi  
Vir: Thomcraft, Harris 2000, 9, 11, 12, 14, 15

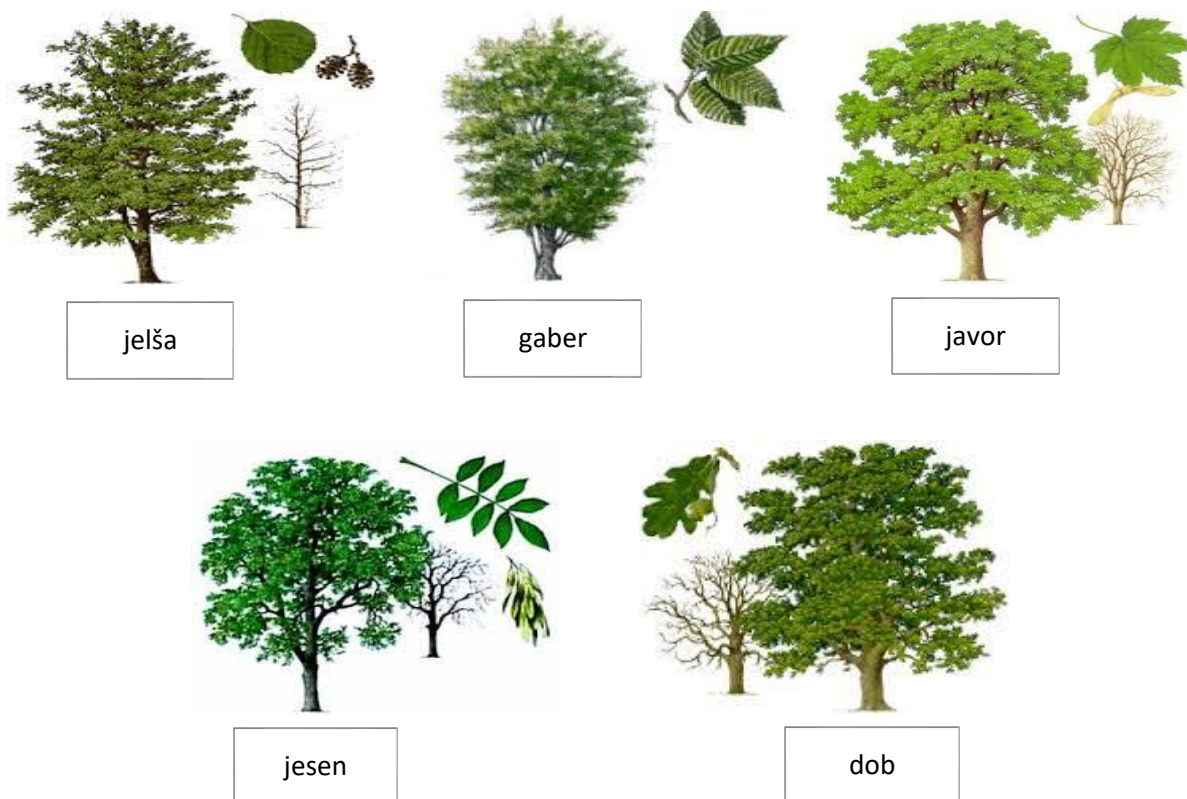


**Obrečna vegetacija** je prehoden pas med vodnim in kopenskim ekosistemom, običajno širok med 10 in 30 m. Obrežni pas odigra pomembno vlogo pri zagotavljanju ekološkega zdravja vodnega telesa in ohranjanju biotske raznovrstnosti. Med drugim utrjuje bregove, zadržuje vodo v tleh, lovi površinski tok z nečistočami, preprečuje čezmerno segrevanje vodne gladine ...

Če se izvede umetna zasaditev zaradi hitrega preprečevanja erozije, potem se izbirajo avtohtone in samonikle vrste rastlin.

Če je vegetacija reguliranih vodotokov osiromašena, ker manjka lesnih rastlin, lahko v prostor vnesemo **kordonsko zasaditev**. Gre za zasaditev avtohtonih in samoniklih drevesnih ali grmovnih vrst v liniji, ki je vzporedna z vodotokom.

Pri tem sta pomembni gostota in velikost obrečne vegetacije. Prav tako morajo imeti rastline velik tolerančni prag in dobre prilagoditvene sposobnosti na abiotске dejavnike.



Slike 72, 73, 74, 75, 76: Drevesne vrste  
Vir: Velikanje 2001



črni trn (1)



navadni glog (2)



leska (3)



trdoleska (4)



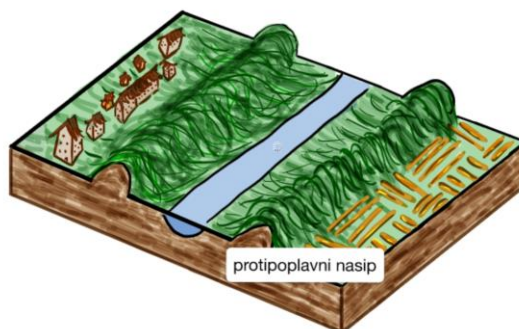
brogovita (5)



kalina (6)

Slike 77, 78, 79, 80, 81, 82: Grmovne vrste  
Vir: Shutterstock 2003–2024b

**Protipoplavni nasip** omejuje območje poplav. Reka mora imeti poplavno ravnico, ki pa se jo lahko omeji.



Slika 83: Maketa protipoplavnega nasipa  
Vir: Lasten

**Suhozidna gradnja** je element kulturne dediščine, ki so jo včasih uporabljali predvsem na Primorskem, kjer je bilo obilo kamenja. Gradnja je potekala brez vezivnega materiala. Zato so se med gradniki pojavili prostorčki, ki so jih kolonizirale živalske in rastlinske vrste.



Slika 84: Suhozidna gradnja  
Vir: Lasten

## 4 REMEDIACIJE TAL

V Zakonu o varstvu okolja je predpisan monitoring stanja okolja, ki med drugim obsega tudi spremljanje in nadzorovanje tal.

Tla so za človekov obstoj eden izmed najpomembnejših naravnih neobnovljivih virov. Tla omogočajo ohranjanje atmosfere in rast vegetacije, pri čemer se del sončne energije pretvarja v biomaso. Človek jih s svojimi dejavnostmi spreminja in s tem škodljivo vpliva na tla. Največ negativnih vplivov na tla povzročajo:

- neustrezne agronomske prakse (gnojila, pesticidi, gnojevka, odpadne vode),
- metalurška industrija (rudarstvo, talilništvo, obdelava kovin),
- proizvodnja energije (osvinčeno gorivo, proizvodnja baterij in akumulatorjev, elektrarne) in
- neustrezno odlaganje odpadkov.

Tla so tako izpostavljena številnim procesom **degradacije** in različnim **nevarnostim**, kot so: erozija tal, zmanjševanje količine organskih snovi, onesnaževanje, pozidava, zbitost tal, zmanjševanje biotske raznovrstnosti, zasoljevanje, poplave, zemeljski usadi ...

V tla se tako vnašajo

- **organska** (pesticidi, ogljikovodiki, ki izvirajo iz nafte – olja) in
- anorganska (kovine) onesnažila.

O onesnaženih tleh govorimo takrat, kadar vsebujejo toliko škodljivih snovi, da se zmanjša njihova samočistilna sposobnost. Poslabšajo se njihove fizikalne, kemijske in biotske lastnosti, rast rastlin je zavrta ali celo preprečena. Splošna rodovitnost tal je prizadeta, hkrati pa onesnaženje vpliva na slabšo kakovost podtalnice. Tako se tlom zmanjša sposobnost, da opravljajo številne ekološke funkcije, kot so:

- puferska in blažilna vloga,
- medij filtriranja,
- razgradnja in kroženje elementov (biogeokemijsko kroženje elementov, mineralizacija snovi, produkcija in adsorpcija plinov, adsorpcija in razgradnja onesnaževal) in
- vloga rezervoarja genov (medij za rast mikroorganizmov, habitat za živali, medij za rast rastlin).

Onesnažena tla je zato potrebno **remediirati** – pretvoriti kovine v tleh v neškodljive oblike ali jih iz tal odstraniti. Remediacija je postopek, s katerim sanirano okolje naredimo spet varno.

Izbira metode je odvisna od:

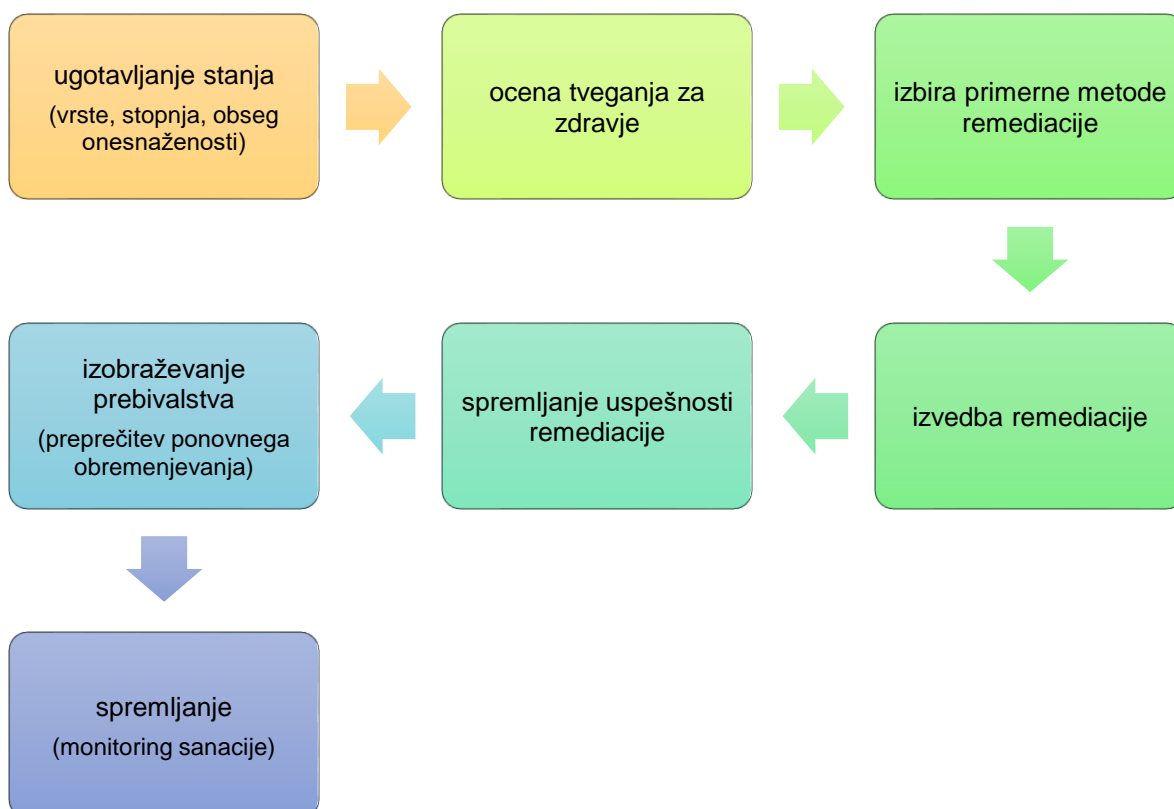
- lastnosti onesnaževal: koncentracija in vrsta onesnaževal,

- dostopnosti onesnaževal: mobilnost,
- lastnosti tal: raba zemljišča,
- razpoložljivosti finančnih in tehničnih možnosti: zahtevnost čiščenja.

Čiščenje lahko poteka na mestu onesnaženja (*in situ metode*) ali pa onesnažena tla izkopljemo in šele nato začnemo postopek čiščenja (*ex situ metode*) na drugem mestu.

Sanacija okolja poteka po korakih: ugotavljanje stanja, ocena tveganja, izbira primerne metode, izobraževanje prebivalstva, spremljanje uspešnosti, izvedba, spremljanje.

Shema 4: Sanacija okolja po korakih

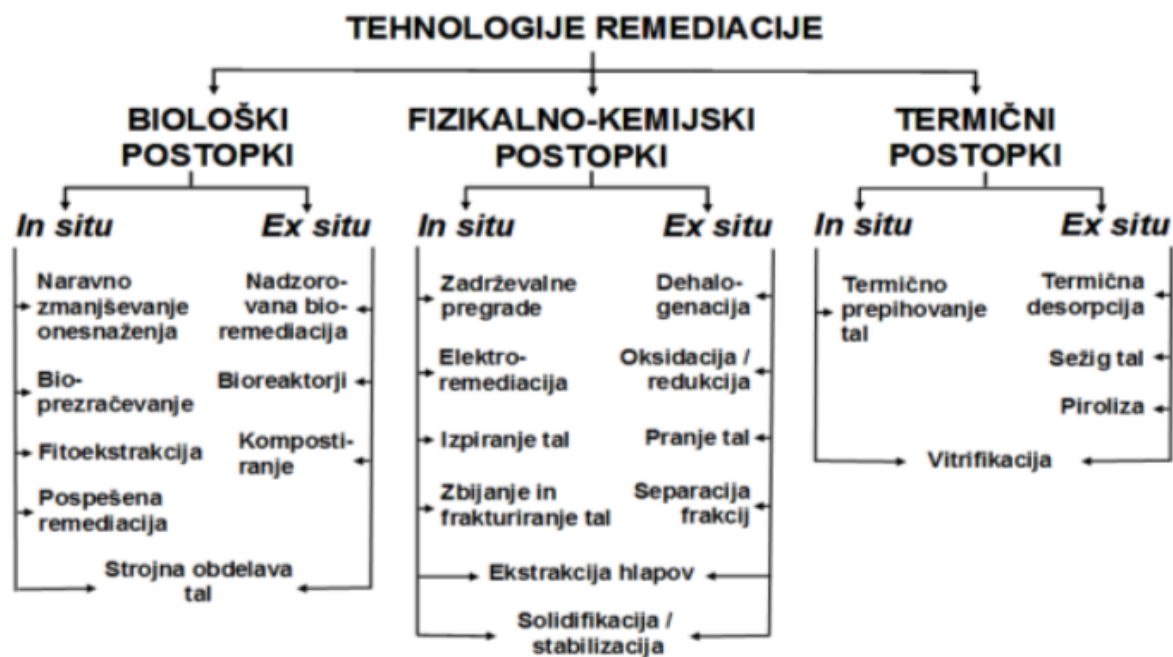


V grobem metode čiščenja delimo v dve skupini:

- metode, ki onesnaževala odstranijo iz okolja,
- metode, ki onesnaževala z imobilizacijo nepovratno spremenijo v nemobilno obliko.

Remediacije delimo glede na vrsto postopka, ki ga bomo izbrali, na biološke, fizikalno-kemijske in termične.

Shema 5: Tehnologije remediacij



Vir: Romih, Grabner, Ribič Lasnik b. l., 5; Šanca 2015, 21

Med ekoremediacijskimi pristopi za reševanje problematike onesnaženih tal prevladujeta dve metodi – **bioremediacija** ter **fitoremediacija**.

#### 4.1 FIZIKALNO-KEMIJSKI POSTOPKI

Za določitev izvedljivosti določenega postopka čiščenja tal so potrebni preizkusi izvedljivosti. Preveriti je potrebno karakterizacijo tal in karakterizacijo onesnaževal.

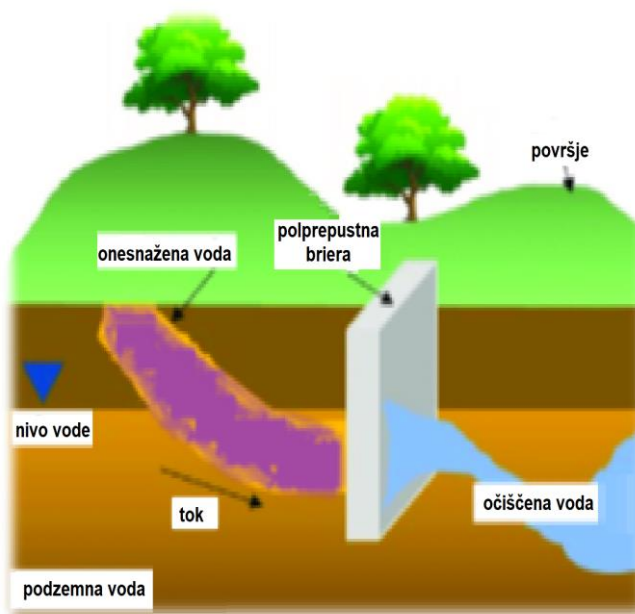
Tabela 16: Karakterizacija tal in onesnaževal

Karakterizacija tal	Karakterizacija onesnaževal
<ul style="list-style-type: none"> <li>• prepustnost tal</li> <li>• struktura tal</li> <li>• tekstura tal</li> <li>• poroznost tal</li> <li>• vsebnost vlage</li> <li>• skupni organski ogljik (toc)</li> <li>• zmogljivost izmenjave kationov (cec)</li> <li>• pH in</li> <li>• puferska sposobnost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• koncentracija onesnaževal</li> <li>• topnost</li> <li>• porazdelitveni koeficient</li> <li>• potencial zmanjšanja in</li> <li>• stabilnost onesnaževal</li> </ul>



### 4.1.1 Zadrževalne pregrade

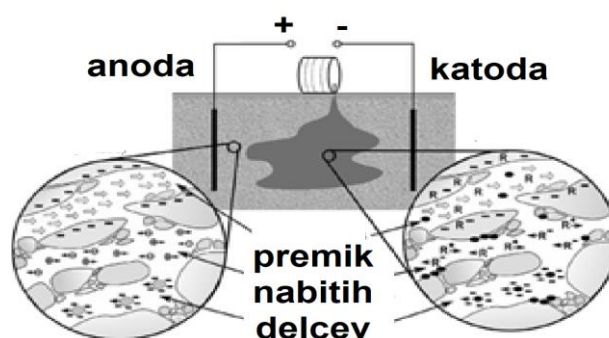
Podzemne vode so že precej onesnažene zaradi človekovega delovanja in aktivne pregrade so učinkovit sistem *in situ* cone. Namenjene so preprečevanju in sanaciji oblaka onesnaževal podtalnice. Za učinkovitost in pravilno zasnovo tovrstnih barier je zelo pomembno modeliranje pretoka podzemne vode in prenosa topljencev.



Slika 85: Bariere  
Vir: Sales da Silva idr. 2020, 7

### 4.1.2 Elektroremediacija

Elektroremediacija je fizikalno-kemijski proces, ki deluje po principu galvanskega člana (anoda in katoda). Vodikovi ioni, proizvedeni na anodi, služijo kot darovalci elektronov, kar pripomore k razgradnji toksičnih snovi (oksidacija).



Slika 86: Elektroremediacija  
Vir: Gill idr. 2014

S to metodo se odstranjuje aromatične spojine (toluen, benzen, naftalin). Postopek se uporablja v podtalnici in v vodotokih. V zemlji pa se jo uporablja predvsem za preprečevanje širjenja onesnažil, kot sta npr. svinec in baker.

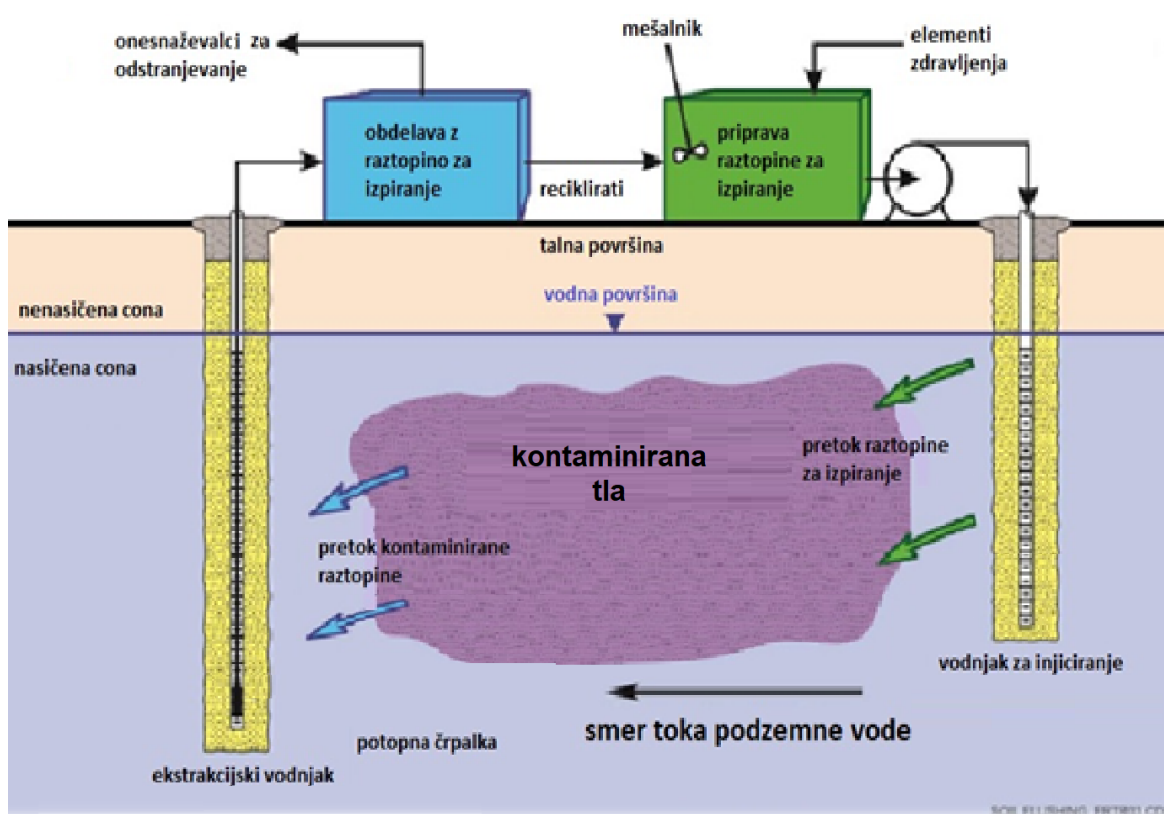
### 4.1.3 *In situ* izpiranje tal – soil flushing

Izpiranje tal je *in situ* tehnologija, ki je močno odvisna od teksture tal. Idealna so homogena grobo zrnata tla. Za obdelavo onesnaženih medijev naj bi potrebovala tedne do enega leta ali več (odvisno od vrste onesnažila). Izpiranje tal je preizkušena tehnologija. Preden je ta metoda izbrana, je običajno treba opraviti laboratorijske in terenske študije v posebnih pogojih.



Izvede se z vbrizgavanjem ali infiltracijo vode z dodatkom, ki povečuje topnost onesnaževal, npr. voda in mešanica organskega topila, kot so alkohol, površinsko aktivna snov, kislina ali baza. Zmes topila se običajno vbrizga na eni strani, topilo z raztopljenimi nečistočami pa se črpa na drugi strani. Pri tem je zelo pomembno, da sistem to dopušča. Ujeto tekočino se obdela tako, da se lahko topilo ponovno uporabi v postopku, nečistoče pa se varno odstranijo na deponije ali sežigalnice.

Tehnologijo lahko uporabimo za obdelavo goriv in pesticidov, vendar je stroškovno manj učinkovita kot alternativne tehnologije. Raztopina za izpiranje lahko celo spremeni fizikalno-kemijske lastnosti talnega sistema.



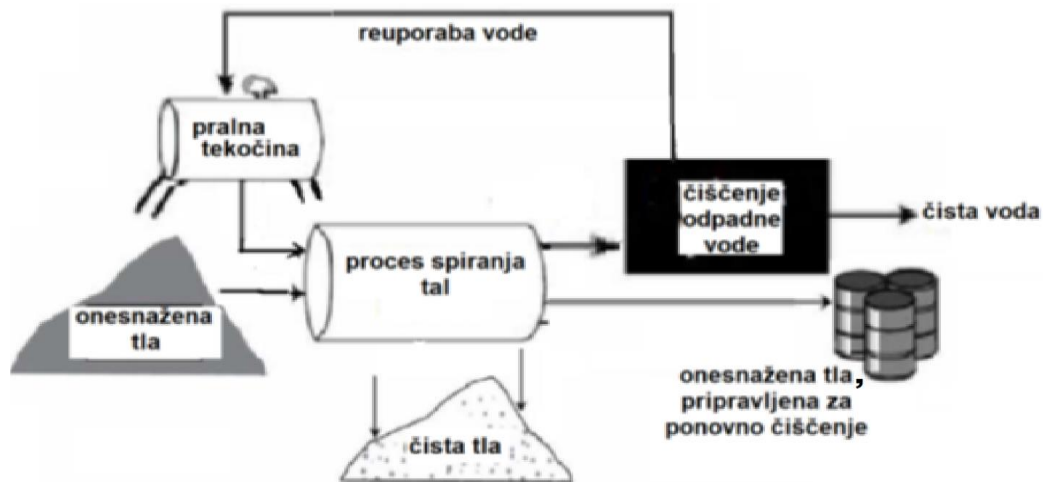
Slika 87: In situ izpiranje tal  
Vir: Soil Flushing b. I.

#### 4.1.4 Ex situ spiranje tal – soil washing

Gre za *ex situ* metodo, kjer onesnažena tla prenesemo v industrijski obrat za spiranje tal. Onesnaževala se namreč vežejo na delce glin, mulja in na organske komponente. Zato v prvi fazi ločijo delce gramoza in peska s presejanjem od ostalih kontaminiranih komponent. Ta del se lahko vrne v naravo, organski delci pa morajo v sežig ali kompost. V drugi fazi se spira onesnaženo zemljinno s pralno tekočino. Prihaja do desorpcije ali raztapljanja.

Glede na kompleksnost onesnaževal se pripravi ustrezna pralna tekočina, ki vsebuje različne reagentne. Včasih je potrebno postopek večkrat ponoviti. Po spiranju je potrebno

delovno tekočino odstraniti ali očistiti (nevtralizacija, obdelovanje z aktivnim ogljem, ionska izmenjava, sedimentacija ali obarjanje).

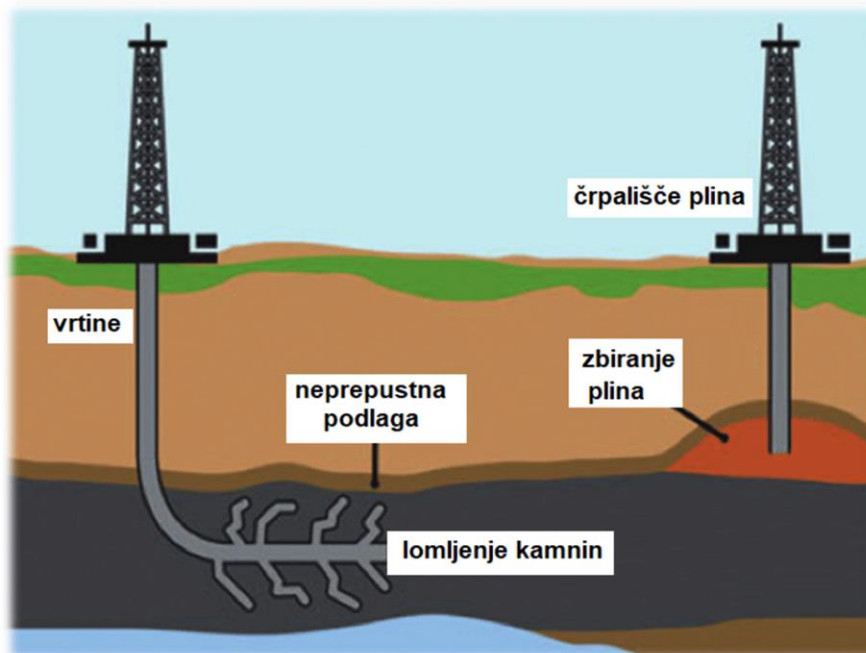


Slika 88: Ex situ spiranje tal  
Vir: Dadrasnia, Shahsavari, Emenike 2013, 75

#### 4.1.5 Zbiranje in frakturiranje tal

Za pridobivanje plinov iz tal podjetja vrtajo vrtine na velikih razdaljah. Nato se vbrizgava vodo, pesek in kemikalije, ki zdrobijo kamnino, kar omogoči uhajanje plina.

Z okoljevarstvenega vidika je to metoda, ki je vedno bolj sporna. Trenutna slovenska zakonodaja preprečuje tovrstno početje.

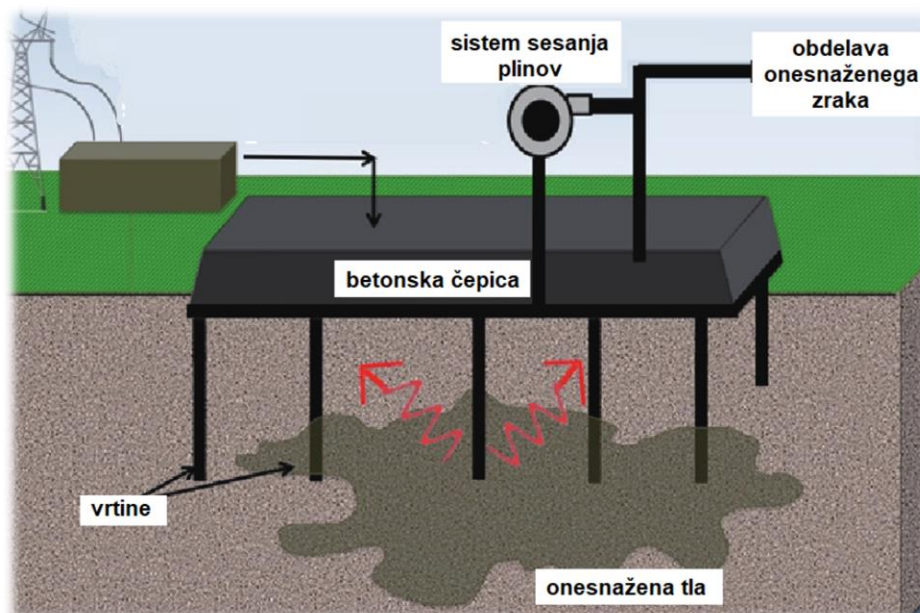


Slika 89: Frakturiranje tal  
Vir: Clerici, Alimonti 2015, 4

#### 4.1.6 Ekstrakcija hlapov

*In situ* metoda temelji na lovljenju hlapov iz kontaminiranih tal tako, da se postavi na kritično območje betonsko konstrukcijo, ki preprečuje nekontrolirano uhajanje strupenih plinov iz tal.

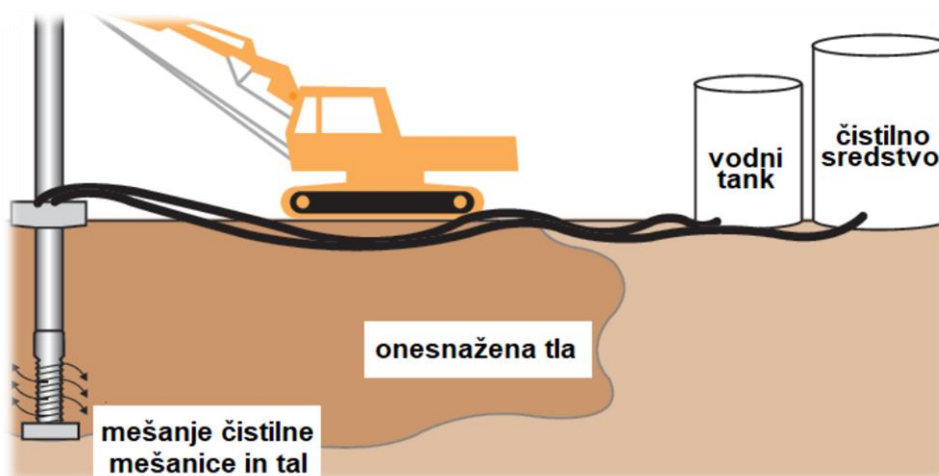
V tla se zvrta več vrtin, eno za vpihovanje, druge pa za zbiranje plinov, po katerih se jih vodi skozi čistilne sisteme. Metoda je primerna zgolj za prepustne podlage.



Slika 90: Ekstrakcija plinov  
Vir: Vidonish idr. 2016, 430

#### 4.1.7 Solidifikacija ali stabilizacija

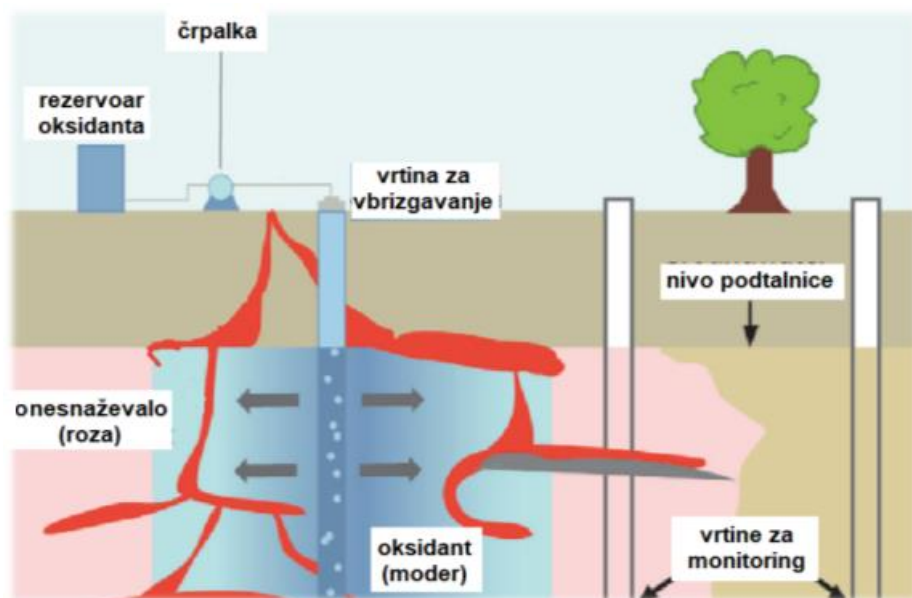
Gre za *in situ* metodo, kjer se v tla vbrizgajo materiali, kot so naravni in sintetični alumosilikati (glineni, mineralni, zeoliti), fosfati, cement, apno ali različni sulfidi. To so aditivi, ki uspešno imobilizirajo onesnaževala v tleh. Tako na primer zeolit zmanjšuje mobilnost kovin s spreminjanjem pH vrednosti. Biodostopnost je močno zmanjšana.



Slika 91: Solidifikacija  
Vir: Yin idr. 2006,24

#### 4.1.8 Oksidacija in redukcija onesnaževal

Kemijska oksidacija je *in situ* metoda sanacije tal ali podtalnice z vbrizgavanjem močnih kemičnih oksidantov na mesto onesnaženosti. Uporablja se lahko za sanacijo različnih organskih spojin, vključno z nekaterimi, ki so odporne na naravno razgradnjo.



Slika 92: Postopek oksidacije onesnaženih tal  
Vir: Spruit, Lantigua Cuni 2015

Pri tem se uporabljajo naslednja sredstva: permanganat, Fentonov reagent, persulfat, ozon.

- **Permanganat** se uporablja za sanacijo podtalnice v obliki kalijevega ( $\text{KMnO}_4$ ) ali natrijevega ( $\text{NaMnO}_4$ ) permanganata. Obe spojini imata enake oksidacijske sposobnosti in podobno reagirata na onesnaževala.
- **Fentonov reagent** (vodikov peroksid, kataliziran z železom) in kalijev permanganat sta oksidanta, ki se uporabljata najdlje. Vodikov peroksid je bil prvič uporabljen leta 1985 za zdravljenje razlitja formaldehida v sadovnjakih v Springfieldu. Kasneje so ga uporabili še na tleh z benzenom in toluenom.
- **Persulfat** je novejši oksidant v obliki peroksodisulfata ali peroksidisulfata. Uporabljajo ga predvsem za sanacijo podtalnice.
- **Ozon** ( $\text{O}_3$ ) je močan oksidant.

Metoda ni popolna, saj lahko pri oksidaciji pušča stranske škodljive produkte.

#### 4.2 TERMIČNI POSTOPKI

Pri teh metodah se moramo zavedati, da bomo umorili vsa živa bitja, ki so v zemlji (bakterije, arheje, glive, praživali ...), ki bi morda s kakšno drugo metodo lahko preživela. Uporabo teh metod pogojeta čas in prostor.

## 4.2.1 Vitrifikacija

Vitrifikacija (latinsko vitreo – steklo) je metoda čiščenja tal s spremembo onesnaževal iz običajne strukture (npr. kristalne) v steklo (nekristalinična amorfnost). Na ta način onesnaževala odstranimo oz. jih skladiščimo v manj nevarni obliki. Vitrifikacija je torej metoda, s pomočjo katere nevarne snovi spremenimo v manj nevarno stabilno steklo in kot take lahko ostanejo zelo dolgo, npr. radioaktivni odpadki.



Slika 93: Vitrifikacija  
Vir: Vidonish idr. 2016, 430

Metoda temelji na močnem segrevanju (na 1600 – 2000 °C) onesnaženega materiala do stopnje, da se onesnaževalo najprej utekočini in nato pri hitrem hlajenju postekleni in nastane trdna snov. To dosežemo tako, da v zemljo namestimo elektrode z močno električno napetostjo. Zaradi visoke električne napetosti se zemlja močno segreje, kar povzroči taljenje onesnaževal. Pretvorijo se v stekleno snov - zastekljevanje tal. Pride lahko do izhlapevanja onesnaževal (npr. živo srebro ...). Hlape je potrebno zajeti in jih nadalje obdelati ter odstraniti.

Vitrifikacijo izvajamo na suhih tleh. Postopek je otežen, če:

- je potrebno tla predhodno izsušiti,
- so onesnaževala pregloboko v tleh,
- imajo tla preveč zračnih prostorov, kar otežuje prevajanje toplote.

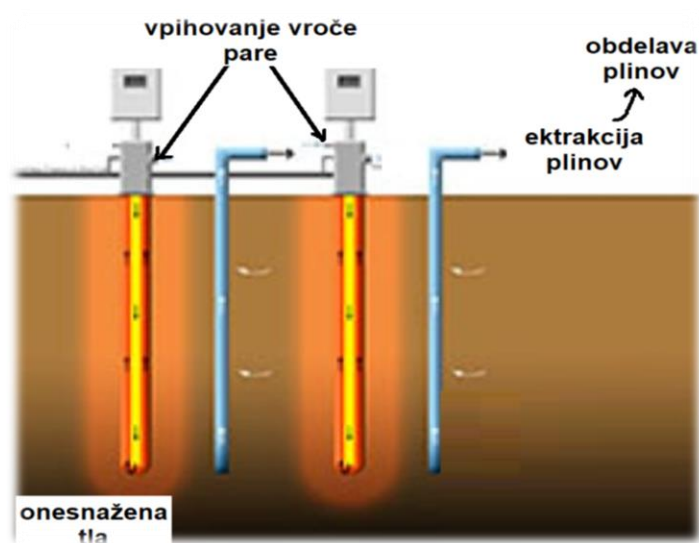
S postopkom vitrifkacije se odstranjujejo predvsem nevarne snovi: radioaktivne snovi, organske onesnaževalce in težke kovine.



## 4.2.2 Termično prepihovanje tal

Prezračevanje tal je *in situ* tehnika za sanacijo tal, kjer se tla prepihava s paro hlapnih organskih spojin. Sistem deluje tako, da spremeni trdna in tekoča onesnaževala v plinsko obliko. Ekstrakcijo teh hlapov iz tal imenujemo odzračevanje tal ali vakuumška ekstrakcija. Te onesnažene pline se zbira v posebnih ekstrakcijskih vrtinah, ki vodijo v nadzemne sisteme, kjer se obdelajo v manj nevarne komponente. Vrsta obdelave je odvisna od vrste onesnaževala, koncentracije v odpadnem plinu, pretoka in ekonomske učinkovitosti. Običajno se uporablja toplotno uničenje, absorpcijo z aktivnem ogljem, biofiltracijo ali kondenzacijo hlapov.

Na pretok onesnaževal vplivata vlaga v tleh in podzemna heterogenost (mešanica materialov z visoko in nizko prepustnostjo). Kljub temu gre za dobro dokazano in zrelo metodo za uporabo pri sanaciji kontaminiranih tal z relativno enostavno tehniko in standardizirano opremo (vrtine, vpihovalniki, obdelava hlapov ...).



Slika 94: Termično prepihovanje tal  
Vir: GEO Environmental Remediation Company b. l.

## 4.2.3 Sežig tal

Sežig tal spada pod *in situ* termično remediacijo, kjer se s pomočjo ognja (visoka temperatura) odstranijo nečistoče (npr. organske snovi) iz zgornjega dela tal. Pri tem ostanejo gola kislja tla.

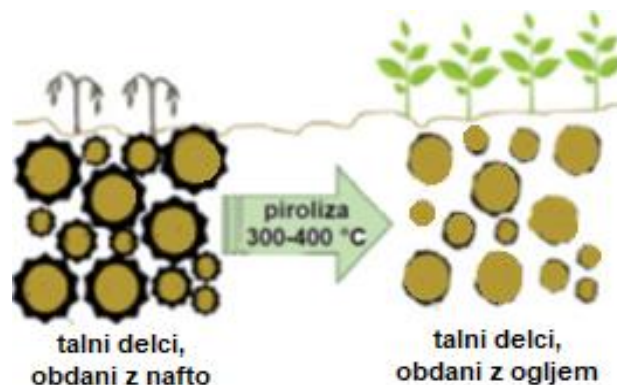
Sežig tal ni najboljša metoda za sanacijo okolja, saj propadejo tudi koristne rastlinske/živalske vrste. Zato se sežig tal uporablja:

- ko se razraščajo invazivne rastlinske vrste,
- na območju remedijskih rastlin (vrst, ki so bile uporabljene za vsrkanje onesnažil iz tal),
- na območju, ki je okuženo z nevarno in prenosljivo boleznijo,
- spomladi za obnovitev neobdelanih in nerodovitnih tal.



#### 4.2.4 Proliza

Proliza je ena od vrst termičnih procesov razgradnje, ki izkorišča učinek visokih temperatur (nad vreliščem vode ali drugih topil). Ekstremna proliza se imenuje karbonizacija, saj po končanem postopku ostaja ogljik. V obeh primerih gre za spremembo kemične sestave tal.



Slika 95: Proliza  
Vir: Kang idr. 2020

Najpogosteje se jo uporablja pri odstranjevanju organskih snovi (olja, nafte ...), pri čemer nastanejo ogljikovi ostanki. Deluje na principu segrevanja materiala nad temperaturo razgradnje, pri čemer se prekinejo kemične vezi v njegovih molekulah. V mnogih okoljih so lahko prisotni kisik, voda ali druge snovi, tako da poleg prolize lahko pride do zgorevanja, hidrolize ali drugih kemičnih procesov.

#### 4.3 BIOREMEDIACIJE

**Bioremediacija** je metoda sanacije onesnaženih tal, ki vsebujejo **organsko** razgradljiva onesnaževala. Metoda obsega razgradnjo, pretvorbo in imobilizacijo onesnaževal v tleh s pomočjo **mikroorganizmov**, bakterij in gliv ter zelenih rastlin in njihovih encimov. Mikroorganizmi in zelene rastline imajo zmožnost, da delno ali pa popolnoma razgradijo onesnaževala.

V postopku bioremediacije se poskuša zagotoviti okoljske razmere, s katerimi se pospeši delovanje tistih mikroorganizmov, ki so potrebni za odstranitev posameznega onesnaževala.

Čiščenje lahko poteka na mestu onesnaženja (*in situ* tehnika). V tem primeru se mikroorganizmom pomaga z rahljanjem tal, vpihovanjem zraka, črpanjem vode, dodajanjem hranil in sredstev za uravnavanje kislosti itd. V primeru močno onesnaženih tal s strupenimi snovmi ter za odstranjevanje visoko hlapnih onesnaževal se uporablja *ex situ* tehnika, ki je primerna za manjše količine zemljine. V postopku je predviden izkop.

Prednosti bioremediacije so v tem, da:

- je metoda cenejša kot nekatere druge metode,
- se lahko izvaja na mestu onesnaženja (*in situ*) in
- se onesnaževala teoretično lahko s pomočjo bioremediacijskih postopkov razgradijo v neškodljivi CO<sub>2</sub> in vodo.

Pomanjkljivost bioremediacije je v tem, da razgradnja strupenih snovi pogosto ni popolna.

Bioremediacije delimo na *in situ* in *ex situ*.

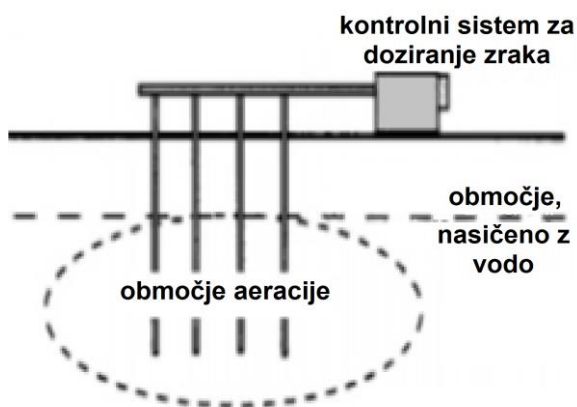
Tabela 17: Delitev bioremediacije

<b><i>In situ</i></b>	<b><i>Ex situ</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•biostimulacija</li> <li>•biovpihovanje</li> <li>•bioavgmentacija</li> <li>•naravno slabljenje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•zaščitno kmetovanje</li> <li>•zaščitno kompostiranje</li> <li>•bioreaktor</li> </ul>

### 4.3.1 Biovpihovanje – biosparging

Gre za *in situ* tehniko, kjer se vpihuje plin (kisik ali mešanico zraka) v kontaminirana tla. Z vpihovanjem plina se spodbuja rast in delovanje avtohtonih mikroorganizmov (npr. *Pseudomonas*).

Tovrstna metoda je primerna za tla, ki imajo teksturne razpoke (zrnasta tla), v bližini stavb in kjer ni potrebno hiteti, saj proces zahteva svoj čas.

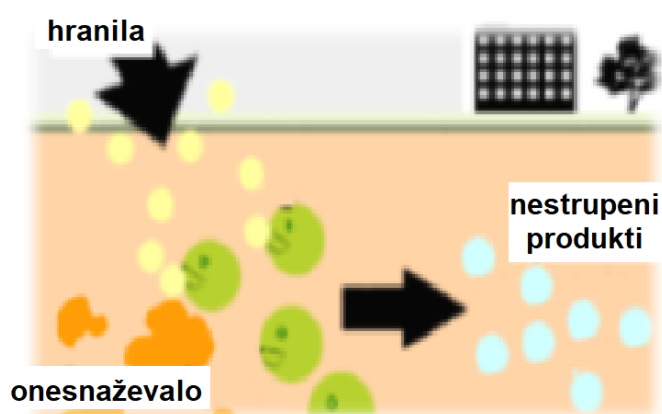


Slika 96: Biovpihovanje  
Vir: In situ techniques 2018–2021

### 4.3.2 Biostimulacija

*In situ* postopek temelji na dodajanju hranil in kisika v kontaminirana tla. S tem se spodbuja delovanje avtohtonih mikroorganizmov (predvsem razkrojevalcev).

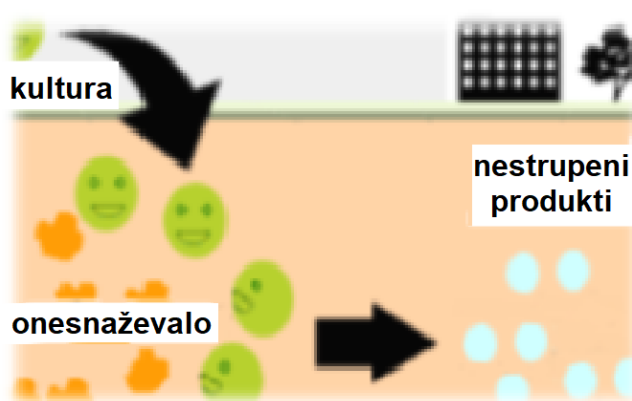
V prvi fazi s hranili stimuliramo hitro namnožitve, ko hrane zmanjka, pa mikroorganizmi začnejo razgrajevati ostale komponente.



Slika 97: Biostimulacija  
Vir: EcoCycle Corporation 2017

### 4.3.3 Bioavgmentacija

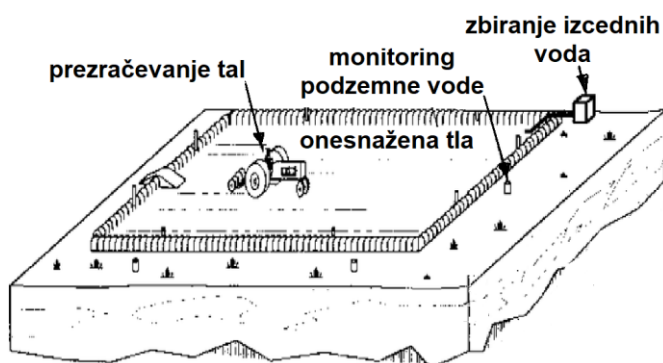
Ko v onesnaženih tleh avtohtoni mikroorganizmi niso sposobni vzpostaviti samočiščenja, takrat se dodajajo specifične vrste mikroorganizmov (**super mikrobi**) skupaj s hranili. Pri tem izrabljamo aklimatizirane ali gensko spremenjene mikroorganizme, ki so odpornejši na stresne situacije.



Slika 98: Bioavgmentacija  
Vir: EcoCycle Corporation 2017

### 4.3.4 Zaščitno kmetovanje

Gre za *ex situ* metodo, kjer se onesnažena tla prestavi na neprepustno podlago. Tam se s preobračanjem zemljine spodbuja zračenje. Tako se stimulira rast avtohtonih mikroorganizmov. S sajenjem ekoremediacijskih rastlin pa se omogoča hitrejšo ekstrakcijo onesnaževal.



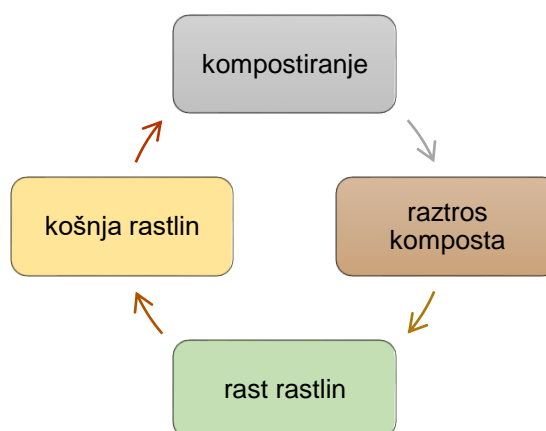
Slika 99: Zaščitno kmetovanje  
Vir: Pavel, Gavrilescu 2008, 819

### 4.3.5 Zaščitno kompostiranje

Rastline iz zemlje počrpajo onesnaževala in jih pretvorjena ali ne- pretvorjena skladiščijo v svojih nadzemnih delih. Po košnji te dele prestavimo na kompost (zaščiten s folijo), kjer dekompozitorji opravijo še preostali del – razgradnjo onesnaževal. Pri tem so izcedne vode speljane v rastlinsko čistilno napravo.

Če želimo učinkovito odstraniti onesnaževala iz tal, moramo včasih večkrat ponoviti krog.

Shema 6: Ponovitev postopka poveča učinkovitost metode

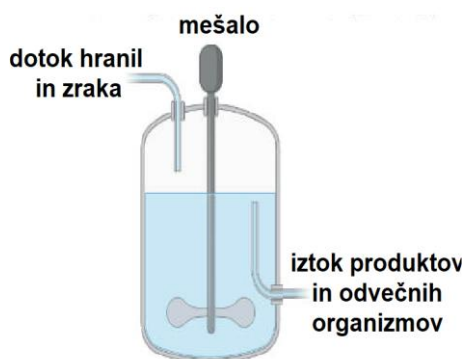


### 4.3.6 Bioreaktor

Bioreaktor je umeten sistem, kjer potekajo biološki procesi. V teh procesih sodelujejo organizmi (mikroorganizmi, celične kulture, encimi, fototrofni organizmi - rastline, alge, fototrofne bakterije), ki jim zagotovijo najboljše razmere, da z njihovo pomočjo dobijo željen rezultat.

Namen bioreaktorja je torej zagotovitev fizikalnih pogojev organizmom, da bodo čim bolj učinkoviti pri biološkem čiščenju. Bioreaktorji s pomočjo denitrifikacijskih bakterij čistijo nitrate. Zaradi njihove učinkovitosti je proces ekonomsko ugoden in glede na okolje najbolj primeren.

Zaradi otežene izmenjave plinov, vode in toplote je takšen bioreaktor v večini primerov težje postaviti.



Slika 100: Bioreaktor  
Vir: Magar 2023

Poznamo več tipov bioreaktorjev:

Tabela 18: Tipi bioreaktorjev

<p>glede na biološki katalizator,</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> encimski</p> <p><input type="checkbox"/> mikrobn</p>	<p>glede na pogoje delovanja,</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> nesterilni (čistilne naprave, komposti)</p> <p><input type="checkbox"/> sterilni (pridelava antibiotikov, encimov, hormonov ...)</p>	<p>glede na prisotnost ali odsotnost kisika,</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> aerobni</p> <p><input type="checkbox"/> anaerobni</p>
<p>glede na velikost,</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> laboratorijski (do 100 l)</p> <p><input type="checkbox"/> polindustrijski (100-1000 l)</p> <p><input type="checkbox"/> industrijski (več kot 1000 l)</p>	<p>glede na način mešanja,</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> mehanski</p> <p><input type="checkbox"/> s črpalko</p>	<p>glede na princip delovanja.</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> šaržerni (zaprt sistem)</p> <p><input type="checkbox"/> kontinuirani (odprt sistem)</p> <p><input type="checkbox"/> polkontinuirani</p>

#### Naloge

1. Kakšne lastnosti morajo imeti onesnažena tla za uporabo fizikalno-kemijskih postopkov remediacije?
2. Zakaj termični postopki niso ekološko sprejemljivi?
3. Navedi nekaj organizmov, ki sodelujejo pri bioremediaciji.
4. Z bencinske črpalke se spirajo tla v okoliški ekosistem. Tam ljudje ne morejo vrtnariti. Predlagaj sanacijo prostora tako, da bodo lahko samooskrbni.

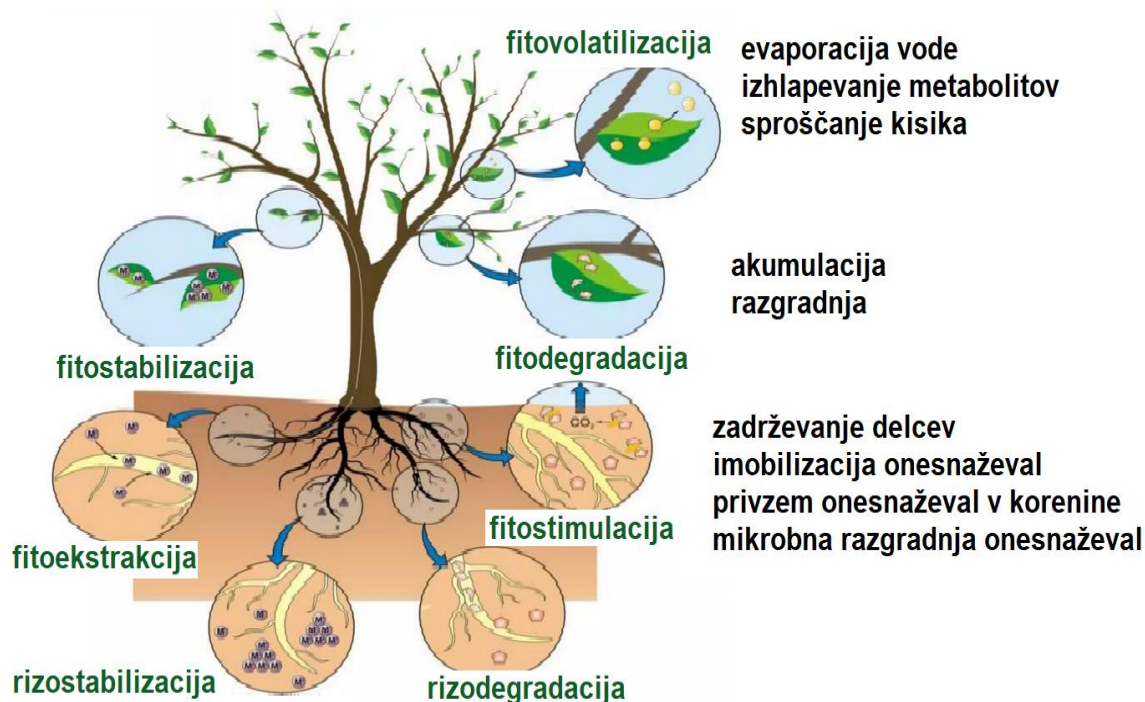
5. Okoljevarstvenik poskuša avtohtone mikroorganizme izkoristiti za razgradnjo onesnaževal v tleh. Katere metode lahko uporabi?
6. Nekateri Primorci spomladi požgejo ledino. Zakaj?
7. Kako se kaže trajnostni pristop pri uporabi fizikalno-kemijskih postopkih?

#### 4.4 FITOREMEDIACIJE

Rastlina izkorišča različne načine, ki ji omogoča rast v kontaminiranih območjih.

- **Fitostimulacija:** rastlina lahko spodbudi okoliške mikroorganizme, da sodelujejo pri razgradnji onesnaževal.
- **Fitoekstrakcija:** rastlina vsrkava onesnaževala preko koreninskega sistema v svoje telo.
- **Fitodegradacija:** določena onesnaževala lahko razgradi v manj nevarna, če razgradnja poteka v koreninah. To imenujemo rizodegradacija.
- **Fitostabilizacija:** določena onesnaževala skladišči v nadzemnih delih (listi, stebela, veje) ali v gomoljih oziroma v koreninah – rizostabilizacija.
- **Fitovolatilizacija:** določena onesnaževala preoblikuje v manj nevarno plinasto obliko, ki lahko uide iz rastline preko listnih rež.

Fitoremediacija je metoda za fiksacijo ali odstranjevanje onesnaževal iz kontaminiranih zemljin ali sedimentov **s pomočjo rastlin** in z njimi povezanih mikroorganizmov. Je uspešna metoda za odstranjevanje organskih onesnaževal in **težkih kovin**.



Slika 101: Fitoremediacija  
Vir: Jagtap 2015

Procesi fitoremediacije so relativno nova tehnologija, ki je še v fazi razvoja. Prvi praktični poskusi so se pričeli okrog leta 1990. Od takrat naprej se uporablja veliko število različnih tehnik, ki dosegajo relativno visok uspeh.

Fitoremediacija ima tako prednosti kot slabosti.

Tabela 19: Prednosti in slabosti fitoremediacije

Prednosti	Slabosti
<ul style="list-style-type: none"> <li>- nizki kapitalni stroški</li> <li>- nizki operativni stroški</li> <li>- trajnostne rešitve</li> <li>- velika estetska vrednost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dolgotrajnost postopka</li> <li>- vezanost na vegetacijsko sezono</li> <li>- uporabno le za zgornje plasti tal</li> </ul>

Znanstveniki še raziskujejo, katere rastline so bolj uspešne pri remediaciji glede na vrsto onesnaževal. Nekaj ugotovitev je zbranih tukaj.

Tabela 20: Rastline glede na vrsto onesnaževal

Sprejem težkih kovin	Kmetijska rastlina
<b>visok sprejem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>solatnice:</b> solata, endivija, radič, motovilec, cikorija, regrat</li> <li>• <b>špinačnice:</b> špinača, blitva, novozelandska špinača</li> <li>• <b>korenovke in gomoljnice:</b> korenček, pastinak, peteršilj, zelena, redkvica, sladki komarček</li> <li>• <b>trajne vrtnine:</b> rabarbara, hren, artičoka, šparglji</li> <li>• <b>zelišča:</b> kamilice, janež, koper ...</li> <li>• <b>vrtna kreša, zelenje repe</b></li> </ul>
<b>zmeren sprejem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>kapusnice:</b> glavni ohrovt, listni ohrovt, brstični ohrovt, zelje, cvetača, brokoli, koleraba, kolerabica, redkev, glavni kitajski kapus, listni kitajski kapus</li> <li>• <b>korenovke in gomoljnice:</b> rdeča pesa, repa, krompir, sladki krompir</li> <li>• <b>čebulnice:</b> čebula, česen, por, drobnjak, šalotka</li> <li>• <b>žita:</b> pšenica, ječmen, rž, oves, tritikala, koruza, proso, sirek</li> <li>• <b>oljna ogrščica</b></li> <li>• <b>jagodičevje:</b> borovnice, ameriške borovnice, brusnice, jagode, robida, aronija, malina, kosmulja, ribez</li> </ul>
<b>nizek sprejem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>stročnice:</b> fižol, grah, bob, soja, leča, čičerika</li> <li>• <b>plodovke:</b> paradižnik, paprika, jajčevc, feferoni, kumare, bučke, buče, melone, lubenice</li> <li>• <b>pečkato sadje:</b> jabolana, hruška, nešplja, kutina, naši</li> <li>• <b>koščičasto sadje:</b> češnja, višnja, sliva, marelica, breskev, nektarina</li> <li>• <b>lupinarji:</b> oreh, leska, kostanj, mandelj</li> <li>• <b>vinska trta</b></li> </ul>



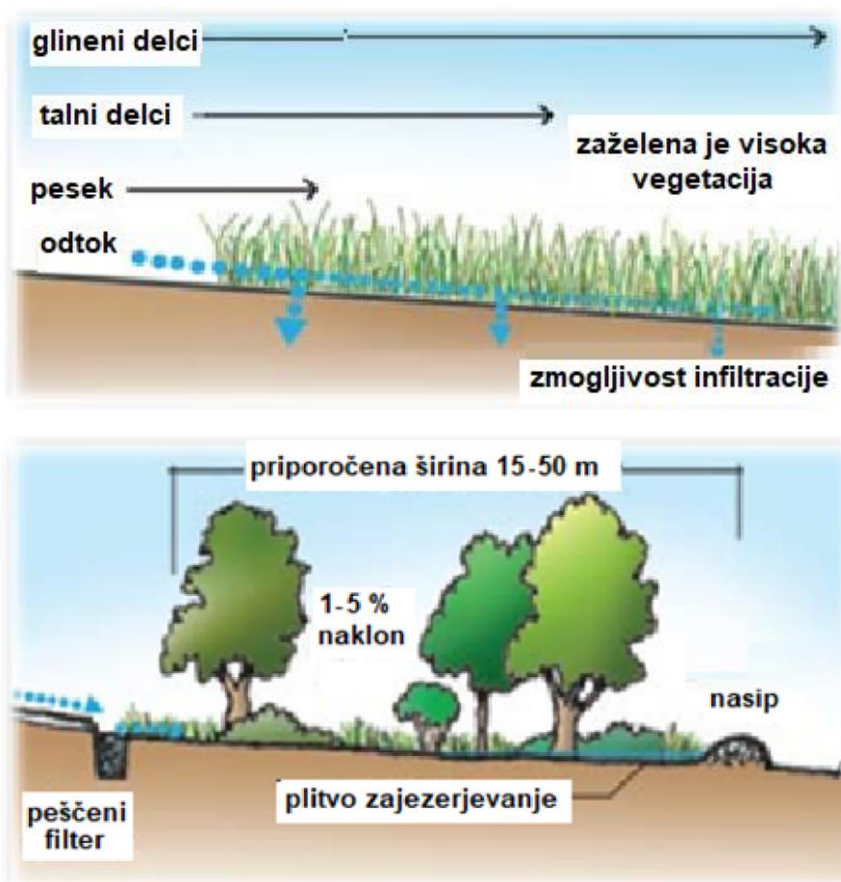
#### 4.4.1 Bionasip (bio bund) in 'rastlinske čepice'

Bionasip je fitoremediacijska tehnika, pri kateri se uporablja nasuto nabrežje, zaraščeno z bogatim rastlinjem (najpogosteje z vrbami). Z njimi se načrtno znižuje hrup s prometnic in hrupnih industrijskih območij. Sekundarna vloga bionasipov pa je zaščita pred prenosom delcev zaradi vetrne erozije. Njegova izgradnja omogoča tudi počasnejše pronicanje onesnaževal v tla.



Slika 102: Bionasip  
Vir: Bentrup 2008, 29

Pri metodi 'rastlinskih čepic' se sadijo rastline, ki preprečujejo vodno erozijo in upočasnijo pronicanje deževnice v tla. Rastlinske čepice izboljšujejo tudi stopnjo biološke razgradljivosti tal in so zato ustrezne za pospeševanje rizodegradacije oz. fitodegradacije.



Sliki 103 in 104: Rastlinska čepica  
Vir: Bentrup 2008, 24, 30

## Naloge

1. Znanstveniki so odkrili okrog 400 vrst rastlin, ki jih lahko uporabimo v procesih fitoremediacije. Katere so najpogosteje uporabljene?
2. Razmislite, kakšno prednost imajo hiperakumulacijske rastline pred ostalimi rastlinami?
3. —Kaj bi najprej svetovali kmetu, ki želi na omenjenem območju saditi kmetijske rastline? Kaj bi mu svetovali pri izboru kmetijskih rastlin?
4. Glede na preglednico *'Razvrstitev kmetijskih rastlin glede na sprejem težkih kovin in akumulacijo težkih kovin'* kmetu predlagajte nabor kmetijskih rastlin, ki bi jih lahko sadil na zmerno onesnaženem območju, in nabor tistih, ki jih nikakor ne priporočate za sajenje.
5. Kaj pa na kritično onesnaženih tleh? Bi kmetu pustili sajenje kmetijskih rastlin?
6. Pri čiščenju onesnaženih tal v postopkih fitoremediacije so najpogosteje uporabljene spodaj našteje vrste. K vsaki napišite onesnažila, ki jih lahko akumulirajo.



gorjušica (1)



hallerjev penušnjek  
(2)



rani mošnjak (3)



grobeljnik (4)



navadna sončnica  
(5)



rumeni topol  
(tulipanovec) (6)



vrbe (7)



topoli (8)



ovčja bilnica (trava)  
(9)



rdeča bilnica (trava)  
(10)



ječmen (11)



lucerna/  
nemška detelja (12)



tobak (13)



oljna buča (14)



vodna hijacinta (15)



mala vodna leča  
(16)

Slike 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120: Ekoremediacijske rastline

Vir: Shutterstock 2003–2024c

7. Najpogosteje se pri odstranjevanju rastlin, uporabljenih pri fitoremediacijah, uporabljata procesa kompostiranja in sežiganja. Kaj je značilno za posamezen postopek?
8. V Mežiški dolini so že uporabili metodo fitoremediacije in sicer fitostabilizacijo. Katero od fitoremediacijskih metod bi še priporočili za omenjeno območje?

9. Kakšne značilnosti so morale imeti rastline, ki so jih uporabili za reševanje problema erozije in zapraševanja v Mežiški dolini?
10. Na območju Žirovskega vrha je vse do leta 1990 obratoval Rudnik urana Žirovski vrh (RUŽV). Katero metodo fitoremediacije bi predlagali, da bi v okolici rudnika odstranili uran iz okoliških vodotokov in podtalnice? Katero rastlino bi uporabili?

#### 4.4.2 Rastlinske čistilne naprave

Človek je ugotovil, da je potrebno odpadne vode (industrijske, kmetijske ali komunalne) prečistiti, preden jih spusti v naravo, saj bi v nasprotnem primeru močno obremenjevale ravnovesje.

S posnemanjem samočistilnih sposobnosti naravnih sistemov (mokrišč) so se v svetu začeli uveljavljati različni sistemi za čiščenje odpadnih vod. Gre za sisteme s prosto vodno površino (čistilne lagune), naravna ali grajena mokrišča s podpovršinskim tokom vode v obliki trstičnih gred ali rastlinskih čistilnih naprav, sisteme z zasajenimi hitrorastočimi lesnimi rastlinami in druge podobne sisteme z zasajenimi rastlinami. Ti sistemi so pomembni zlasti za območja, kjer veliki centralni čistilni sistemi niso dostopna rešitev (previsoke finančne zahteve), za območja razpršene poselitve ter za izredno občutljiva naravna okolja.

Postopki čiščenja, ki se uporabljajo za čiščenje odpadnih voda, se razlikujejo glede na vrsto in količino odpadnih voda ter njihove obremenitve. V vseh primerih pa čistilni procesi po navadi sestavljajo naslednje faze: primarno čiščenje, sekundarno biološko čiščenje in terciarno čiščenje.

- **Primarno čiščenje** je fizikalni ali kemijski postopek, ki vključuje usedanje trdih delcev.
- **Sekundarno biološko čiščenje** je čiščenje s sekundarnim usedanjem z namenom odstranjevanja organskega onesnaženja.
- **Terciarno čiščenje** je odstranjevanje organskih onesnaževal, dušika in fosforja, ki lahko vključuje **mehanski** (usedanje, lovljenje olj, filtriranje ...), **kemični** (vezava na ogljik, obarjanje ...) ali **biološki proces** (mikrobiološka razgradnja) čiščenja.

Rastlinske čistilne naprave (v nadaljevanju RČN) izhajajo iz raziskovanja naravnih **mokrišč** ter zavedanja o njihovih edinstvenih ekoloških funkcijah, zlasti njihovih samočistilnih sposobnostih. Temeljijo na uporabi različnih vrst močvirskih rastlin, mešanic peska ter mikroorganizmov.

RČN predstavlja umetno vzpostavljen sistem, ki je načrtovan in postavljen tako, da omogoča nadzorovane in intenzivne interakcije med rastlinami, mikroorganizmi ter substratom za čiščenje različnih vrst odpadnih voda. Sestavljen je iz prekatnega zadrževalnika, gred, akumulacijskega bazena in kompostne grede.

- **Prekatni zadrževalnik** ali usedalnik zadržuje mulj, da ne zamaši sistema. Odvečni mulj se občasno odstrani v kompostno gredo.

- **Grede, filtrirna, čistilna in polirna**, so med **seboj** povezane. Sistem je izoliran s folijo, napolnjen z različnimi frakcijami peska in zasajenimi močvirskimi rastlinami. Voda se s pomočjo gravitacije pretaka v nadaljnjo fazo čiščenja.
- **Akumulacijski bazen** je zbiralnik vode, kjer se zbira prečiščena voda za nadaljnjo uporabo (za zalivanje, gašenje požarov, gojenje akvakultur ...). Predstavlja tudi lep krajinski element.
- **Kompostna greda** je s folijo zaščitena kompost, kjer se izcedne vode usmerijo v RČN. Namen grede je kompostiranje organskega materiala v biološkem blatu.



Slika 121: Rastlinska čistilna naprava  
Vir: Z naravo 2012; NEP Slovenija b. l.

Pri RČN se najpogosteje uporabljajo bolj porozni substratni materiali in sicer pesek, prodniki ter kamenje najrazličnejših dimenzij. Večja kot je velikost delcev, večji sta poroznost in hidravlična prevodnost substrata, hkrati pa manjši delci ob isti prostornini nudijo več površine za razvoj biofilma, laminarnejši tok vode in enakomernejši razrast koreninskih sistemov. Poleg velikosti delcev so pomembne tudi lastnosti substrata: absorpcija, precipitacija – obarjanje, kapaciteta kationske izmenjave, pH-vrednost.



Slike 122, 123, 124, 125, 126: Močvirske rastline v RČN  
Vir: Shutterstock 203–2024č

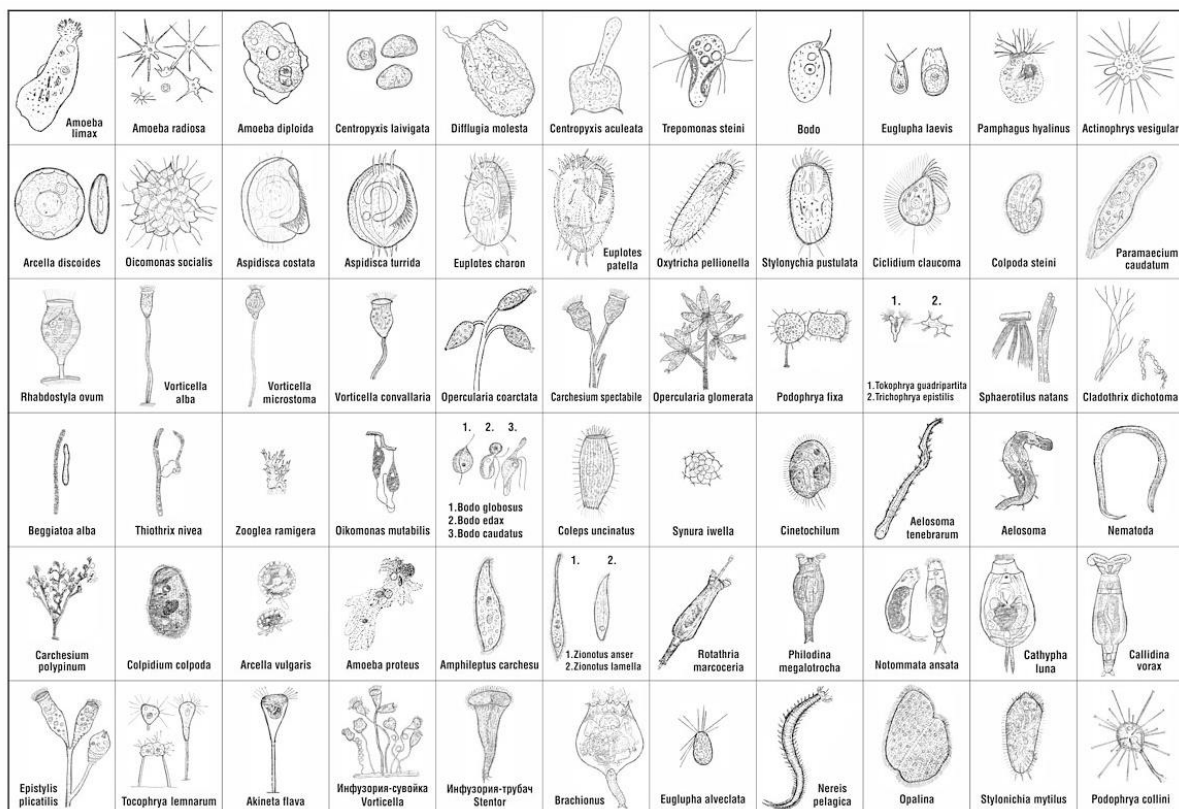
Okoli 20 % čiščenja prispevajo rastline z vezavo mineralnih snovi (npr. fosfatov, nitratov) ter mnogih strupenih snovi v svojem tkivu. S koreninskim sistemom stabilizirajo substrat, upočasnjujejo vodni tok, večajo prevodnost in izločajo kisik.

Za rastlinske čistilne naprave so značilne vodne rastline, ki so zmožne tolerance do visoko in različno obremenjenih odpadnih voda. Izbira je predvsem odvisna od globine gred,



tolerance na pH-območja, ali bodo hrana za živali in kakšno estetsko vrednost si želimo. Najpogosteje uporabljeni rodovi so trst, rogoz, ločje, sitec in šaš.

Glavni delež čiščenja (80 % čiščenja) prispevajo aerobni in anaerobni mikroorganizmi, ki živijo na koreninah ali med njimi. Mikroorganizmi soustvarjajo fizikalne, kemijske in biološke pretvorbe, ki spreminjajo sestavo odpadne vode.



Slika 127: Mikroorganizmi v aktivnem blatu  
Vir: Geka\_b 2013

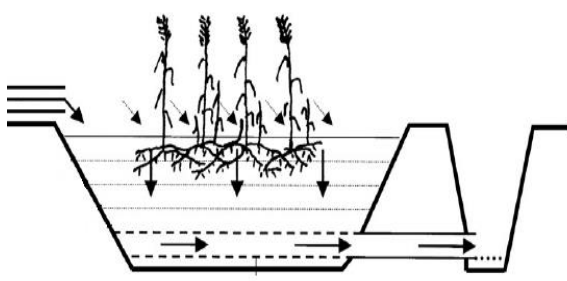
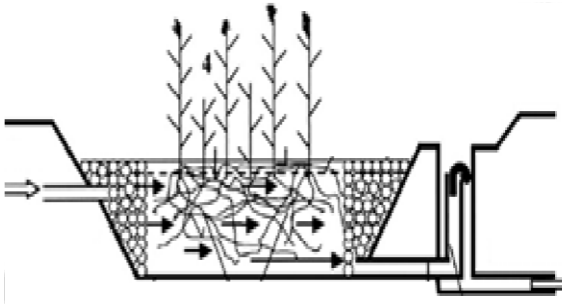
Glede na prevladujočo obliko vegetacije ločimo sisteme:

- s **prostoplavajočimi** makrofiti: vodna hiacinta in vodna leča,
- z **emergentnimi (ukoreninjenimi)** makrofiti: rogoz, trst, vodni sitec; ukoreninjene višje razvite rastline, ki rastejo na stalno ali občasno poplavljenih tleh. Podzemne in del nadzemnih delov imajo potopljene, nad vodo je del asimilacijskih tkiv in razmnoževalni organi.
- z ukoreninjenimi plavajočimi ali potopljenimi makrofiti: lokvanj, račja zel ...

Poznamo dva osnovna tipa rastlinskih čistilnih naprav glede na vodni režim. Obstajajo rastlinske čistilne naprave s površinskim in podpovršinskim vodnim tokom.



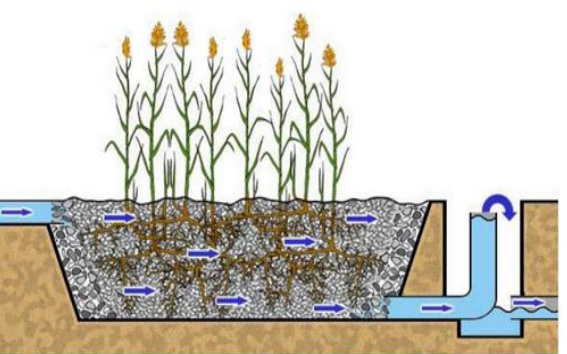
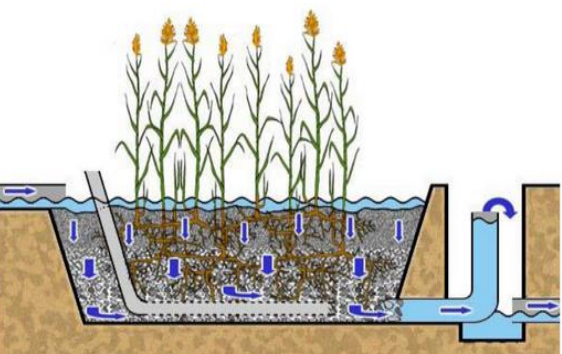
Tabela 21: Delitev RČN glede na dotok vode v sistem

Površinski vodni tok	Podpovršinski vodni tok
 <p data-bbox="199 638 502 667">Slika 128: Površinski vodni tok</p>	 <p data-bbox="790 638 1141 667">Slika 129: Podpovršinski vodni tok</p>
<p>Imajo večji estetski potencial, a potrebujejo večjo površino za enako učinkovitost čiščenja. Imajo večje habitatne možnosti za razvoj živih bitij.</p>	<p>Imajo večje čistilne sposobnosti in so sposobne delovati pri nižjih temperaturah.</p>

Vir (sliki): Vymazal 2007, 50

Glede na smer vodnega toka delimo RČN na sistem za horizontalni in vertikalni tok vode.

Tabela 22: Delitev RČN glede na smer vode v sistemu

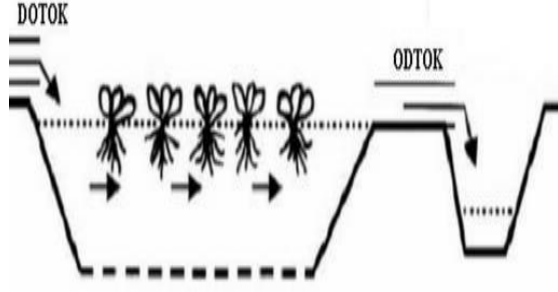
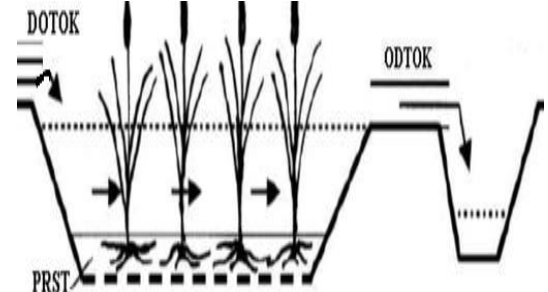
Sistem z ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti – horizontalni tok vode pod površino	Sistem z ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti – vertikalni tok vode pod površino
 <p data-bbox="199 1579 758 1608">Slika 130: Sistem z ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti</p>	 <p data-bbox="790 1579 1348 1608">Slika 131: Sistem z ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti</p>

Vir (sliki): Prezelj 2009, 7

V praksi se lahko uporabljajo tudi sistemi s kombinacijo različnih tipov čistilnih naprav v okviru enega sistema in jih imenujemo hibridne rastlinske čistilne naprave, ki zaradi izkoriščanja prednosti posameznih tipov dosegajo večje čistilne učinke.

Velikokrat se pojavljajo kombinacije vseh omenjenih rastlin, vključujoč tudi področja proste vodne površine.

Tabela 23: Delitev RČN s površinskim tokom glede na vrsto makrofitov

RČN s površinskim tokom in prosto plavajočimi makrofiti	RČN s površinskim tokom in ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti
 <p data-bbox="245 949 804 994">Slika 132: RČN s površinskim tokom in prosto plavajočimi makrofiti</p>	 <p data-bbox="836 949 1385 994">Slika 133: RČN s površinskim tokom in ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti</p>

Vir (sliki): Vymazal 2007, 50

Ko je RČN enkrat postavljena, je potrebno le še redno vzdrževanje, ki obsega:

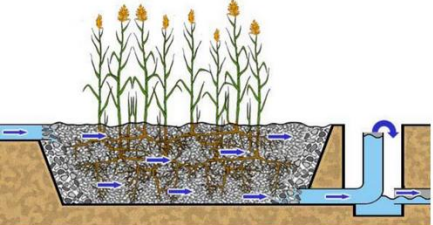
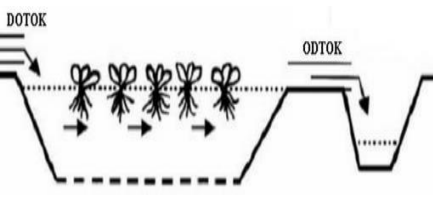
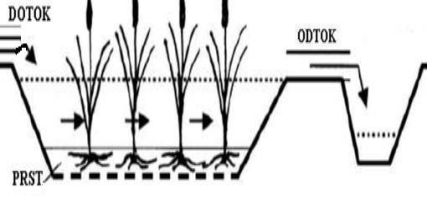
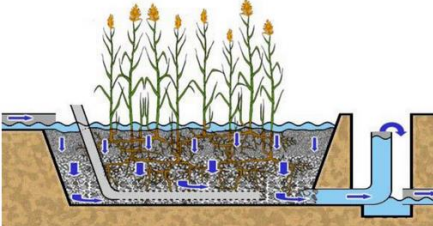
- redno odstranjevanje mulja iz usedalnika na kompostno gredo,
- čiščenje dotočnih in drenažnih cevi,
- dopeskavanje (po potrebi),
- 1-krat letno košnjo rastlin,
- po potrebi dodatno zasaditev ali odstranjevanje nezaželenih rastlin.

### Naloge

1. Kateri so glavni procesi, ki se odvijajo v RČN?
2. Od česa je odvisno delovanje mikroorganizmov v RČN?
3. Na podlagi katerih dejavnikov se odločimo, kakšne rastline bomo uporabili?
4. Kaj se zgodi s strupenimi snovmi, ki z odpadnimi vodami pridejo v RČN?
5. Opiši pot odpadne vode skozi čistilno napravo.
6. Kakšna je povezava med mokriščem in antropogeno čistilno napravo?
7. Katero vrsto RČN bi predlagal za kraje, kjer je temperatura pogosto pod lediščem? Zakaj?
8. Katera vrsta RČN omogoča večje čistilne učinke? Zakaj?
9. Če bo lastnik naselja želel, da rastlinska čistilna naprava deluje brezhibno, bo moral izvajati vzdrževalne ukrepe. Katere?

10. Zakaj bi lahko lastnik naselja uporabil vodo, ki priteče iz rastlinske čistilne naprave? Navedi dva primera.

11. Dobro si oglej slike različnih rastlinskih čistilnih naprav in dopiši besedilo.

 <p>Vir: Prezelj 2009, 7</p>	<p>Vrsta RČN</p> <p>Prevladujoča oblika vegetacije</p> <p>Smer toka vode</p>
 <p>Vir: Vymazal 2007, 50</p>	<p>Vrsta RČN</p> <p>Prevladujoča oblika vegetacije</p> <p>Smer toka vode</p>
 <p>Vir: Vymazal 2007, 50</p>	<p>Vrsta RČN</p> <p>Prevladujoča oblika vegetacije</p> <p>Smer toka vode</p>
 <p>Vir: Prezelj 2009, 7</p>	<p>Vrsta RČN</p> <p>Prevladujoča oblika vegetacije</p> <p>Smer toka vode</p>

#### 4.4.3 Trajnostna sanacija komunalnih odpadkov

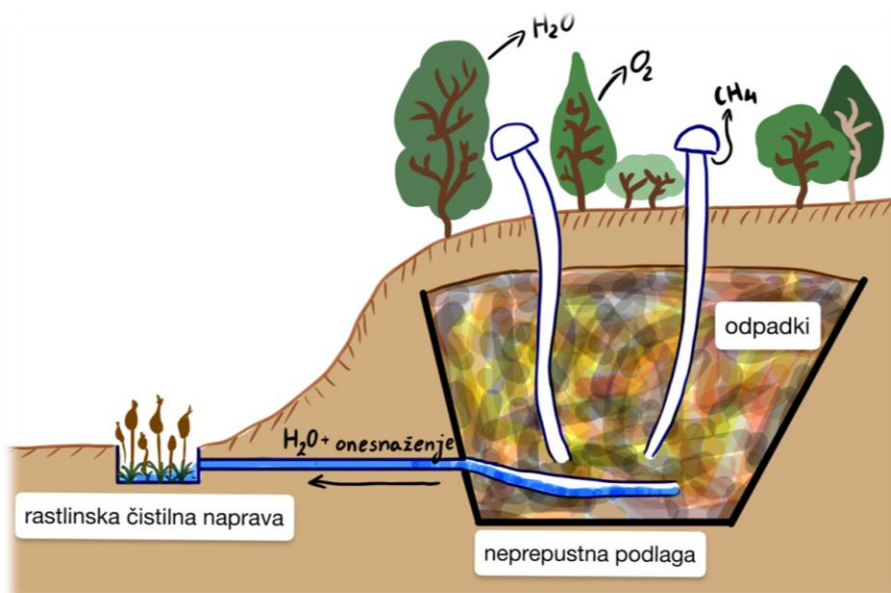
Črna odlagališča so v Sloveniji še vedno problem, saj obremenjujejo naša tla in tudi podzemne vode. Zato razmislite o **krožnem gospodarjenju** in **pravilni sanaciji** deponiranih odpadkov ni odveč.

Za izgradnjo deponije se sledi naslednjim korakom:

1. izgradnja RČN s črpališčem,

2. izkop starih odpadkov in onesnažene zemljine,
3. ureditev nepropustnega sloja pod odpadki,
4. postavitev drenažnih sistemov za zbiranje in odvajanje izcedne vode,
5. zapolnitev odlagališča z odpadki in onesnaženo zemljino,
6. prekritje odlagališča z zemljo,
7. zasaditev drevesne vegetacije (vrbe, topoli ...) in
8. zalivanje vegetacije z vodo iz RČN.

Tako zgradba sistema trajnostne deponije omogoča recikliranje vode. Izcedna voda je obremenjena z organskimi in drugimi onesnaževali, zato jo je potrebno speljati skozi rastlinske čistilne sisteme. Delno prečiščena voda deluje kot gnojilo, zato se jo vrača nazaj na deponijo.



Slika 134: Shema trajnostne deponije  
Vir: Lasten

Glavni cilj je v čim večji meri zadrževati vodo na lokaciji in jo preko transpiracije čisto odvajati v ozračje. Zaprti sistem kroženja vode zmanjša vpliv obremenjenega območja na minimum.

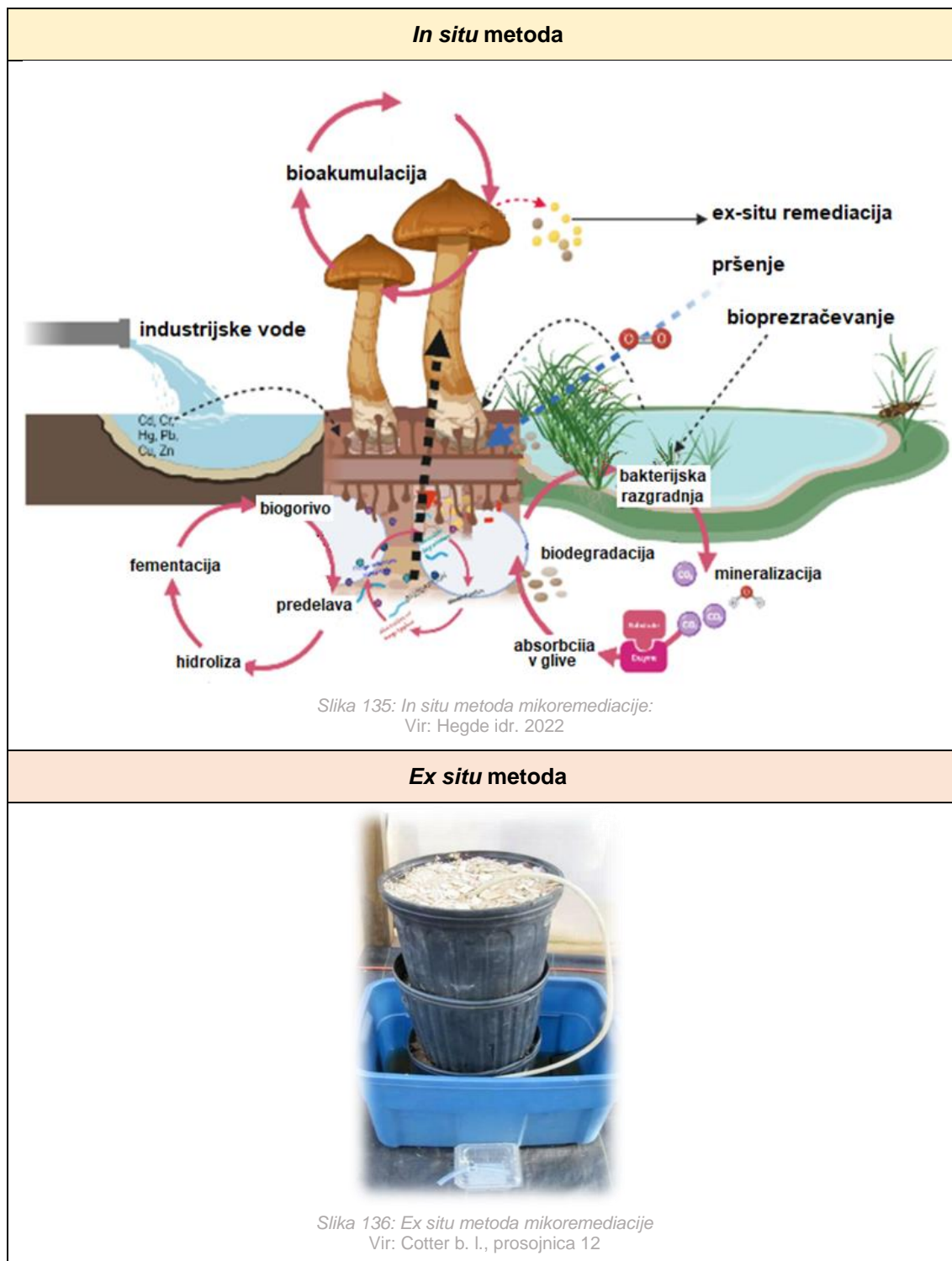
#### 4.5 MIKOREMEDIACIJA

Glive so **hiperakumulatorji**, saj absorbirajo in shranjujejo težke kovine. Obenem so **dekompozitorji**, ker razgrajujejo pesticide, kemične snovi in uničujejo koliforme in parazite ... Ravno zaradi teh dveh lastnosti se njihova uporaba pri sanaciji onesnažene vode in tal povečuje.

Mikoremediacija je torej *in situ* ali *ex situ* bioremediacija, ki uporablja nitaste glive (plesni) kot tudi makroglive (gobe).

Pogoj uporabe te metode je, da imamo v sistemu dobro kolonizirano biomaso. Glive imajo encime, ki razgrajujejo, transformirajo ali imobilizirajo širok spekter onesnaževal. Prav tako razgrajujejo organske snovi in z lahkoto kolonizirajo biotske in abiotske površine.

*Phanerochaete chrysosporium* je gliva, ki razkrajja lignin. Uporablja se za razgradnjo pesticidov, poliaromatičnih ogljikovodikov, PCB, barvil, TNT, cianidov ... Solzeča medlenka (*Hebeloma crustuliniforme*) je pokazala, da je dobra razkrojevalka atrazina.





## 5 BLAŽILNE CONE

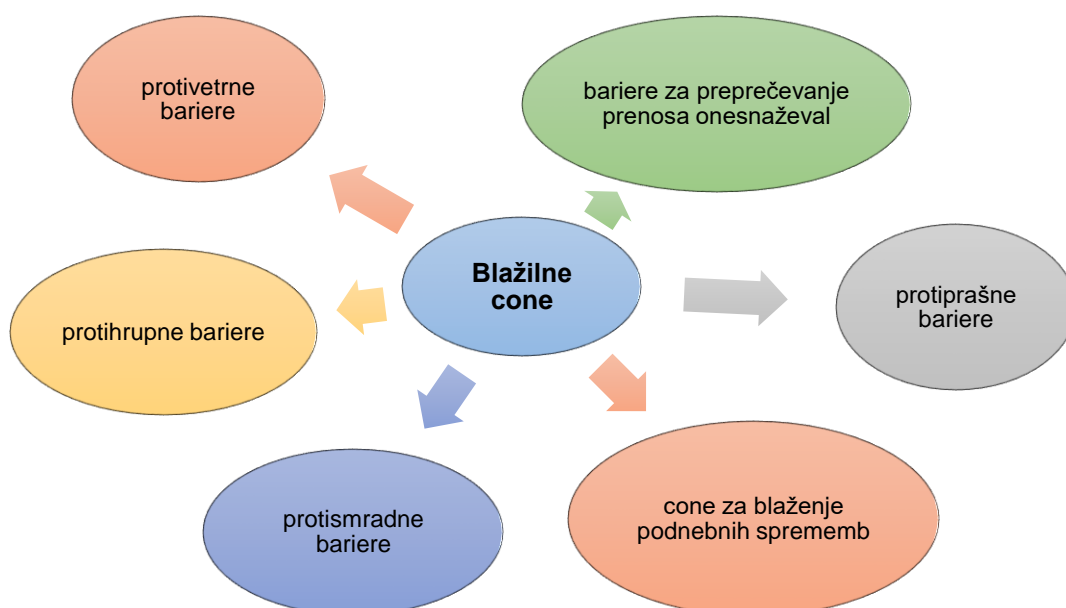
Blažilna območja so zaščitne cone, ki so sestavljene iz različnih lesnih, grmovnih, zeliščnih ali travnatih **vegetacijskih pasov**. Običajno jih umeščamo na območja emisij, kjer delujejo kot filter in pufer. To so kmetijska in industrijska območja, območja ob vodotokih in vodonosnikih, ob prometnicah ...

Funkcije blažilnih con so različne. Pri tem se poskuša vzpostaviti:

- zaščito vodnih površin pred spiranjem različnih onesnaževal iz netočkovnih virov onesnaževanja,
- zadrževanje delcev, raztopljenih organskih in anorganskih snovi, kovinskih ionov, rastlinskih hranil, FF-sredstev ...,
- lokalno zaščito pred erozijo,
- protivetrno bariero za omilitev hitrost vetra,
- cono za zmanjševanje prenosa hrupa ali smradu,
- prijetnejšo mikroklimo,
- cono za ohranjanje ali povečanje biodiverzitete – pojav novih habitatov,
- sistem upočasnitve širjenja bolezni kulturnih rastlin ...

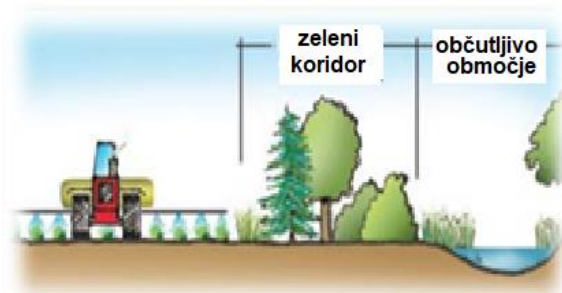
Blažilne cone se uporabljajo za blaženje različnih težav. Mednje uvrščamo: protivetrne, protihrupne, protiprašne, protismradne bariere, bariere za preprečevanje prenosa onesnaževal in za blaženje podnebnih sprememb.

Shema 7: Delitev blažilnih con



Blažilne cone (območja) imenujemo tudi zeleni koridorji.

Postavljeni so med virom onesnaževanja in potencialnim prejemnikom onesnaževanja.



Slika 137: Med njiivo in reko je gozdni pas, ki deluje kot blažilno območje  
Vir: Bentrup 2008, 82

## 5.1 EKOPASOVI

Človek pogosto zaradi zadovoljevanja svojih potreb preseka ekosisteme na pol. Tako onemogoči živalskim vrstam, da bi prišle do svoje hrane, skrivališča, vode ali celo partnerja.

Rešitve so v tako imenovanih **ekopasovih**. Gre za območja, ki živalskim vrstam omogočajo, da varno prečkajo cestišča.

Poznamo dve obliki ekopasov: nadpas in podpas.



nadpas



podpas

Slika 138 in 139: Ekopasovi  
Vir: Shutterstock 2003–2024d

## 5.2 VEGETACIJSKI PASOVI

Vegetacijske pasove sestavlja več vrst zasajenih rastlin, ki potrebujejo velike količine vode. Rastline preprečujejo, da bi se onesnaževanje širilo v vodotok ali vodni vir (podtalnico). Hkrati onesnaževala razgrajujejo. Vegetacijski pasovi so primerna območja za gnezdenje, počitek in vir hrane za mnoge živali. Delujejo tudi protihrupno, protiprašno in protismradno. Reden prirastek lesne biomase lahko služi tudi kot vir lokalne energetske samooskrbe.

Z izgradnjo in vzpostavitvijo vegetacijskih pasov je zelo pomembna začetna skrb.

- Po potrebi se dodajajo apno in rastlinska hranila za dobro rast vegetacije.
- Pred izbiro hranil se opravi analizo tal za ugotovitev preskrbljenosti s hranili.
- Pomembna je hitra vzpostavitev vegetacije, v začetnem obdobju je zato morda potrebno zalivanje.

V nadaljevanju je potrebno skrbeti in vzdrževati vegetacijske pasove.

- Treba jih je redno pregledovati, še posebej po večjem deževju in daljših odtokih.
- Manjše razpoke v ruši ali majhni erozijski kanali hitro postanejo večji problem.
- Nastale erozijske kanale je potrebno sproti popravljati in ponovno zasejati.

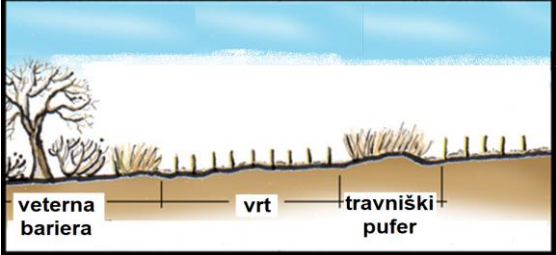
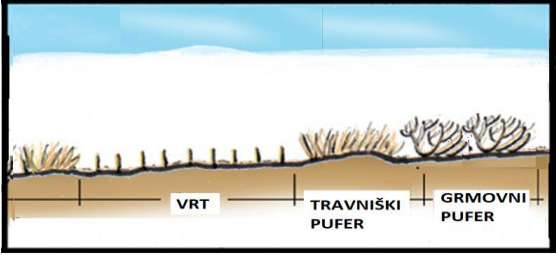
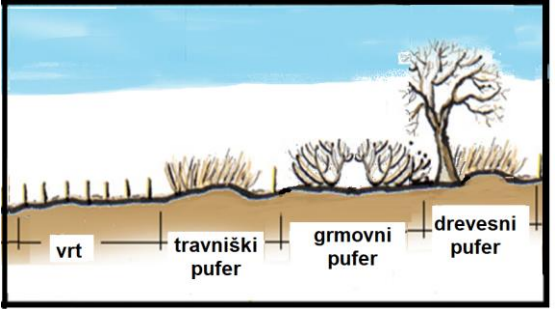
- Neprekrите površine je potrebno dosaditi – možna je uporaba že vzgojene ruše ...
- Travo se kosi po potrebi in pokošeno travo se odstranjuje.
- Jesenska košnja na višini cca. 15 cm je primerna za vzdrževanje habitatov ptic.
- Potrebno je redno testiranje kvalitete tal in po potrebi dodajanje hranil, apna.

Plevel oz. nezaželene rastline ročno odstranjujemo in nepokrita tla zaraščamo z lesnimi rastlinami.

**Obrežni vegetacijski pas** je površina tal z avtohtono (črna jelša, bela vrba, črni topol, beli topol, dolgopecljati brest, leska, rdeči dren, črni bezeg, enovrati glog) ali nasajeno vegetacijo (rubinija), umeščeno med potencialnim virom onesnaževanja in vodno površino. Koreninski sistem rastlin utrjuje rečni breg in zadržuje vodo v pokrajini - zmanjša se hitrost toka vode, s čimer se poveča infiltracija vode v talni profil, kjer se odvijajo procesi čiščenja.

Glede na vrstno sestavo lahko vegetacijske pasove delimo v enofazni, dvofazni in trifazni sistem.

Tabela 24: Delitev vegetacijskih pasov glede na vrstno sestavo

<p><b>Enofazni sistem</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ prevladovanje travniških bilk</li> <li>▪ območje, široko vsaj 1 m</li> </ul>	 <p>Slika 140: Vegetacijski pasovi – enofazni sistem</p>
<p><b>Dvofazni sistem</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ mešanica travnih in grmovnih vrst</li> <li>▪ območje, široko vsaj 3 m</li> </ul>	 <p>Slika 141: Vegetacijski pasovi – dvofazni sistem</p>
<p><b>Trifazni sistem</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ preplet travniških, grmovnih in drevesnih vrst</li> <li>▪ območje, široko vsaj 10 m</li> </ul>	 <p>Slika 142: Vegetacijski pasovi – trifazni sistem</p>

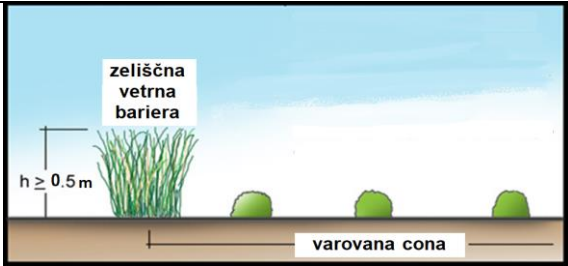
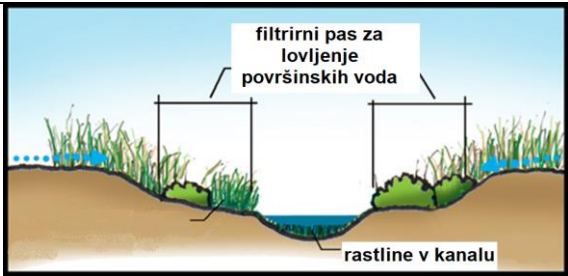
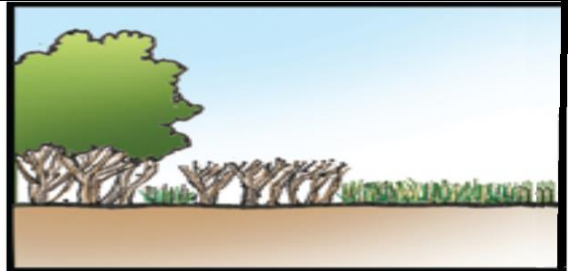
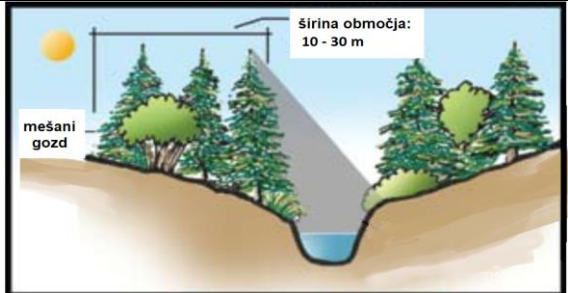
Vir (slike): Bentrup 2008, 63

Ko umeščamo vegetacijske pasove v prostor, je potrebno najprej razmisliti o naslednjih kriterijih:

- pasovi so učinkovitejši ob manjših vodotokih,
- postaviti jih je potrebno čim bliže onesnaženju,
- potek pasu mora slediti nagibu terena, da je odtok čim bolj enakomeren,
- širino pasu prilagajamo jakosti odtoka in stopnji onesnaženosti,
- pomembno jih je postaviti na mestih z večjimi nakloni in fino teksturo tal.

Glede na skupino rastlinskih vrst lahko blažilne cone razdelimo na zeliščno, travniško, grmovno in drevesno bariero.

Tabela 25: Delitev vegetacijskih pasov glede na skupino rastlinskih vrst

<p><b>Zeliščna bariera:</b></p> <p>➤ prevladujejo neolesenele rastline.</p>	 <p>Slika 143: Zeliščna bariera</p>
<p><b>Travniška bariera:</b></p> <p>➤ prevladujejo neolesenele rastline.</p>	 <p>Slika 144: Travniška bariera</p>
<p><b>Grmovna bariera:</b></p> <p>➤ prevladujejo olesenele rastline, ki ne zrastejo več kot 5 m.</p>	 <p>Slika 145: Grmovna bariera</p>
<p><b>Drevesna bariera:</b></p> <p>➤ prevladujejo olesenele rastline, ki zrastejo nad 5 m.</p>	 <p>Slika 146: Drevesna bariera</p>

Vir (slike): Bentrup 2008, 65, 41, 59

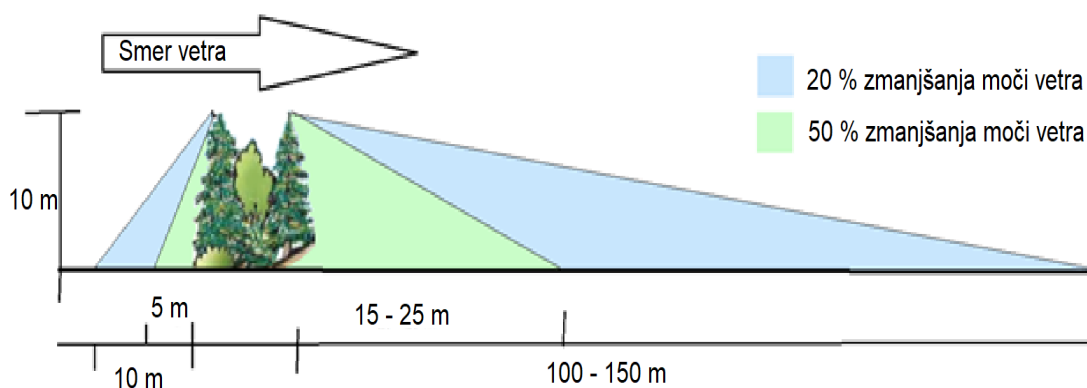
**Mejica** je pas lesnate vegetacije (grmovja in/ali drevja) v pretežno odprti kulturni krajini, širok okoli 10 metrov, pestre botanične sestave in pomemben življenjski ter varovalni prostor za živali in rastline.

Mejica ima veliko dobrih lastnosti za človeka in krajino:

- gosta površinska razrast zagotavlja enovito prekritost tal,
- gosta koreninska razrast daje stabilnost,
- je dobro prilagojena lokalnim talnim in klimatskim razmeram,
- dobro se ponovno razraste po obdobju dormance ali po košnji/sečnji,
- pri uporabi filtra za krmo je potrebno upoštevati tudi donos in hranilno kvaliteto.

### 5.3 PROTIVETRNE BARIERE

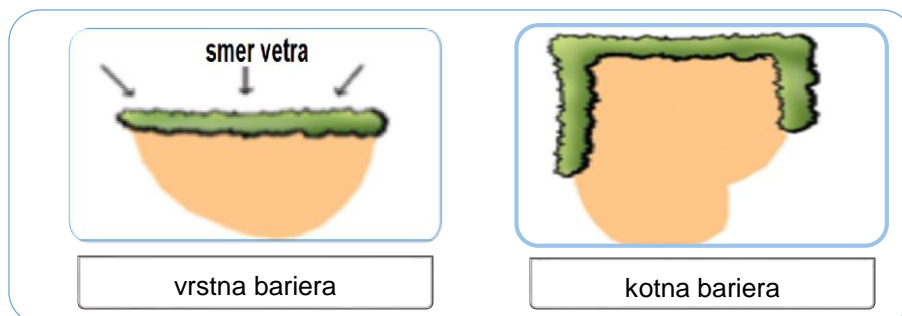
Vetrne bariere zmanjšujejo vpliv vetra. Sestavljene so iz 1 do 3 vrstnih nasadov, postavljenih pravokotno na smer prevladujočih vetrov. Bariera zaščiti površino 10- do 15-kratne višine dreves.



Slika 147: Vetrna bariera  
Vir: Lasten

Optimalnejša je zasaditev v več vrstah. Tako vetrne bariere glede na lego delimo na vrstne in kotne.

Tabela 26: Delitev vetrnih barier glede na lego postavitve



Slika 148: Vrstna bariera – Slika 149: Kotna bariera

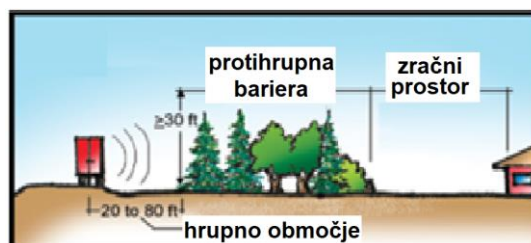
Vir (sliki): Bentrup 2008, 64



Če smo na območju močnega vetra, je potrebno saditi rastline v večjih višinskih nivojih (pas trave, pas grmovja in pas dreves). Na tak način postopno upočasnjujemo moč vetra.

#### 5.4 PROTİHRUPNE BARIERE

Velik problem predstavljajo cestni, železniški, letalski in ladijski promet, gradbišča, industrijski obrati, rekreacijske površine ..., ki v okolje sproščajo preveč hrupa.



Slika 150: Protihrupna bariera  
Vir: Bentrup 2008, 94

Proti temu se borimo s protihrupni ukrepi, ki so lahko na viru (primarni ukrep: omejevanje hitrosti, boljše gume, bolj gladek asfalt ...), na poti razširjanja hrupa (sekundarni ukrep: drevesni pasovi, zemeljski nasip ...), ali **na izpostavljenih objektih** (terciarni ukrepi: zvočna izolacija fasad, oken in vrat ...).

**Drevesni pasovi** so pogost mestni objekt. Če je pas širok 10–20 m (razmak med drevesi 0,5 m), to zniža hrup za 2–3 dB. Drevesni pas v širini 120 m pa zmanjša hrup za 7 dB.



Slika 151: Drevesne bariere  
Vir: Lasten

**Zemeljski nasipi** imajo neomejeno življenjsko dobo in dajejo naraven videz. Videz spominja na odprto krajino. Izgradnja ima nizke stroške, prav tako so nizki stroški vzdrževanja.



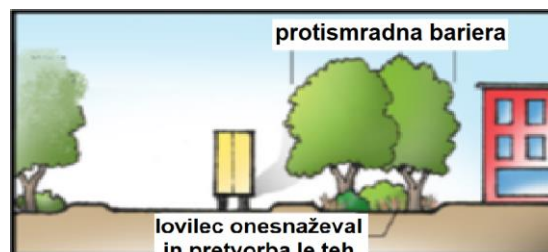
Slika 152: Bionasip  
Vir: Lasten

#### 5.5 PROTİSMRADNE ALI PROTİPRAŠNE BARIERE

Vegetacija vpliva na lokalno in regionalno kakovost zraka na tri glavne načine: znižuje temperaturo, čisti onesnažen zrak in poveča energetski učinek na zgradbah.

- Nižja temperatura zraka zaradi dreves in druge vegetacije lahko zmanjša emisije številnih temperaturno odvisnih onesnaževal.
- Rastline odstranjujejo onesnaževala z vsrkavanjem preko listov. Onesnaževala, ki jih zajame vegetacija, se pogosto prenesejo v tla.
- Drevesa zmanjšujejo porabo energije v stavbah in znižujejo emisije onesnaževal iz elektrarn.

Zimzelena drevesa so bolj učinkovita, a je mnogo iglavcev občutljivih na običajna onesnaževala. Listi z dlakavo, smolnato in grobo površino zajamejo več delcev kot gladki listi. Manjši listi so učinkovitejši zbiralci kot večji listi. Pri izbiri dreves uporabimo tista, ki imajo gosto razvejane veje, so primerne za izbrano rastišče in so odporne na škodljivce ter bolezni. Izogibamo se uporabi tujerodnih vrst.



Slika 153: Protismradna bariera  
Vir: Bentrup 2008, 92

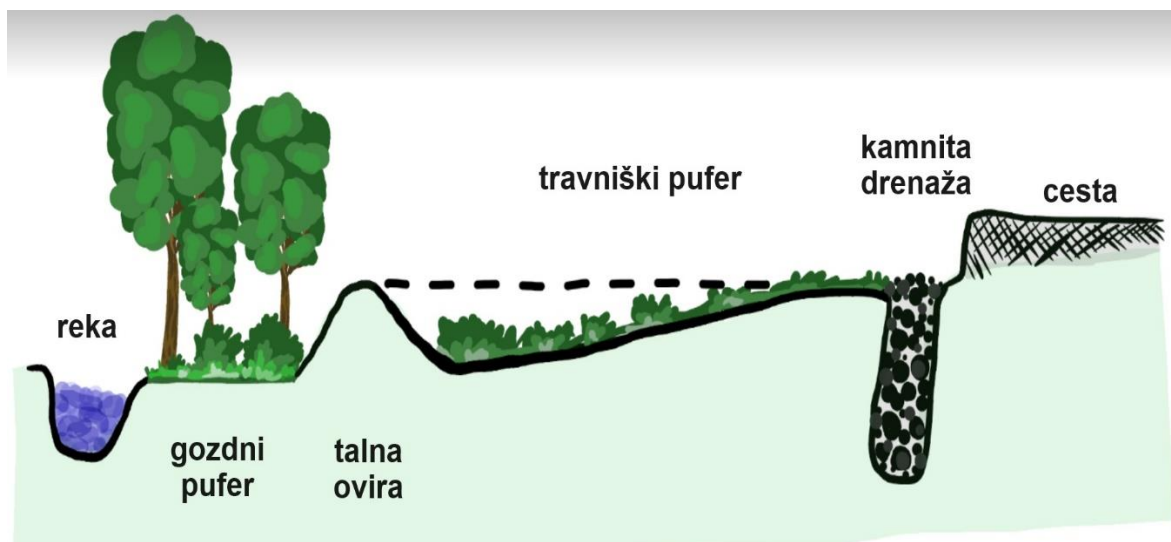
## 5.6 OBCESTNE DRENAŽE IN UMETNA MOKRIŠČA

Površinske vode s cestišč spirajo ogromne količine težkih kovin, olj in drugih onesnaževal. Zato so obcestni ekosistemi zelo obremenjeni. Rešitev je v izgradnji naravnega mokrišča, ki zaustavi obremenjene vode in jih očisti.



Slika 154: Umetno mokrišče za čiščenje vode s cestišč  
Vir: Fito Benefit 2015, prosojnica 20

Izgradnja tovrstnih zaščitnih sistemov ne zahteva visokih stroškov. Izkopati je potrebno plitek jarek. Vanj položimo geotekstil za preprečevanje prodiranja usedlin in dodamo enakomerne prodnike. Tako nastane podzemni rezervoar za padavinske vode. Odtok omogoča infiltracijo, sedimentacijo, filtracijo in izhlapevanje vode.



Slika 155: Izgradnja drenaže, travniškega filtra in bionasipa  
Vir: Lasten

Travniški filter je enakomerno porasel, upočasnjuje površinski tok vode, omogoča usedanje usedlin in črpanje onesnaževal preko skromne filtracije. Veliko močnejši učinek ima gozdni filter.

V tujini imamo že nekaj tovrstnih primerov – obcestne drenaže.



Sliki 156 in 157: Mokrišče za odvod vode s parkirišča  
Vir: Temizel, Yazici, Gulgun 2021, 129 (levo); DiStasio 2015 (desno)

## 5.7 VEČNAMENSKI MELIORACIJSKI JARKI

Melioracijski jarki so prisotni na vseh intenzivnih kmetijskih območjih po Evropi. Odvajajo površinsko vodo, preprečujejo njeno zbiranje in znižujejo raven podtalnice pod glavno koreninsko cono. To izboljšuje rastlinsko pridelavo, zato so neobhodni za vzdrževanje gospodarske rasti.

Po drugi strani melioracijski jarki vodijo v izgubo biološke raznovrstnosti in manjšo zmožnost čiščenja in zadrževanja vode. Enonamenske melioracijske jarke se lahko dopolni in njihovo funkcijo odvajanja vode nadgradi s funkcijo čiščenja odtoka s kmetijskih površin, tako da se zasadi rastline. S tem se poveča biološka pestrost habitata.



Slika 158: Melioracijski jarek za odvajanje odvečne vode  
Vir: Lasten

Zasaditev jarkov prinese določene koristi: posredne in neposredne.

Tabela 27: Koristi zasaditve jarkov

<b>Neposredne koristi</b> zasaditve jarkov	<b>Posredne koristi</b> zasaditve jarkov
<ul style="list-style-type: none"><li>• izboljšanje kakovosti površinskih in talnih voda</li><li>• zmanjšanje nevarnosti suše</li><li>• zmanjšanje moči vetra</li><li>• povečanje biodiverzitete</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• zmanjšanje nevarnosti za zdravje</li><li>• večja samovzdržnost</li><li>• estetska podoba kmetijske krajine</li><li>• ekoturizem in potencialna gospodarska rast</li></ul>

### 5.7.1 Ekološko sprejemljiv pretok (Qes)

Ekološko sprejemljiv pretok (v nadaljevanju Qes) je tista količina in kvaliteta vode v vodotoku, ki zagotavlja ohranitev naravnega ravnovesja v tem vodotoku in ob njem.

Qes določamo:

- pri odjemih vode iz vodotokov, izvirov, jezer in podtalnic,
- za uporabnike, kot so hidroelektrarne, ribogojnice, pri namakanju, za vodooskrbo, za potrebe industrije,
- da se kljub odjemu vode zagotovita normalna struktura in funkcija vodotoka kot ekosistema.

Če je naravni pretok nižji od ekološko sprejemljivega pretoka (Qes), se vode iz vodotoka ne sme odzemat.



## 6 VIRI

Afera komunalno blato: ovadenih devet oseb. 2021. *Reporter*, 7. 10.

<https://reporter.si/clanek/slovenija/afera-komunalno-blato-ovadenih-devet-oseb-910721>  
(12. 2. 2023).

Bentrup, Gary. 2008. Conservation Buffers: Design Guidelines for Buffers, Corridors, and Greenways. Asheville, NC: *United States Department of Agriculture, National Agroforestry Center*; Forest Service, Southern Research Station. Pdf. <https://www.fs.usda.gov/nac/buffers/index.html>  
(13. 9. 2023).

Britovšek, Neja. 2016. Pregled ureditve reke Mislinje med Dovžami in Slovenj Gradcem. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Diplomski naloga. <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=98704> (13. 9. 2023).

Clerici, A., Gianluca Alimonti. 2015. Oil shale, shale oil, shale gas and non-conventional hydrocarbons. *The European Physical Journal Conferences*, 98, 03001. [https://www.researchgate.net/publication/282396114\\_Oil\\_shale\\_shale\\_oil\\_shale\\_gas\\_and\\_non-conventional\\_hydrocarbons](https://www.researchgate.net/publication/282396114_Oil_shale_shale_oil_shale_gas_and_non-conventional_hydrocarbons) (15. 3. 2023).

Cotter, Tradd. B. I. Mycofiltration: using Fungi to Improve Water Quality. *SlidePlayer*, published by Brett Palmer, 2016. <https://slideplayer.com/slide/8769984/> (13. 9. 2023).

Dadrassia, Arezo., Nasser Shahsavari, Chijioke Emenike. 2013. Remediation of Contaminated Sites. V: Hydrocarbon: chapter 4 (65–82). Edited by Vladimir Kutcherov and Anton Kolesnikov. Rijeka (Croatia): InTechOpenpublisher. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/285925425\\_Remediation\\_of\\_Contaminated\\_Sites](https://www.researchgate.net/publication/285925425_Remediation_of_Contaminated_Sites)  
(30. 12. 2023).

Deržič, Anja, Nataša Bučar Draksler. B. I. Voda napaja, pomirja in oživlja: Koseški bajer. *BigSee*. <https://zavodbig.com/voda-napaja-pomirja-in-ozivlja/> (15. 2. 2023).

DiStasio, Cat. 2015. How a parking lot makeover can reduce flooding, nourish native plants, and keep waterways clean. *Inhabitat*, 29. 12. <https://inhabitat.com/how-a-parking-lot-makeover-can-reduce-flooding-nourish-native-plants-and-keep-waterways-clean/> (15. 3. 2023).

EcoCycle Corporation. 2017 cop. What is bioremediation. [https://www.ecocycle.co.jp/e\\_bioremediation/e\\_bioremediation.html](https://www.ecocycle.co.jp/e_bioremediation/e_bioremediation.html) (15. 3. 2023).

Fito Benefit: terreni, aria, acque purificati dalle piante. 2015. Laura Gatti (ur.). Milano: Green Planner; Wio leggi Vivavio. *Green Planner Magazine*, 2. 3. E-brošura. <https://www.greenplanner.it/wp-content/uploads/2015/03/presentazione-rain-gardens.pdf> (20.08.2023). Opomba: izdano za Rain Gardens: convegno di apertura MyPland&Garden, 25. februar 2015.

Geka\_b. 2013. Simplest types of microorganisms of the activated sludge (Krivbassvodokanal). *Wikimedia Commons*, 21 March. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Simplest\\_types\\_of\\_microorganisms\\_of\\_the\\_activated\\_sludge\\_\(Krivbassvodokanal\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Simplest_types_of_microorganisms_of_the_activated_sludge_(Krivbassvodokanal).jpg) (15. 3. 2023).

GEO Environmental Remediation Company. B. I. In situ Thermal Desorption. *Environmental Expert*. <https://www.environmental-expert.com/services/in-situ-thermal-desorption-208246> (14. 3. 2023).

GEO Environmental REmediation Company. B. I. In-Situ Thermal Desorption. *Environmental expert*. <https://www.environmental-expert.com/services/in-situ-thermal-desorption-208246> (15. 3. 2023).



- Gill, Richard Thomas, Michael John Harbottle MJ, Jonathan W. N. Smith, Steven F. Thornton. 2014. Electrokinetic-enhanced bioremediation of organic contaminants: a review of processes and environmental applications. *Chemosphere*, vol. 107 (Julij): 31–42.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653514003683?via%3Dihub> (13.2. 2023).
- Globevnik, Lidija, Luka Snoj, Neven Verdnik, Peter Muck, Meta Povž. 2015. The concept of ecological restoration of a sub-alpine river and its tributaries in SLOvenia – Suggestions for regulation of riverbed and reconstruction of hydrotechnical facilities. *TC VODE (Tematski center za raziskave, študije in razvoj projektov na vodah)*. Prosojnice. [http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanaconnects/Data/Konferenca/ppt/4\\_Globevnik\\_LIFE\\_konferenca\\_20151022\\_FGG.pdf](http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanaconnects/Data/Konferenca/ppt/4_Globevnik_LIFE_konferenca_20151022_FGG.pdf) (11.11. 2023). Opomba: prispevek na The river connectivity conference, 22. 10. 2015.
- Green Roof Technology. 2022 cop. Floating wetlands floating island..  
<https://greenrooftechnology.com/living-architecture/floating-wetlands/> (11. 11. 2023).
- Gregolec, Gabi, Karl Ernst Roehl, Kurt Czurda. 2005. Electrokinetic techniques. V: Trace Metals and other Contaminants in Environment., vol. 7: chapter 8 (183–209). Karl Ernst Roehl, Tamás. Meggyes, Franz-Georg Simon, Douglas I. Stewart (eds.). 1<sup>st</sup> ed. Amsterdam idr.: Elsevier. *Science Direct*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927521505800128> (11. 11. 2023).
- Gustinčič, Martin. 2012. Topoklima Zplane: diplomsko delo. Ljubljana: Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo.. <https://repositorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=107904> (4. 3. 2023).
- Hagen, Shannon, Sandra Salisbury, Merlies Wierenga, George Xu, Lisa Lewis. 2002. Soil Bioengineering, An Alternative for Roadside Management: Benefit-Cost Analysis Case Study. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1794, no. 1: 97–104.  
[https://www.researchgate.net/publication/245560185\\_Soil\\_Bioengineering\\_as\\_an\\_Alternative\\_for\\_Roadside\\_Management\\_Benefit-Cost\\_Analysis\\_Case\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/245560185_Soil_Bioengineering_as_an_Alternative_for_Roadside_Management_Benefit-Cost_Analysis_Case_Study) (15. 4. 2023).
- Hegde, Gurud M., Sanghmitra Aditya, Dechen Wangdi, Bimal Kumar Chetri. 2022. Mycoremediation: A Natural Solution for Unnatural Problems. V: Fungal diversity, ecology and control management: 363–386. Vijay Rani Rajpal, Ishwar Singh, Shrishail S. Navi (eds.). Singapore: Springer. (Zbirka Fungal Biology). [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-8877-5\\_17](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-8877-5_17) (30. 12. 2023).
- Hočevar, Katarina, Rok Hočevar. 2020. Lovrenška jezera – biser Pohorja. *Lahkig nog naokrog* (blog), maj 2020; posodobljeno marec 2021. <https://lahkihnog-naokrog.si/2020/05/lovrenska-jezera.html> (4. 3. 2023).
- Hornung, U., Y. Kelanemer, Marian Slodicka. 1996. Soil venting. V: Modelling and Optimization of Distributed Parameters Systems Applications to Engineering: Selected Proceedings of the IFIP WG7.2 on Modelling and Optimization of Distributed Parameter Systems with Applications to Engineering, June 1995: part 1, 51–70. Kazimirerz Malanowski, Zbigniew Nahorski, Małgorzata Peszyńska (eds.). New York (NY): Springer. (Zbirka IFIP Advances in Information and Communication Technology). [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-34922-0\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-34922-0_4) (15. 3. 2023).
- Hren, Marija. 2015. 1942 Bezuljak – Lokev, ki je ni več. *Stare slike*, 5. 9.  
<https://stareslike.cerknica.org/2015/09/05/bezuljak-lokev-ki-je-ni-vec/> (2. 6. 2023).
- In situ techniques. 2018–2024 cop. V: Environmental Biotechnology, chapter Contaminated land and bioremediation. *BrainKart.com*. [https://www.brainkart.com/article/In-situ-techniques\\_17120/](https://www.brainkart.com/article/In-situ-techniques_17120/) (15. 3. 2023).
- Jagtap, Ankita. 2015. Phytoremediation. *SlideShare*, 6. 3. Prosojnice.  
<https://www.slideshare.net/ankitajagtap37/phytoremediation-45506895> (15. 3. 2023).

- Jodito-F (Prebold). 2017 cop. Kanaleta 800. <https://www.jodito-f.si/ponudba/namakalni-program/kanaleta-800> (2. 4. 2023).
- JureG. 2014. Možnosti preureditve neurejenih jezov. *4 elementi*, 9. 10. <https://www.ribisekart.si/blog/moznosti-preureditve-neurejenih-jezov/> (20. 8. 2019).
- Kang, Chan-Ung, Do-Hyeon Kim, Moonis Ali Khan, Rahul Kumar, Seung-Eun Ji, Kung-Won Choi, Ki-Jung Paeng, Sungmin Park, Byong-Hun Jeon. 2020. Pyrolytic remediation of crude oil-contaminated soil. *Science of The Total Environment*, vol. 713 (15 April), no. art. 136498. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720300061> (15. 3. 2023).
- Kokkinos, Patricia. 2013. AS – Formation of meanders and ox-box lakes. *Geography is easy, free online resources for Geography*, 4. 11. <https://geographyiseasy.wordpress.com/2013/11/04/as-formation-of-meanders-and-ox-bow-lakes/> (20. 8. 2023).
- Li, Zhi, Tianshu Zhang. 2013. Vitrification. *Geoengineer*, 29. 1. <https://www.geoengineer.org/education/web-class-projects/cee-549-geoenvironmental-engineering-winter-2013/assignments/vitrification> (31. 1. 2023).
- Magar, Sanjogta Thapa. 2023. Bioreactor – Definition, Design, Principle, Parts, Types, Applications, Limitations. *Microbe Notes*, 7. 5. <https://microbenotes.com/bioreactor/> (4. 12. 2023).
- Matičeto, Milko (slovenski etnolog in etnograf). 1950. Gornji puč pri Sabadinih, živina piže; zadnja hiša Sluga Berta. V: Marezige, digitalna zbirka terenskih fotografij (F0000004/233). *Slovenski etnografski muzej* (Digitalne zbirke / Zbirke fotografij / Terenske fotografije / Marezige / Sabadini). <https://www.etno-muzej.si/sl/digitalne-zbirke/marezige/f0000004233> (13. 2. 2023).
- McCullah, John, Donald Gray. 2005. NCHRP Report 544: Environmentally Sensitive Channel- and Bank-Protection Measures. Investigator Salix Applied Earthcare under National Cooperative Highway Research Program Project 24-19; sponsored by the American Association of State Highway and Transport Officials in cooperation with the Federal Highway Administration. Washington, D. C. (USA): Transportation research board of the National Academies. E-knjiga. <https://nap.nationalacademies.org/read/13556/chapter/1> (20. 4. 2023). // **[Fotogradivo glej v spletni izdaji:]** Large woody debris structures. 2004 cop V: *Environmentally Sensitive Channel- And Bank-Protection Measures (ESCBPMs)* (Technique Guidelines / River Training / Transverse Structures / LWD Structures). [http://www.extranet.vdot.state.va.us/LocDes/hydraulic\\_design/nchrp\\_rpt544/content/start.htm](http://www.extranet.vdot.state.va.us/LocDes/hydraulic_design/nchrp_rpt544/content/start.htm) (15. 3. 2023). Opomba: vira se dopolnjujeta.
- McM. 2013. Hinjska jezera, "Močile". *Lokalno.si*, 18. 10. [https://www.lokalno.si/2013/10/18/104777/zgodba/Hinjska\\_jezera\\_Mocile/](https://www.lokalno.si/2013/10/18/104777/zgodba/Hinjska_jezera_Mocile/) (20.8. 2023).
- Mestna občina (Ljubljana). 2015. Četrtna skupnost Črnuče. *Facebook*, 4. 5. [https://www.facebook.com/crnuce/posts/d41d8cd9/1010721718984796/?locale=sl\\_SI](https://www.facebook.com/crnuce/posts/d41d8cd9/1010721718984796/?locale=sl_SI) (12. 2. 2023).
- NEP Slovenija omogoča lažje odločanje: rastlinska čistilna naprava]. B. I. *Nacionalna energetska pot Slovenije*, zadnja sprememba 11. 7. 2013. Zgibanka, pdf. <http://nep.vitra.si/ukrep.php?fid=3482&id=570> (20. 8. 2023).
- Občina Pivka. B. I. Obnova mosta-prepusta čez potok Stržen v Narinu. <https://www.pivka.si/objava/269812> (20. 8. 2023).
- Orel, Boris (etnolog in muzealec). 1949. Vaško korito za živino, Osp, pri Pilu. V: Dekani, digitalna zbirka terenskih fotografij (F0000003/074 ). *Slovenski etnografski muzej* (Digitalne zbirke / Zbirka fotografij / Terenske fotografije / Dekani). <https://www.etno-muzej.si/sl/digitalne-zbirke/dekani/f0000003074> (20. 8. 2023).

Pagiola, Stefano, Konrad von Ritter, Joshua Bishop, The Nature Conservancy (Arlington, Virginija), IUCN – The World Conservation Union (Gland, Switzerland). 2004. Assessing the Economic Value of Ecosystem Conservation: Environment department paper No.101. Washington (D.C.): The World Bank, The World Bank Environment Department; International Bank for Reconstruction and Development. <https://www.cbd.int/doc/case-studies/inc/cs-inc-iucn-nc-wb-en.pdf> (6. 3. 2023).

Pahor, Peter. 2020. Rečne zapornice: na Ljubljani bi lahko zgradili tri elektrarne. *Dnevnik*, 26. 5. <https://www.dnevnik.si/1042930286> (20. 8. 2023).

Pavel, Lucian Vasile, Maria Gavrilesu. 2008. Overview of *ex situ* decontamination techniques for soil cleanup. *Environmental Engineering and Management Journal*, 7 (6): 815–834. [https://www.researchgate.net/figure/Landfarming-FRTR-2000\\_fig2\\_287574661](https://www.researchgate.net/figure/Landfarming-FRTR-2000_fig2_287574661) (15. 3. 2023).

Ploug, Niels. 2018. In Situ Thermal Soil Remediation: a matter of clean soil. *Veolia Water Technologies* (Solutions / Tehnologije / Thermal soil remediation). <https://www.veoliawatertechnologies.com/sites/g/files/dvc2476/files/document/2020/07/Soil%20remediation%202018%20v4.pdf> (20. 8. 2023).

Plut, Dušan. 1998. Teoretično-metodološki vidiki systemskega geografskega raziskovanja pokrajinske degradacije. V: Dela, št. 11: 181–205. Ljubljana: Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo. <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-43C71DMO/f7fea70f-45ec-4323-a4ed-b99961c0c2a4/PDF> (15. 4. 2023).

Prezelj, Peter. 2009. Rastlinska čistilna naprava: turistična ekološka kmetija Pr' Šoštar, Davča. *SlideServe*, objavljeno Joanne Cantu, 20. 8. 2014. <https://www.slideserve.com/joanne/rastlinska-istilna-naprava> (15. 6. 2023).

Ravnjak, Matjaž, Janez Vrtovšek, Albin Pintar. 2013. Membranski bioreaktor za čiščenje nitratov iz podtalnice. *Gospodarska zbornica Slovenije*. Prosojnice. [https://www.gzs.si/pripone/04\\_Matjaz%20Ravnjak\\_HTZ%20IP.pdf](https://www.gzs.si/pripone/04_Matjaz%20Ravnjak_HTZ%20IP.pdf) (15. 3. 2023). Prispevek na posvetu Emisije v vode in možnosti za zmanjševanje onesnaževanja voda, Gospodarska zbornica Slovenije, Ljubljana, 19. 6. 2013.

Romih, Nadja, Boštjan Grabner, Cvetka Ribič Lasnik. Remediacija onesnaženosti tal s težkimi kovinami. Celje: Inštitut za okolje in prostor. [https://arhiv.kis.si/datoteke/File/kis/SLO/MEH/Biomasa/PRIROCNIK\\_IOP-1.pdf](https://arhiv.kis.si/datoteke/File/kis/SLO/MEH/Biomasa/PRIROCNIK_IOP-1.pdf) (15. 3. 2023).

Sajovic, Alenka. 2010. Ekoremediacije: gradivo za 1. letnik. Maribor: Biotehniška šola. E-knjiga. [https://ucilnice.arnes.si/pluginfile.php/1360473/mod\\_resource/content/1/EKOREMEDIACIJE\\_-\\_Alenka\\_Sajovic.pdf](https://ucilnice.arnes.si/pluginfile.php/1360473/mod_resource/content/1/EKOREMEDIACIJE_-_Alenka_Sajovic.pdf) (20. 4. 2023).

Sales da Silva, Israel Gonçalves, Fabio Carolina Gomes de Almeida, Nathália Maria Padiha da Rocha e Silva, Alessandro Alberto Casazza, Leonie Asfora Sarubbo. 2020. Soil Bioremediation: Overview of Technology and Trend. *Energies*, vol. 13, no. 18 (no. art. 4664): 1–25. [https://www.researchgate.net/figure/Scheme-of-Permeable-Reactive-Barriers-adapted-from-50\\_fig2\\_344716349](https://www.researchgate.net/figure/Scheme-of-Permeable-Reactive-Barriers-adapted-from-50_fig2_344716349) (15. 3. 2023).

Shutterstock: Explore Royalty-Free Stock Photos & Images. 2003–2024a cop.[Fotografije obvodnih ptic]: 1 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/interested-common-kingfisher-alcedo-atthis-perched-1680461044>; 2 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/dipper-cinclus-single-bird-on-rock-146220584>; 3 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/sand-martin-riparia-european-bank-swallow-1149291665> (30.12. 2023).

Shutterstock: Explore Royalty-Free Stock Photos & Images. 2003–2024b cop. [Fotografije grmovnih vrst]: 1 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/prunus-spinosa-blue-fruits-1854669085>; 2 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/midland-hawthorn-crataegus-laevigata-bearing-bright-1527380798>; 3 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/naturally->

[growing-hazelnut-clusters-sunshine-leaves-1443721097](https://www.shutterstock.com/image-photo/beautiful-autumn-background-sprig-spindles-euonymus-1891508038); 4 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/beautiful-autumn-background-sprig-spindles-euonymus-1891508038>;  
5 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/some-ripe-viburnum-on-branch-against-151770980>;  
6 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/wild-privet-ligustrum-vulgare-2223838633>  
(30. 12. 2023).

Shutterstock: Explore Royalty-Free Stock Photos & Images. 2003–2024c cop. [Fotografije kmetijskih rastlin]. 1 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/mustard-sinapsis-alba-flowers-bloom-blurred-1836105433>; 2 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/cress-flowers-macro-1092577877>; 3 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/pennycress-thlaspi-praecox-waiting-dusk-early-126816224>, 4 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/yellow-flowers-basket-gold-plant-aurinia-2153706089>, 5 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/yellow-bloom-field-sunflower-blooming-blossom-1707942301>, 6 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/liriodendron-tulipifera-beautiful-ornamental-tree-bloom-1122267173>;  
7 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/weeping-willow-tree-known-babylon-salix-628403774>; 8 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/colfax-washington-usa-lombardy-poplar-trees-2010796652>; 9 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/clump-fine-green-grass-festuca-ovina-1614774322>; 10 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/red-fescue-spikelets-on-blurred-background-642504583>, 11 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/green-wheat-field-sunny-day-butterfly-1096305347>; 12 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/flowers-alfalfa-field-medicago-sativa-1892757748>; 13 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/tobacco-flowers-on-big-field-pink-1783035017>; 14 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/green-plant-liana-echinocystis-lobata-704344234>; 15 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/sacred-lotus-nelumbo-nucifera-common-water-2152009729>;  
16 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/close-photo-lemna-minor-common-duckweed-1939338832> (30. 12. 2023).

Shutterstock: Explore Royalty-Free Stock Photos & Images. 2003–2024č cop. [Fotografije močvirskih rastlin]: 1 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/phragmites-australis-leaves-flowers-close-lake-223483387>; 2 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/typha-angustifolia-flowers-on-field-2164322449>; 3 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/close-many-juncus-ensifolius-plants-2168592591>; 4 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/closeup-schoenoplectus-tabernaemontani-commonly-known-scirpus-1727840818>;  
5 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/blooming-sedge-carex-nigra-melanostachya-on-1979655527> (30. 12. 2023).

Shutterstock: Explore Royalty-Free Stock Photos & Images. 2003–2024d cop. [Fotografiji ekopasov]: 1 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/road-traversed-by-wildlife-crossing-forming-2027125235>; 2 – <https://www.shutterstock.com/image-photo/amphibious-control-system-under-street-1450378562> (30. 12. 2023).

Soil Flushing. B. I. *Federal Remediation Technologies Roundtable* (Technology Screening Matrix). <https://www.frtr.gov/matrix/Soil-Flushing/> (15. 3. 2023).

Sol – pozimi vaš prijatelj in sovražnik!. B. I. *Do avta*. <https://www.doavta.si/sol-pozimi-vas-prijatelj-in-sovraznik/> (15. 5. 2023).

Spruit, Brooke, Liana Lantigua Cuni. 2015. Soil Remediation Techniques: Examination of In situ Chemical Oxidation. *Geoengineer*, 19. 11. <https://www.geoengineer.org/education/web-class-projects/cee-549-geoenvironmental-engineering-fall-2015/assignments/soil-remediation-techniques-examination-of-in-situ-chemical-oxidation> (11. 11. 2023).

- Suhadolnik, Peter. 2007. Urejanje hudournikov in varstvo okolja na primeru Podlipščice: diplomsko delo, univerzitetni študij. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. [http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn\\_suhadolnik\\_peter.pdf](http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_suhadolnik_peter.pdf) (20. 8. 2023).
- Šanca, Barbara. 2015. Potencial uporabe biooglja v remediaciji kontaminiranih tal: diplomsko delo. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja. [http://www.vsvo.si/images/pdf/2016010652\\_diploma\\_B%C5%A0\\_kon%C4%8Dna\\_\(2\).pdf](http://www.vsvo.si/images/pdf/2016010652_diploma_B%C5%A0_kon%C4%8Dna_(2).pdf) (30. 1. 2023).
- Tehnološko čudo iz doba Rimljanov: koliko uopće znamo o nevjerojatnim rimskim akvaduktima. 2022. *Punkufer.hr* (Putovanja), 17. 4. <https://punkufer.dnevnik.hr/clanak/putovanja/rimski-akvadukti-koliko-uopce-znamo-o-njima---719652.html> (20. 9. 2023).
- Temizel, Selin, Kubra Yazici, Bahriye Gülgün. 2021. Use of green infrastructure components in sustainable cities and examples of green infrastructure. V: Planning, design and management in landscape architecture: Chapter 6 (122–146). Arzu Altuntaş (ed.). Ankara (Turkey): Iksad Publishing House. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/351782911\\_USE\\_OF\\_GREEN\\_INFRASTRUCTURE\\_COMPONENTS\\_IN\\_SUSTAINABLE\\_CITIES\\_AND\\_EXAMPLES\\_OF\\_GREEN\\_INFRASTRUCTURE](https://www.researchgate.net/publication/351782911_USE_OF_GREEN_INFRASTRUCTURE_COMPONENTS_IN_SUSTAINABLE_CITIES_AND_EXAMPLES_OF_GREEN_INFRASTRUCTURE) (8. 3. 2023).
- Thorncraft, Garry, John Hamlyn Harris. 2000. Fish passage and fishways in New South Wales: a status report. Sydney: Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, 32 p. (Technical Report: 1/2000). [https://www.researchgate.net/publication/237346843\\_Fish\\_Passage\\_and\\_Fishways\\_in\\_New\\_South\\_Wales\\_A\\_Status\\_Report](https://www.researchgate.net/publication/237346843_Fish_Passage_and_Fishways_in_New_South_Wales_A_Status_Report) (20. 8. 2023).
- U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Biomass Program. B. I. Pyrolysis and Other Thermal Processing. *Internet Archive Wayback Machine*, last updated 13. 10. 2005. [https://web.archive.org/web/20070629182647/http://www1.eere.energy.gov/biomass/printable\\_versions/pyrolysis.html](https://web.archive.org/web/20070629182647/http://www1.eere.energy.gov/biomass/printable_versions/pyrolysis.html) (15. 4. 2023).
- Udovič, Metka, Domen Leštan. 2008. Remediacija zemljine z območja stare cinkarne v Celju z metodo stabilizacije s cementom. *Acta agriculturae Slovenica*, letn. 91, št. 1 (maj): 283–295. <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-6HE8KX8B/f037279a-df7d-49ef-bdef-3d2935328fc9/PDF> (15. 3. 2023).
- Velikanje, Emil. 2001. Listavci. V: Les: osnove nastanka lesa, najpogostejše vrste in nekatere lastnosti lesa. <http://www2.arnes.si/~evelik1/les/listavci.htm> (20. 11. 2023).
- Vidonish, Julia E., Kyriacos Zygourakis, Caroline A. Masiello, Gabriel Sabadell, Pedro J. J. Alvarez. 2016. Thermal Treatment of Hydrocarbon-Impacted Soils: A Review of Technology Innovation for Sustainable Remediation. *Engineering*, 2 (4): 426–437. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809917300796> (15. 3. 2023).
- Vinšek, Katarina. 2010. Studenec Gospodična. *Ringaraja net*, 30. 6. [https://www.ringaraja.net/clanek/studenec-gospodicna\\_3081.html](https://www.ringaraja.net/clanek/studenec-gospodicna_3081.html) (20. 8. 2023).
- Voglar, Grega E. 2020. Poškodbe v krajini – koncept sanacije kamnolomov v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 78 (3): 140–152. <https://dirros.openscience.si/Dokument.php?id=13841&lang=slv> (15. 3. 2023).
- Vymazal, Jan. 2007. Removal of nutrients in various of constructed wetlands. *Science of The Total Environment* 380(1-3): 48-65. *The Science of The Total Environment*, 380 (1–3): 48–65. [https://www.researchgate.net/figure/Constructed-wetlands-for-wastewater-treatment-from-top-to-bottom-CW-with-free-floating\\_fig2\\_6717563](https://www.researchgate.net/figure/Constructed-wetlands-for-wastewater-treatment-from-top-to-bottom-CW-with-free-floating_fig2_6717563) (20. 8. 2023).



Walton, John. 2015. Rawney Ford (geograph 4388083).jpg. *Wikimedia Commons*, 10. 3. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=rawney+ford&title=Special:MediaSearch&go=Go&type=image> (12. 2. 2023).

Wunder, Sven. 2005. Payments for environmental service: some nuts and bolts. Bogor Barat (Indonesia): CIFOR (Center for International Forestry Research). *CIFOR Occasional Paper*, No. 42. [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/OccPapers/OP-42.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42.pdf) (20. 8. 2023).

Yin, Chun Yang, Suhaimi Abdul-Talib, G. Balamurugan and Khew Swee Lian. 2006. Contaminated land remediation technologies: current usage and applicability in Malaysia. Environmental Library. *The Ingenieur*, vol. 32: 21–24. <https://www.semanticscholar.org/paper/Contaminated-land-remediation-technologies%3A-current-Yin-Abdul-Talib/92e29e8d1064bb5e2a745eee449d36c0599d624d> (15. 3. 2023).

Z naravo do čistega okolja. 2012. Prerez rastlinske čistilne naprave Limnowet. *Facebook*, 30. 11. in 1. 2. 2013. [https://www.facebook.com/permalink.php?story\\_fbid=499853370066649&id=205866372881229&aiqv=0&eav=AfbhiPJTxKe4VUM1o-wWk2s2uWFt0z-D6EovgVfYyFUC\\_nyHrezacVObZaXkarDqa\\_8&rdr](https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=499853370066649&id=205866372881229&aiqv=0&eav=AfbhiPJTxKe4VUM1o-wWk2s2uWFt0z-D6EovgVfYyFUC_nyHrezacVObZaXkarDqa_8&rdr) (15. 3. 2023).

Zakotnik, Matic. 2015. Pregled inženirsko bioloških metod v sonaravnem urejanju vodotokov. Organizatorja Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo in Društvo študentov vodarstva; nosilec projekta Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. *Ljubljana povezuje* (Izvajanje projekta). Prosojnice. [http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanaconnects/Data/OkroglaMiza2015/predstavitve/Zakotnik\\_Pregled%20inzenirsko%20bioloskih%20metod%20v%20sonaravnem%20urejanju%20vodotokov.pdf](http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanaconnects/Data/OkroglaMiza2015/predstavitve/Zakotnik_Pregled%20inzenirsko%20bioloskih%20metod%20v%20sonaravnem%20urejanju%20vodotokov.pdf) (20. 4. 2023). Predstavitev na Okrogli mizi LIFE projekta Ljubljana povezuje za študente, Ljubljana, 10. 11. 2015.

Zavod za ribištvo Slovenije (Ljubljana - Šmartno): 2021. Usmeritve in priporočila ZZRS pri načrtovanju posegov. 14. 12. <https://www.zzrs.si/blog/usmeritve-in-priporocila-zzrs-pri-nacrtovanju-posev/> (12. 5. 2023).

Žujo, Jasmina, Gregor Danev. 2010. Uporaba metod za vrednotenje ekosistemskih storitev na varovanih območjih narave. *Varstvo narave*, št. 24: 65-84. [https://zrsvn-varstvonarave.si/wp-content/uploads/2019/09/Zujo\\_Danev\\_2230.pdf](https://zrsvn-varstvonarave.si/wp-content/uploads/2019/09/Zujo_Danev_2230.pdf) (14. 6. 2023).