



FILOZOFSKA FAKULTETA MARIBOR,
MEDNARODNI CENTER ZA EKOREMEDIACIJE
IN LIMNOS D.O.O.



EKOREMEDIACIJE



Avtorja: prof. dr. Danijel Vrhovšek in prof. dr. Ana Vovk Korže

Maribor in Ljubljana, 2007



FILOZOFSKA FAKULTETA MARIBOR,
MEDNARODNI CENTER ZA EKOREMEDIACIJE
IN LIMNOS D.O.O.



EKOREMEDIACIJE



Avtorja: prof. dr. Danijel Vrhovšek in prof. dr. Ana Vovk Korže

Maribor in Ljubljana, 2007

FILOZOFSKA FAKULTETA MARIBOR,
MEDNARODNI CENTER ZA EKOREMEDIACIJE IN
LIMNOS D.O.O.

EKOREMEDIACIJE

Avtorja: prof. dr. Danijel Vrhovšek in prof. dr. Ana Vovk Korže

Maribor in Ljubljana, 2007



FILOZOFSKA FAKULTETA
Mednarodni center za
ekoremediacije



PODJETJE ZA
APLIKATIVNO
EKOLOGIJO

Izdajatelj: Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta
Maribor, Mednarodni center za ekoremediacije in
Limnos, d.o.o.

Recenzent:
Mag. Prof. Dr. Wolfgang Fisher, Universität Graz

Jezikovni pregled: Vesna Jurač
Tehnična pomoč: Bojana Kroflič

Oblikovanje: Iztok Topler
Grafična realizacija: Gral_dizajn
Naklada: 500 izvodov

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

502.3:556.5
VRHOVŠEK, Danijel
Ekoremediacije / Danijel Vrhovšek, Ana Vovk
Korže. - Maribor : Filozofska fakulteta :
Mednarodni center za ekoremediacije : Limnos
d.o.o., 2007

1. Vovk Korže, Ana
COBISS.SI-ID 58975489

ISBN 978-961-6656-05-4



9 789616 656054

Znanstvena monografija: **EKOREMEDIACIJE**

Avtorja: prof. dr. Danijel Vrhovšek in prof. dr. Ana Vovk Korže



Prof. dr. Danijel Vrhovšek, univ. dipl. biolog:

je habilitiran za področje limnologije. Je ustanovitelj in strokovni vodja podjetja LIMNOS d.o.o. Njegovo področje raziskovalnega in aplikativnega dela zajema čiščenje odpadnih voda z rastlinskimi čistilnimi napravami, sonaravno sanacijo odlagališč odpadkov, upravljanje z jezeri, določanje ekološko sprejemljivega pretoka v rekah, okoljske raziskave in presojo vplivov na okolje. Je gostujoči predavatelj v večini držav Zahodnega Balkana in na Univerzi v Ljubljani. Prof. dr. Danijel Vrhovšek je član mednarodnih organizacij, strokovni sodelavec Svetovne banke, recenzent revije Water Research, član uredniškega odbora Ichthyos, nosilec več patentov in dobitnik prestižnih nagrad. Je vodilni na področju ekoremediacij in priznan inovator s področja sonaravnih tehnologij. Podjetje Limnos daje poseben poudarek raziskovanju, razvijanju, uporabi in trženju inovativnih, sonaravnih in trajnostnih rešitev v prid vodnim ekosistemom.



Prof. dr. Ana Vovk Korže, prof. geo.:

je habilitirana za področje fizične geografije. Ukvarja se z vključevanjem ekoremediacij v izobraževalne sisteme, je avtorica več učbenikov za slovenske in hrvaške šole, vodi mednarodne seminarje in razvija inovativne pristope preučevanja prsti, vode in vegetacije. Z regionalno geografskimi študijami sodeluje pri lokalnih projektih in vodi procese vključevanja javnosti v okoljsko odločanje. Ukvarja se z učnimi potmi, s trajnostnim razvojem in izobraževalnimi projekti, s katerimi sooblikuje systemske spremembe v visokem šolstvu. Je članica mednarodnih in slovenskih združenj. Na Filozofski fakulteti Univerze v Mariboru je ustanovila Mednarodni center za ekoremediacije s ciljem ustvariti učinkovito mednarodno in raziskovalno središče.

KAZALO VSEBINE

1 EKOSISTEMI	10
1.1 OSNOVNE FUNKCIJE EKOSISTEMOV	14
1.2 POVEZAVE MED ČLOVEŠKIMI DEJAVNOSTMI IN EKOSISTEMI	15
2 ONTOGENAZA JEZER KOT OSNOVA RAZUMEVANJA DELOVANJA EKOSISTEMOV	17
2.1 KAKO SE PROCES EVTROFIZACIJE ODVIJA V NARAVI?	17
2.2 VODNI EKOSISTEMI	20
2.3 KOPENSKI EKOSISTEMI	24
3. EKSTREMNI BIOTOPI	27
3.1 NARAVNI EKSTREMNI BIOTOPI	27
3.2 DEGRADIRANI EKOSISTEMI	33
4. TRADICIONALNA RABA PROCESOV V NARAVI	37
4.1 TRADICIONALNE OBLIKE EKOREMEDIACIJ	38
4.2 NARAVNE OBLIKE EKOREMEDIACIJ	40
4.2.1 ERM v vodnem in obvodnem prostoru	40
5. EKOREMEDIACIJE V ŽIVLJENJU LJUDI	48
5.1 ZADRŽEVANJE VODE Z EKOREMEDIACIJAMI	49
5.2 ČIŠČENJE VODE Z EKOREMEDIACIJAMI	50
5.2.1 Rastlinske čistilne naprave	52
5.3 ČIŠČENJE ZEMLJIN	55
5.4 ZAŠČITA OGROŽENIH HABITATOV	56
5.5 REVITALIZACIJA VODOTOKOV Z ERM	56
5.6 TRAJNOSTNA SANACIJA ODLAGALIŠČ	60
5.7 PREPREČEVANJE POPLAV IN ZADRŽEVANJE VISOKE VODE Z ERM	61
5.8 VAROVANJE PODTALNICE	62
5.9 SONARAVNA UREDITEV KMETIJ	63
6. KLASIFIKACIJA EKOREMEDIACIJ	64
7. UPORABA EKOREMEDIACIJ V PRAKSI	68
7.1 OKOLJSKI VIDIK - VEČNAMEMBOST	68
7.2 PRAVNO IZHODIŠČE	68
7.3 EKONOMSKO IZHODIŠČE	69
7.4 SOCIOLOŠKO IZHODIŠČE	71
7.5 ZAVAROVANA OBMOČJA (NATURA 2000, VODOZBIRNA IN OSTALA ZAŠČITENA OBMOČJA)	71
7.6 ZAŠČITA OGROŽENIH IN REDKIH VRST TER HABITATOV	71
8. IZGRAJENE EKOREMEDIACIJE	72
8.1 OSNOVNI PRINCIP DELOVANJA RASTLINSKE ČISTILNE NAPRAVE	72
8.1.1 RČN za čiščenje komunalnih vod	73
8.1.2 Turistične kmetije – princip delovanja RČN	75
8.1.3 Turistični objekti (avtokampi) – princip delovanja RČN	77
8.1.4 Manjša naselja – princip delovanja RČN	79
8.1.5 RČN za čiščenje industrijskih vod – princip delovanja RČN	81

8.1.6 RČN za čiščenje izcednih vod iz deponij komunalnih odpadkov – princip delovanja	84
8.1.7 RČN za čiščenje izcednih vod z avtocest – princip	86
8.1.8 RČN za kondicioniranje onesnaženih izvirov pitne vode – princip delovanja	87
8.1.9 Druge vrste RČN	88
8.2 RČN za terciarno čiščenje – princip delovanja	89
8.3 ERM za kmetijstvo – princip delovanja	90
8.4 Revitalizacije – princip delovanja	91
8.5 DRUGE OBLIKE ERM	93
8.5.1 Stranski jarek v Jeruzalemu	93
8.5.2 Jezero Vogršček - vtočni del jezera kot ERM	94
8.5.3 Okolica Hodoškega jezera	95
8.5.4 Mlinščice	96
8.5.5 Vegetacijski pasovi	97
8.6 SONARAVNE SANACIJE DEONIJ – PRINCIP DELOVANJA	98
8.7 PREDLOGI PODPROGRAMOV ZA UPORABO ERM ZA AKTUALNE OKOLJSKE VSEBINE	98
9. IZOBRAŽEVANJE ZA EKOREMEDIACIJE	100
9.1 EKOREMEDIACIJE V OBSTOJEČIH UČNIH NAČRTIH	102
9.2 EKOREMEDIACIJSKA UČNA POT MALA KRKA	104
9.3 VODNA UČNA POT DOBRAVA	106
9.4 »KNJIGA POJDIMO K POTOKU«	109
9.5 EKOREMEDIACIJSKA UČNA POT OB POTOKU MOKOŠ	110
9.6 REVITALIZACIJA IZVIRNE MLAKE NA MAKOTERJEVEM BREGU V SELU Z EKOREMEDIACIJAMI	111
9.7 SEMINARJI STALNEGA STROKOVNEGA SPOPOLNJEVANJA	113
10. DRUŽBENO EKONOMSKA SPREJEMLJIVOST EKOREMEDIACIJ	116
10.1 RAZUMEVANJE ODZIVA ČLOVEKA NA OKOLJSKE PROBLEME	116
10.2 TOLERANČNE MEJE EKOSISTEMA IN ČLOVEKA	118
10.3 KAKO NAPREJ NA PODROČJU VARSTVA OKOLJA V SLOVENIJI	120
10.4 POTREBA PO CELOVITEM PRISTOPU – EKOREMEDIACIJE	121
11. ZAKLJUČEK	124
Literatura	126

PREDGOVOR

Pojem EKOREMEDIACIJE (ERM) pomeni uporabo naravnih procesov za obnovo in zaščito okolja (eko + remediacija = »naravna ponovna oživitev«). Z ekoremediacijskimi metodami lahko zmanjšamo in odpravljamo posledice kmetijskega onesnaževanja, turizma, prometa, industrije, odlagališč in poselitve. Pomenijo torej vračanje k naravi s ciljem ohraniti ali popraviti naravno ravnovesje, pri čemer taka območja omogočajo nova delovna mesta in dodatne dejavnosti. Ekoremediacije so že prepoznane kot perspektivni trajnostni pristopi, kjer se uporabljajo naravni in sonaravni procesi in sistemi v prid obnove degradiranega okolja in zaščite naravnega okolja. V praksi se uporabljajo ERM kot rastlinske čistilne naprave, sonaravne sanacije deponij, obrežni vegetacijski pasovi – blažilna območja, stranski rokavi, umetna močvirja, protihrupne in/ali protiprašne bariere, fitoremediacije onesnaženih sedimentov, čiščenje tal, čiščenje pitne vode, terciarno čiščenje ter čiščenje nevarnih odpadnih voda. Z ERM – metodami se porabi manj denarja za sanacijo že ogroženih območij, izpostavi pa se trajno varovanje le-teh, kar pomeni v finančnem smislu veliko prednost. ERM so v celoti usklajene z najnovejšimi programskimi dokumenti in strategijami. Z ekoremediacijami je možno varčevati z energijo in jo celo pridobivati (uporaba obnovljivih virov energije). Naštevamo le nekaj prednosti ekoremediacijskih metod: za njihovo uvajanje in izvajanje niso potrebna zahtevna finančna vlaganja; gre za okolju prijazne metode, ki so naravne v funkcionalnem in estetskem pogledu; imajo večnamenske učinke; vključujejo preproste, ljudem razumljive in naravovarstveno sprejemljive postopke, ki delujejo kot dodatek že obstoječim sistemom za preprečevanje onesnaževanja itd. ERM so metoda za celostno ravnanje z okoljem, zato je potrebno pripraviti k sedanjim načrtom upravljanja z okoljem še dodatne študije. Iz dosedanjih rezultatov se kaže, da so v Sloveniji zaradi specifičnih naravnih pogojev (preplet klimatskih tipov, hitri prehodi med naravnimi enotami, biotska pestrost in še ohranjeno naravno okolje) ERM

edina trajnostna metoda za varovanje okolja. Za okolje bi lahko naredili več, kar velja za vlade in za državljanje, da bi gospodarski razvoj uskladili z nosilnimi zmogljivostmi Zemlje, kot ugotavlja Eurobarometer v poročilu o stanju okolja v Evropi. Evropa ima vse možnosti, da prevzame vodilno vlogo z oblikovanjem pametnejše, bolj konkurenčne in varnejše evropske družbe. Tovrstni napredek bi spodbudil izboljšave v okoljski učinkovitosti, ki je temelj kakovosti življenja. Slovenija ima izjemno priložnost, da prispeva z ekoremediacijami inovativni pristop k varovanju okolja in s tem okrepi skrb za ohranjanje pokrajine, obvarovanje biotske raznovrstnosti in izboljšanje kakovosti in količine sveže vode, kar omogoča varno in zdravo življenje.

Avtorja

O nujnosti ekoremediacij v znanosti

Prof. Mag. dr. Wolfgang Fischer

Raziskovalno področje ekoremediacij pridobiva na pomenu, saj je zasnovano zelo široko in povezuje naravoslovne, družboslovne in tehnične znanosti. Gre torej za zelo kompleksno raziskovalno področje z razpoznavno usmertivijo. Ta raznovrstnost znanj in kompleksnost seveda zahtevata intenzivno raziskovalno delo.

Na srečo imamo eksperte na številnih področjih z mnogimi rezultati, ki jih je potrebno povezati in jim dati pomen. Zato je potreben delovni forum, ki povezuje mrežo ekspertov, tudi mladih znanstvenikov, ki združujejo znanje in organizirajo konference ter publicirajo rezultate s področja ekoremediacij.

S strani avstrijskih partnerjev je polna podpora naporom Slovenije, da organizira kompetenčno mrežo na področju ekoremediacij. S strani podjetja LIMNOS d.o.o in Univerze v Grazu ter z Mednarodnim centrom za ekoremediacije na Univerzi v Mariboru je že ustaljeno sodelovanje. Ustanovitev skupne mreže za ekoremediacije z ustreznimi predmetnimi kompetencami je zato nadaljevanje tradicionalno dobrega sodelovanja. S strani Avstrije obstaja precej inštitucij, ki se ukvarjajo z vsebinami ekoremediacij. Zato je potrebno te povezati in omogočiti pretok znanja. Na Univerzi Karl-Franzes v Grazu je že okoli petnajst let zasnovan študij okoljskih sistemov. Z kompetenčnim centrom za ekoremediacije je ustvarjena nova možnost povezave. Ravno na mednarodnem nivoju je potrebno izmenjavati izkušnje in znanje, kar zahtevajo tudi sedanji kompleksni problemi, kot so klimatske spremembe, izguba rodovitnosti prsti, problemi z vodo in biotska pestrost.

Dosedanje izkušnje kažejo, da je potrebna sistematična organizacija pri povezavi znanj in izkušenj in da tovrstno mreženje ni samo po sebi umevno. Zato je cilj ekoremediacijske mreže, ustvariti trdno jedro z zainteresiranimi partnerji in nadalje pretegovati druge zainteresirane partnerje. To je po izkušnjah najboljša strategija za resnično delujočo mrežo.

Z moje strani želim popolnoma podpreti nastalo Mednarodno mrežo za ekoremediacije, pomagati pri nadaljnji graditvi, ker sem prepričan, da obstaja mnogo znanj, ki jih je potrebno povezati vsaj na nivoju Evrope. Sodelovanje na evropski ravni povezuje globalna znanja in ustvarja nova za potrebe lokalnega okolja. Prebivalci zaupajo ekoremediacijam, ker jih poznajo in mnogi z njimi živijo. Prav zato je pomembna tudi splošna širitev informacij s področja ekoremediacij za potrebe vsakdanjega življenja.

Pogosto uporabljeni izrazi v knjigi Ekoremediacije:

Avtotrofni ekosistemi vsebujejo primarne proizvajalce kot glavno komponento.

Bioindikatorski organizmi - to so rastline in živali, ki so pokazatelji določenega stanja v ekosistemu ali pa nakazujejo spremembe.

Biološki sistemi - za čiščenje pitne vode s pomočjo peščenih filtrov, na katerih se razvije združba rastlin, živali in mikroorganizmov.

Bioremediacija - označuje preprečevanje in odpravljanje posledic onesnaževanja z uporabo mikroorganizmov.

Biomonitoring - biološko opazovanje.

Biotično ravnovesje - funkcionalna skladnost vrst v biocenozi (ekosistemu) v nekem času in prostoru, ki jo kaže tudi sposobnost samočiščenja.

Degradacija - delovanje naravnih samoobrambnih in samočistilnih sposobnosti okolja več ni mogoče.

Ekosistem - ekološki sistem, kjer so v funkcionalno celoto povezani deli žive in nežive narave.

Ekosistemske tehnologije - tehnologije, ki temeljijo na upoštevanju ekosistemskih zakonitosti.

Ekoremediacije - uporaba naravnih procesov za obnovo in varovanje okolja in narave.

Evtrofizacija - bogatenje vode z anorganskimi in organskimi snovmi je eden izmed glavnih problemov pri gospodarjenju z vodnimi viri.

Fitoremedicija - preprečevanje ali odpravljanje posledic onesnaževanja z uporabo rastlin.

Heterotrofni ekosistemi so odvisni od že izoblikovane organske snovi, ki pride iz avtotrofnih ekosistemov od drugod.

Kal, puč, lokev, mlaka - vodni zadrževalniki.

Kopenski ekosistem - vsako kopensko okolje, majhno ali veliko, kjer živali in rastline medsebojno delujejo s kemičnimi in fizikalnimi značilnostmi okolja.

Mejice - gre za pasove drevesne in grmovne vegetacije med njivami.

Ontogeneza jezer - nastajanje in umiranje jezer.

Popoln ekosistem - v njem so vse tri temeljne skupine organizmov: proizvajalci, porabniki in razkrojevalci.

Revitalizacije - ponovna obnova vodotokov s ciljem vzpostavitve naravnih zakonitosti z ekoremediacijami.

Melioracijski jarek - kanal za odvodnjavanje predvsem kmetijskih zemljišč.

Mlinščice - so stranski rokavi, pri katerih pa je bila glavna vloga zagotoviti ustrezne višinske razlike za koriščenje energije vode.

Nepopoln ekosistem - v njem vsaj ena izmed treh temeljnih skupin organizmov manjka; npr. v jamah in globoko v morju ni svetlobe in zato tam ni proizvajalcev.

Naravni ekosistem - tisti ekosistem, ki ga človek ni spreminjal. Naravni ekosistemi so gozd, gozdni rob, jezero, mlaka, morje, travnik, puščava, tropski deževni gozd.

Obrežna vegetacija - je vegetacija ob vodotokih, ki je zaradi njenih osnovnih funkcij kot so preprečevanje erozije, zadrževanje vode, samočistilnih sposobnosti in ohranjanja biološke raznolikosti niso čistili.

Rastlinska čistilna naprava - RČN - oblika ekoremediacije za čiščenje vode s pomočjo rastlin.

Stranski rokavi - so jih izkoriščali v preteklosti bodisi kot zadrževalnike, namakalne sisteme ali pa kasneje kot energetske objekte za poganjanje mlinov in manjših elektrarn.

Selektivno izsekavanje - v gozdovih v starih časih niso delali golosekov, ker so se zavedali, da lahko goloseki povzročijo plazenje tal in s tem povzročijo hude posledice.

Vegetacijski pas - uporaba rastlin za zmanjševanje in preprečevanje netočkovnega onesnaževanja voda.

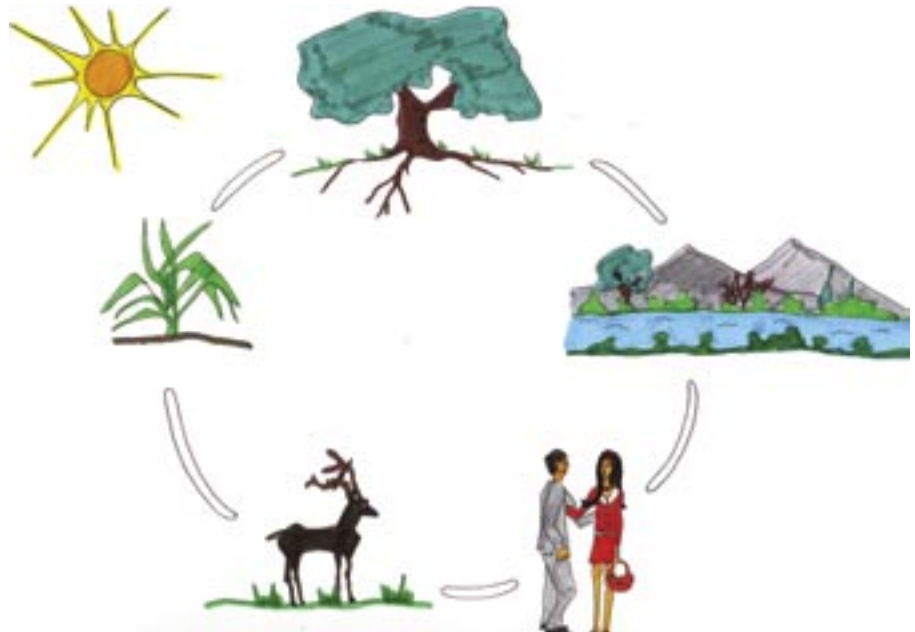
Umetni ali antropogeni ekosistem - tisti ekosistem, ki ga je človek spremenil. Pogosto se s spreminjanjem poruši tudi naravno ravnovesje. Umetni ekosistemi so umetno narejen ribnik, polje, vrt, mesto in odlagališče.

Vodni ekosistem - vsa vodna okolja, od majhnih do velikih, od ribnika do oceana, v katerih rastline in živali vzajemno delujejo s kemičnimi in fizikalnimi lastnostmi okolja.

1 EKOSISTEMI

Površje planeta Zemlja pokrivajo naravni in umetni ekosistemi. Vsak ekosistem je sestavljen iz dveh komponent, to sta življenjski prostor ali biotop in življenjska združba ali biocenoza. Med seboj sta neločljivo povezani, saj snovi med členi ekosistema neprestano krožijo, energija v sistemu pa se pretaka. Bolj kot je zgradba kompleksna, bolj je ekosistem stabilen in tem večje so njegove možnosti prilagoditve na spremembe v okolju (Vrhovšek, 2004 in drugi).

Slika 1 : Ekosistemi so najbolj kompleksne enote in so rezultat prilagoditve skozi milijone let (risala: B. Frank, 2007).

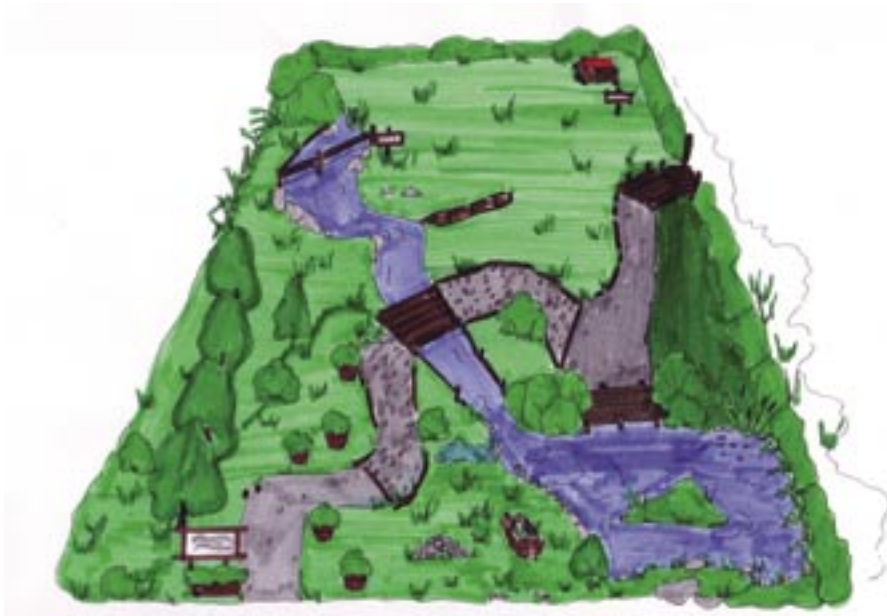


Ekosistem je ekološki sistem, kjer so v funkcionalno celoto povezani del žive in nežive narave (Lah, 2002). V živi del se povezujejo rastline, živali in človeška družba, ki za svoje življenje potrebujejo neživi del, zrak, vodo in tla. V tako povezanem sistemu krožijo snovi in se pretaka energija. Vsak del sistema vpliva na druge člene in vsak del je odvisen od delovanja celotnega sistema. Spremembe ekosistema lahko povzročijo notranji in zunanji dejavniki.

Struktura ekosistema

Osnovne sestavine so:

- nežive sestavine (voda in hranilne snovi),
- primarni proizvajalci (zelene rastline),
- razkrojevalci (dekompozitorji – mikrobi in živali, ki razgrajujejo mrtve organske ostanke) reciklirajo hranilne snovi in energijo in energija.



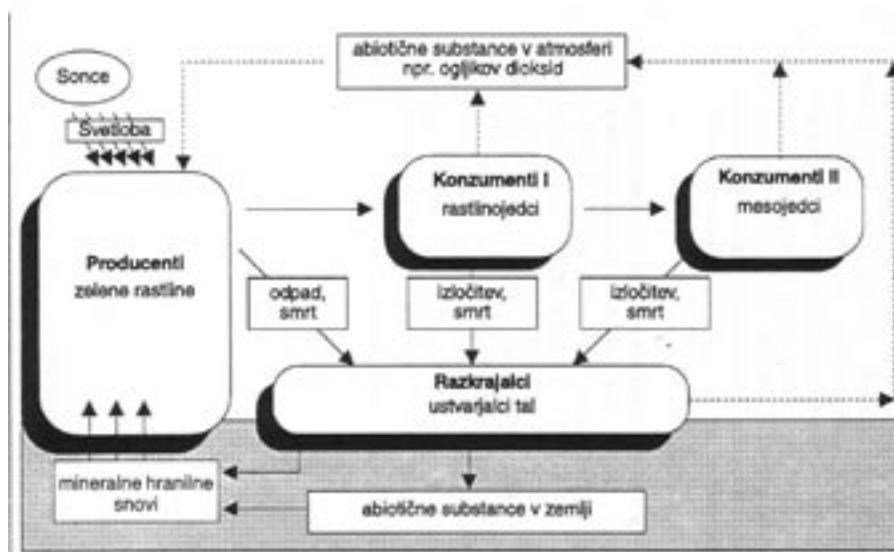
Slika 2: Biotop je življenjski prostor in ga soustvarjajo prsti, vode, zrak, morfologija površja, temperatura, vlažnost in podnebje. To je skupek za življenje potrebnih dejavnikov (risala B. Frank, 2007).



Slika 3: Biocenozo ustvarjajo živa bitja v medsebojni povezavi, pri čemer ima vsako živo bitje svojo funkcijo (bakterije, glive, rastline in živali). Taki organizmi kot alohtoni živijo v dinamičnem ravnovesju nežive narave, kar pomeni, da so sposobni določenih prilagajanj na spremembe. Tako sposobnost prilagajanja imenujemo ekološka amplituta (risala B. Frank, 2007).

Vegetacijske spremembe življenjskega prostora in populacijska gibanja kratkoročno spreminjajo biotop in biocenozo, medtem kot je ekosistem bolj stanovit. Medsebojni odnosi v rastlinskih in živalskih skupnostih na eni, odnosi med člani živalske in rastlinske skupnosti na drugi strani in odnosi enih in drugih tako do žive kot nežive narave, vse to sestavlja življenjsko okolje rastlin in živali (Geister, 1998).

Slika 4: Z ekosistemskim modelom ponazorimo sisteme in procese znotraj ekosistema (Wilfing, 1993)



Wilfingov model ekosistema kaže osnovno zgradbo vsakega ekosistema, ki ga gradijo voda, zrak, zemljine, rastline in živali, nanj pa deluje človek.

Transleyeve teorije o celovitosti ekosistemov so sprožile odločilen preobrat v ekološki stroki. Transley je spoznal, da za razumevanje funkcijskih mehanizmov naravnih sistemov ne zadostuje samo študij biocenoz, temveč je treba tudi neživi naravi odmeriti vsaj enako pomembno vlogo. Njegov novi miselni zasutek bi se dal nazorno primerjati z nekakšno mrežo, pri kateri so živa bitja (rastline in živali) vozlišča, abiotični faktorji pa povezave med posameznimi vozli. Pred Transleyevim konceptom so se ukvarjali ekologi predvsem z vozli, in sicer izključno v okviru raziskovalnih področij klasične biologije. Pomen tega novega načina mišljenja pri opisu ravnovesij v naravi je bil viden v kasnejših prizadevanjih za ekosistemski načrt kot teoretsko podlago za resnično celostno razumevanje narave s pritegnitvijo abiotičnih komponent (Wilfing, 1993).

Vrste ekosistemov

Ekosisteme lahko razdelimo po več kriterijih: z vidika vira energije lahko ločimo dva večja tipa ekosistemov. **Avtotrofni ekosistemi** vsebujejo primarne proizvajalce kot glavno komponento, sončna svetloba jim služi kot največji energijski vir; **heterotrofni ekosistemi** so odvisni od že izoblikovane organske snovi, ki pride iz avtotrofnih ekosistemov od drugod.

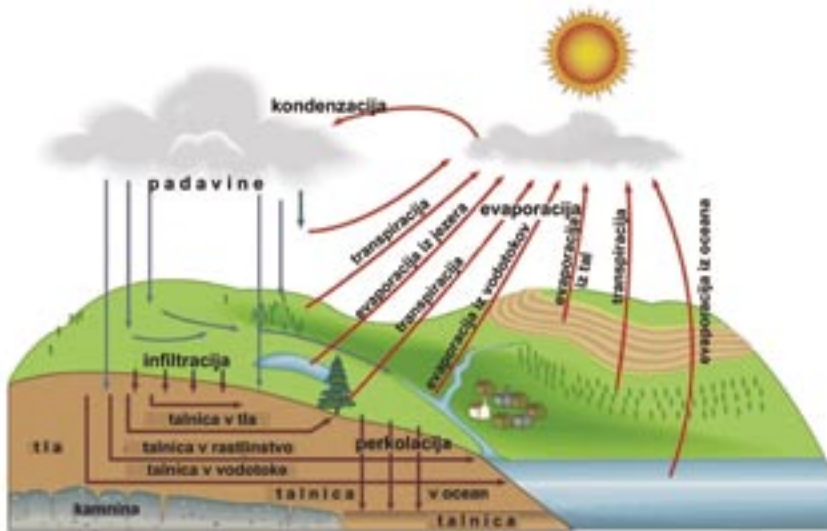
Popoln ekosistem – v njem so vse tri temeljne skupine organizmov: proizvajalci (to so rastline, ki pri fotosintezi iz anorganskih snovi tvorijo organsko hrano), porabniki (živali) in razkrojevalci (predvsem bakterije, glive in nekatere živali, ki razkrajajo organske snovi v anorganske).

Nepopoln ekosistem – v njem vsaj ena izmed treh temeljnih skupin organizmov manjka; npr. v jamah in globoko v morju ni svetlobe in zato tam ni proizvajalcev.

Naravni ekosistem – tisti ekosistem, ki ga človek ni spreminjal. Naravni ekosistemi so gozd, gozdni rob, jezero, mlaka, morje, travnik, puščava, tropski deževni gozd.

Umetni ali antropogeni ekosistem – tisti ekosistem, ki ga je človek spremenil. Pogosto se s spreminjanjem poruši tudi naravno ravnovesje. Umetni ekosistemi so umetno narejen ribnik, polje, vrt, mesto in odlagališče.

Ločimo torej naravne ekosisteme, kot so morja in vode na kopnem, gozdovi, travnata in druga območja ter umetne ekosisteme, kot so vodna zajetja in ribniki, različni nasadi, izkrčeni gozdovi in obdelovalna tla (Lah, 2002). Po obsegu je ekosistem višji kot biocenoza, zato zgolj poznavanje narave ne zadostuje. Celostno poznavanje ekosistemov in njihovih funkcij omogoča razumevanje pokrajine, saj se puferske sposobnosti ekosistemov odražajo v značilnostih pokrajine. Lastnost, da lahko ekosistemi zunanje



Slika 5 : Ekosistemi so rezultat povezave mnogih dejavnikov, ki delujejo v interakciji, zato je za njihovo poznavanje potrebno preučevati ekosisteme kot celote in ne zgolj njihovih posameznih lastnosti. (Vir: Arhiv Limnos d.o.o)

Ekosisteme lahko delimo tudi na kopne in vodne.

Vodni ekosistem - vsa vodna okolja, od majhnih do velikih, od ribnika do oceana, v katerih rastline in živali vzajemno delujejo s kemičnimi in fizikalnimi lastnostmi okolja.

Kopenski ekosistem - vsako kopensko okolje, majhno ali veliko, kjer živali in rastline medsebojno delujejo s kemičnimi in fizikalnimi značilnostmi okolja.

Wilfing ni posebej imenoval prehodnih in ekstremnih ekosistemov, kot so mokrišče (voda – kopno ter primarnih ekoloških ekosistemov, kot sta travnik in gozd.

vplive zmanjšajo, izničijo ali jih celo kompenzirajo, so temelj za ekosistemsko ravnotežje (Leser, 2005 in drugi), na katerem temeljijo ERM.

V Sloveniji se na kratkih razdaljah prepletajo gozdovi gorskih območij, morja in obmorska območja, mokrišča, travniki, kraški pašniki, kraške jame in drugi ekosistemi, ki omogočajo sožitje mnogim zelo različnim organizmom. Transley je utemeljil ekosistem kot celoto abiotskih in biotskih dejavnikov (Wilfing, 1993), v katerih potekajo procesi in kroži energija. Zaradi povezanosti elementov in procesov v ekosistemi se njihova funkcija spreminja, kar vpliva na stabilnost celotnega sistema.

1.1 OSNOVNE FUNKCIJE EKOSISTEMOV

Ekosistemske funkcije so odločilnega pomena za delovanje sistema vzdrževanja življenja. Nekatere ekološke funkcije so očitne, druge pa so skrite. Sistematično jih lahko razdelimo na naslednji način:

- **fizične funkcije** kot so absorpcija fosforja v zemlji, erozija in sedimentacija mulja, prestrežanje padavin, infiltracija padavinske vode v tla;

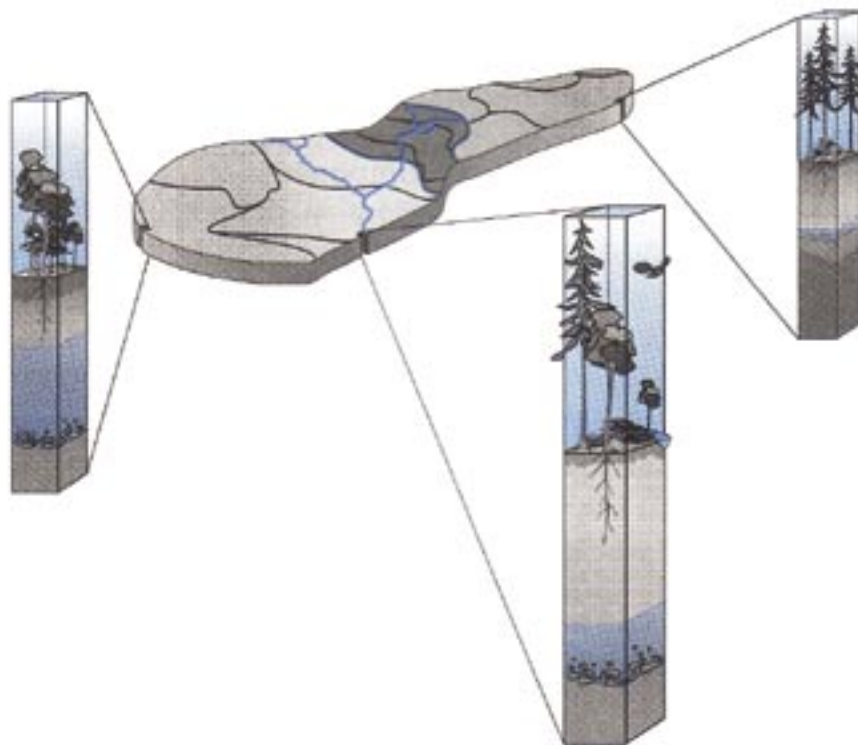
- **kemične funkcije** kot so proizvodnja kisika in poraba ogljikovega dioksida v procesu fotosinteze, denitrifikacija in sproščanje hranil preko biodegradacije

- **biološke funkcije** kot so fotosinteza, opraeševanje, raztros semen, obvladanje škodljivcev, proizvodnja biomase in ustvarjanje makropor v prsti (Falkenmark, 2003).

Posebej je treba omeniti tudi fizikalno-kemične funkcije, kot so vezava in sproščanje CO₂ ter oksidacijo in redukcijo.

Kopenski ekosistemi imajo temeljno vlogo pri procesu odtekanja vode, ker porabijo velike količine vode (pravimo ji zelena voda), pravzaprav dve tretjini celinskih padavin. Za proces fotosinteze je potrebna voda, katere količina je odvisna od podnebja. Voda je ena od dveh surovin v procesu, druga je ogljikov dioksid. Proces se začne z delitvijo vodnih molekul, čemur sledi biokemična reakcija, pri kateri sproščeni vodik reagira z ogljikovim dioksidom iz zraka in tako tvori sladkorne molekule, ki predstavljajo osnovno gradivo rastlinske biomase. Pri odpiranju rež na listih za sprejem ogljikovega dioksida rastlina z razpršitvijo izgublja vodo, ki se nadomesti s pomočjo toka vode iz korenin po

Slika 6: Meje med ekosistemi so posledica horizontalnih sprememb v njihovi sestavi in pogosto uplivajo na njihovo funkcijo (Baily, 1996).



rastlini navzgor. Krajinski ekosistemi so precej različni, glavne razlike so med travišči in gozdovi ter območji z značilno vegetacijo s prevladujočimi vrstami, ki se spreminjajo s podnebjem.

Kopenski ekosistemi se v osnovi oskrbujejo z infiltrirano vodo in, gledano iz globalnega stališča, porabijo dve tretjini padavin, ki padejo na kopno.

Vodni ekosistemi so sistemi vode (pravimo jim modre vode), koristni za rekreacijo, plovbo, razredčevanje onesnaževal, življenjski prostor in v njih žive živa bitja kot so ribe, vodne ptice, sesalci in druge živalske vrste.

V Wilfingovih zapisih je posebej podčrtana misel ameriškega ekologa Eugene P. Oduma, ki je znan po raziskovalni smeri »New Ecology«. Ta je zapisal, da je potrebno pri razumevanju ekosistemov poznati celotno strukturo in funkcijo, šele potem se lahko lotimo posameznih delov (Wilfing, 1993), kar je temeljno izhodišče tudi pri ekoremediacijskem pristopu.

Lastnosti naravnih ekosistemov (zadrževanje vode in erozije, samoočiščenje, habitat za ohranjanje biodiverzitete) so uporabljali ljudje že v preteklosti (kal, puč, vegetacijski pasovi, itd.). Tudi danes se, sicer posodobljene, uporabljajo vedno pogosteje tovrstne remediacijske metode za preprečevanje oz. za odpravljanje posledic onesnaževanja in preventivno varovanje okolja. Ekoremediacija je način varovanja ali čiščenja okolja z naravnimi ali sonaravnimi ekosistemi, obnova

naravne kakovosti in lastnosti tal. Sonaravna zaščita se doseže z rastlinskimi čistilnimi napravami, z nevtralizacijo tal in razgradnjo strupenih snovi, z vegetacijskimi barierami, revitalizacijo vodotokov in ukrepi za zmanjšanje evtrofikacije (Lah, 2002).

Narava nas resnično lahko marsičesa nauči: energijo uporablja zelo varčno, snovi prevaja v sklenjenih obtokih, vse komponente skupaj so na ta način združene v smiselno celoto – v sistem.

Človek je ta sistem prikroutil sebi v prid, ustvaril je ekosisteme »po človeški meri«, kulturne pokrajine, industrijske regije in vidno vplival na procese v njih. Zgodovinski zgledi celostnega mišljenja, ki so bili v preteklosti spet in spet deležni očitkov breznačrnosti in neznanstvenega idealizma, so dobili v sedanosti z novimi znanstvenimi dokazi potrditev svojih osnovnih domnev.

1.2 POVEZAVE MED ČLOVEŠKIMI DEJAVNOSTMI IN EKOSISTEMI

Ekosistem pomeni torej združbo vzajemno delujočih organizmov v sistemu, ki ga poganja sončna energija in obsega primarne proizvajalce, potrošnike in razkrojevalce. Le-ti vzajemno sodelujejo pri pretoku energije, kroženju elementov (vključno z vodo) in prostorskih ter časovnih zaporedjih vegetacije. Ekosistemi so lahko različnih razsežnosti, od globalnih do lokalnih. V prisposodbi gledano je na vrhu lestvice ekosistem vzdrževanja življenja na planetu, energijo mu daje sonce, skupaj pa ga drži krožeča voda, ki deluje kot krvni obtok. V spodnjem delu lestvice so ekosistemi, ki jim pravimo biotski sistemi: travišča, gozdovi, jezera. To so ekosistemi, ki oskrbujejo lokalno družbo s pridelki, krmo, drvni, gradbenim lesom, ribami, mesom in za katere lokalni prebivalci skrbijo.

Ekosisteme razumemo kot osnovne in dinamične »proizvodne dejavnike« družbenega in gospodarskega razvoja. Ekosistemi proizvajajo vrsto obnovljivih virov in ekosistemskih storitev, na katerih temelji blaginja človeške družbe. To pomeni, da je človekova uporaba teh virov in storitev odvisna od obstoja, delovanja in vzdrževanja večnamenskih ekosistemov, v katerih hidrološki tokovi predstavljajo njihov »krvni obtok«.

Ljudje in ekosistemi si delijo isto vodo: v povodjih se padavine porazdelijo med naravo in človeško družbo ter med koptimi in vodnimi sistemi. To je torej sistem, v katerem je potrebno doseči ravnovesje med človekom in naravo. Vse padavne v določenem razvodu predstavljajo vodni vir, ki si ga delijo vse

tamkajšnje dejavnosti, ki so odvisne od vode. Ko pade na zemljo, se deževnica razdeli na tok zelene vode (hlapi), ki vzdržuje kopenske ekosisteme in na tok modre vode (tekočina), ki vzdržuje vodne ekosisteme in je dostopen ljudem za uporabo. To je temeljni razlog potrebe po celovitem razumevanju varovanja voda, kjer se upoštevajo procesi in elementi prispevnega območja ali porečja in ne le struge same.

Ekosistemi opravljajo ekološke storitve v smislu produktivnosti kopenskega ekosistema (gradbeni les, les za ogrevanje, zdravila, pridelki) in produktivnosti vodnega sistema (ribe, morski sadeži). Oba ekosistema morata ostati produktivna. Druge ekološke storitve se nanašajo na procese, ki so nujni za delovanje sistema vzdrževanja življenja. Kopenski ekosistemi na hribih sodelujejo pri razdeljevanju deževnice na del, ki izhlapeva in na dela, ki predstavljata poplavni tok in podzemno vodo, vodni ekosistemi v dolinah pa nosijo breme človekovih dejavnosti v višjih legah, kar se odraža v poslabšanju kakovosti vode, usihanju rek in sezonskih spremembah.

Organizmi, ki so med seboj povezani, skupaj s fizičnim okoljem tvorijo ekosistem. Zunaj njih živa bitja ne morejo preživeti; večina jih je tudi najuspešnejših v tistih ekosistemih, na katere so se evolucijsko prilagodila. Če uničimo ekosistem, bodo propadle tudi vrste in nasprotno. Vloga posameznih vrst v ekosistemu je različna. Če izgubimo katero od ključnih, ki je pogoj za obstoj različnih drugih, utegne to sprožiti verižno nadomeščanje in izumiranje, ki bo še naprej siromašilo celoten ekosistem. Razmejevanje med eko-

sistemi je neredko subjektivno, zato tudi ekosistemsko diverzitetu težko ponazorimo v številkah. Med dvema ekosistemoma je navadno ožje ali širše prehodno območje (ekoton) s posebnimi ekološkimi razmerami (Kryštufek, 1999).

Za ohranjanje biotske raznovrstnosti je ključnega pomena razmerje med raznovrstnostjo ekosistema (število vrst, ki ga gradijo) in njegovo notranjo stabilnostjo. Ekosistemi so že sami po sebi izjemno kompleksne skupnosti z nešteti interakcijami, poleg tega so tudi odprti sistemi, na katere vpliva širok spekter zunanjih dejavnikov. Zato je njihovo raziskovanje skrajno težavno, predvidljivost nadaljnega razvoja pa navadno zelo majhna.

Ker so ekosistemi in ljudje resnično odvisni, je potreben ekosistemski pristop – to je celostni pristop k zagotavljanju človekovega preživetja in varovanja ekosistemov: vključiti mora prizadevanja za zaščito produkcije bistvenih ekosistemskih dobrin in storitev, od katerih je odvisna družbena blaginja. Pri tem ne smemo pozabiti, da obstajajo številne možnosti človekovega vplivanja na ekosistem, tako neposredno z vplivi na pretok in vodne poti, kakor posredno preko vplivov na prepustnost prsti, vegetacijo in odtekanje. Ker človekove dejavnosti, predvsem raba pokrajine, pridelava biomase, onesnaževanje in slabšanje kakovosti vode stalno motijo ekološko funkcijo vode, bo ključni izziv postalo soočenje z biotskimi povezavami med krožečo sladko vodo in ekosistemi. Potrebno bo najti kompromis med različnimi funkcijami vode, kar je še težja naloga kot obstoječa prizadevanja za zagotavljanje vode za ljudi, industrijo in namakanje.

2 ONTOGENEZA JEZER KOT OSNOVA RAZUMEVANJA DELOVANJA EKOSISTEMOV

Kot je zapisano v presoji ekosistemov tisočletja, objavljeni 2005, so človekove dejavnosti privedle planet Zemljo na rob množičnega izumiranja vrst in še naprej ogrožajo našo preživetje. Po trenutnih ocenah so stopnje izgub zaradi dejavnosti človeka stokrat do tisočkrat višje kot v naravnih pogojih. V presoji tisočletja je posebej poudarjeno, da ekosistemske storitve omogočajo življenje ljudi in naveden zaključek, da je prihodnost človeštva odvisna od zdravih ekosistemov (Osnutek poročila o zaustavitvi izgube raznovrstnosti do leta 2010). Poznavanje ekosistemov, njihovih procesov in funkcij je potrebno prav zato, da z njimi lahko uspešno varujemo okolje.

V prispevku o razvoju jezer je dr. Vrhovšek (1983) razložil nastajanje in umiranje jezer – ontogenezo jezer. Evtrofizacija ali bogatenje vode z anorganskimi in organskimi snovmi je eden izmed glavnih problemov

pri gospodarjenju z vodnimi viri. Največji problem in hkrati vzrok za hitro evtrofizacijo je dotok in vedno večje kopičenje hranilnih snovi v nekem vodnem okolju. Glavni simptomi tega pojava se kažejo v stalnem povečanju produktivnosti rastlinskih in živalskih organizmov. Razpad večjih količin organskega materiala porablja mnogo kisika in zato so spodnje plasti jezera lahko pogosto brez njega. Takšno stanje tako naravnega kot tudi umetnega jezera ima mnogo negativnih posledic, predvsem s stališča uporabnosti vode za najrazličnejše namene.

Intenzivno raziskovanje vzrokov evtrofizacije po svetu (UNESCO, WHO, OECD) je privedlo do spoznanja, na katerih temeljijo vsi sanacijski ukrepi. Glavna in zelo pomembna ugotovitev je, da sta fosfor in dušik tista, ki sta v novejšem času te procese izredno pospešila. Na podlagi te ugotovitve temeljijo restavratski ukrepi (Vrhovšek, 2003).

2.1 KAKO SE PROCES EVTROFIZACIJE ODVIJA V NARAVI?

Jezera se rodijo, so mlada, se postarajo in končno odmrejo. Pri razvoju – propadu jezer govorimo o staranju, s tem v zvezi pa pogosto uporabljamo besede kot so odmiranje, obolevanje, zasipavanje, bogatenje s hranilnimi snovmi (evtrofikacija). Kako hiter bo proces evtrofizacije, kako hitro bo neko jezero odmrl, je odvisno od vrste faktorjev, tako v okolju kot v jezeru samem.

Naravni vzroki za evtrofizacijo

Geološko mlado jezero vsebuje zelo malo hranilnih snov, ki so potrebne za razvoj alg in višjih vodnih organizmov. Zato je celotna biološka produkcija majhna, oz. omejena. Na podlagi majhne količine prisotnih hranilnih snovi imenujemo takšno jezero oligotrofno.

Med najpomembnejšimi hranilnimi snovmi so fosfatne spojine. Danes njihovo vlogo v procesu evtrofizacije pogosto precenjujemo tako, da v glavnem mislimo samo na ta element, ko govorimo o trofičnem stanju jezera. V oligotrofnih jezerih je razmerje med količino fosforja in dušika 1 : 100. V takšnem jezeru je le malo planktonskih alg, zato svetloba lahko prodira globoko pod površje. Na svoji poti zadeva ob lebdeče delce in se tako ne pretvarja v toploto, zaradi česar se jezero v poletnih mesecih le malo segreje. Bioprodukcija kisika poteka v celotnem vertikalnem profilu, zato je kisik stalno prisoten tudi pri dnu. Temperaturna plastovitost v poletnem obdobju je slabo izražena, torej je omogočeno tudi mešanje spodnjih plasti.

Če sta dotok in iztok v jezero majhna, se pričnejo v njem akumulirati hranilne snovi. Razmerje med fosfati in nitrati se močno znižuje in ko se približa vrednosti 1 : 10, že govorimo o evtrofnem jezeru. S tem, da se količina hranilnih snovi povečuje, se povečuje tudi celotna biološka produkcija in količina organske materije. Lebdeče alge sestavljajo v glavnem zelene in modrozeleno alge, ki vedno pogosteje ob ugodnih ekoloških pogojih tvorijo vodni cvet. Alge, ki so odmrle in padajo proti dnu, predstavljajo dodatek organskega materiala, ta v spodnjih plasteh gnije in porablja kisik. V evtrofnem jezeru je torej poleg rastlinskega in živalskega planktona prisotnih še mnogo drugih lebdečih delcev, v katere zadeva svetloba na svoji poti v globino. Pri bohotnem razvoju alg v zgornjih plasteh pade svetloba na minimum že po nekaj 10 cm. Na tej globini fotosinteza ne poteka več in organizmi kisik samo porabljajo. Zgornje plasti vode se močno segrejejo, medtem ko ostanejo spodnje plasti hladne.

V jezeru ločimo tri plasti vode: zgornjo imenujemo epilimniji, spodnjo hipolimniji. Zaradi različne gostote se ti dve plasti ne mešata. Organizmi, ki tonejo v globino, kmalu porabijo ves kisik v spodnjih plasteh in plast vode brez kisika se začne hitro približevati površini. Fosfati, ki so v oligotrofnem jezeru v sedimentih, se pričenejo v pogojih brez kisika hitro sproščati nazaj v vodo in s tem se biološka produkcija neprestano povečuje. Na genezo jezera iz oligotrofnega v evtrofno stanje, ki je kompleksen proces, vplivajo še drugi ekološki dejavniki, poleg naraščanja produktivnosti.

Vzroki, pogojeni s človekovo aktivnostjo

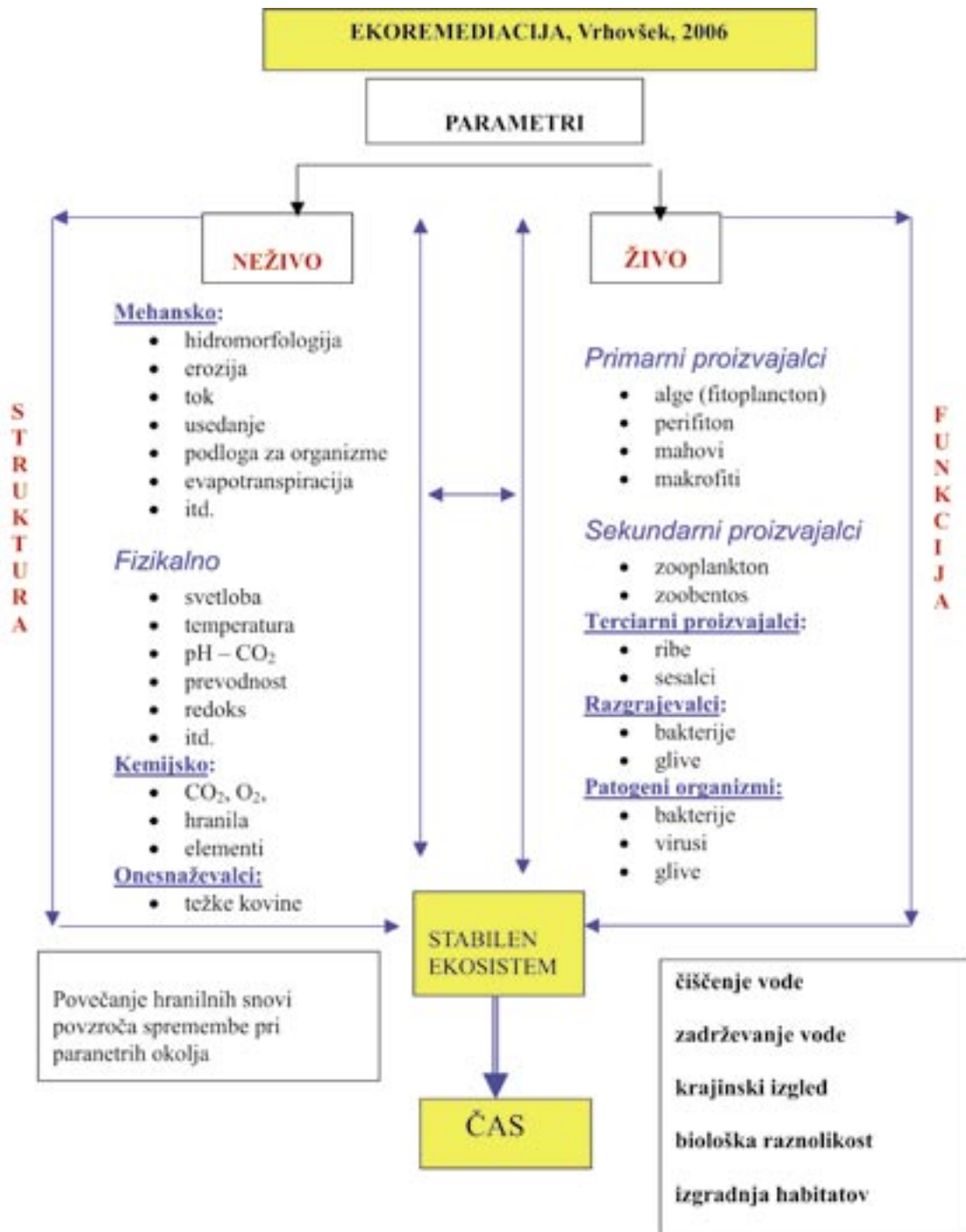
Pri naravnem procesu gre za problem staranja tako naravnih kot tudi umetnih jezer, pri čemer se zaradi najrazličnejših naravnih vzrokov hranilne snovi v vedno večjih količinah akumulirajo v vodnem biotopu. Vzroki

za umetno evtrofizacijo so predvsem v dodajanju teh snovi, kar je posledica človekovih aktivnosti. Danes zato evtrofizacijo jezer opisujemo kot onesnaženje, ki ga povzroči prekomerni dotok hranilnih snovi, predvsem fosfati in nitrati. Te snovi so prisotne v odplakah iz gospodinjstev in kmetijstva.

Kakšna količina hranilnih snovi se bo kopičila v nekem jezeru, je odvisno od geoloških, morfoloških, hidroloških, klimatskih, geografskih in še drugih dejavnikov. Zelo pomembna je geološka podlaga prispevnega območja voda. Od nje je odvisno, koliko hranilnih snovi se bo izpralo v jezersko kotanjo. Tudi erozija v prispevnem območju je zaradi zasipavanja z dotoki ali zaradi direktnega zasipavanja jezerske kotanje bistvena in vpliva na proces evtrofizacije. Dvigovanje jezerskega dna pomeni večanje temperature in s tem pospešene biološke procese. Proces evtrofizacije je tudi hitrejši v nižinah kot višje v gorah. Obalna vegetacija namreč ustvarja ugodne mikroklimatske pogoje in povečuje količino organskega materiala v jezeru. Vegetacija se uspešno razvija v nižinah, kjer je sezona daljša in ni vpliva UV žarkov. Podobno vplivata tudi geografska širina in geografska dolžina.

Odločilnega pomena za jezero je oblika jezerske kotanje in hidrologija jezera. V principu lahko rečemo, da je v jezerih z velim pretokom oz. z večjo izmenjavo vode, proces evtrofikacije počasnejši, obstaja pa nevarnost zasipavanja. V globljih jezerih z manjšim pretokom je evtrofizacija hitrejša in je zasipavanje, ki poteka predvsem na račun usedanja, počasnejše. Vsak od omenjenih vplivov je na začetku počasen in kasneje hitro napreduje. Pospešen razvoj odmiranja jezer je posledica bioloških procesov. Ta spoznanja so pomembna pri uporabi ekoremediacij v praksi.

Slika 7: Funkcija in struktura ekosistemov določa ekoremediacijo



Iz slike 7 je razvidno, da so vsi v shemi prikazani in še mnogi drugi dejavniki ekosistemu medsebojno povezani. Vsaka sprememba abiotskih (neživih) dejavnikov vpliva tako na strukturo in funkcijo biotskih (živih) dejavnikov in obratno. Če se spremeni struktura in funkcija organizmov, se spremenijo tudi abiotski dejavniki.

Primer: če v vodni ekosistem dotekajo hranilne snovi, npr. fosfati, se bodo spremenili praktično vsi abiotski in biotski dejavniki. Povečalo se bo število

primarnih producentov oziroma biomasa, ki bo zaradi svoje aktivnosti oziroma količine spremenila tako fizikalno- kemijske, kot tudi vse ostale dejavnike. Spremenil se bo vrstni sestav fitoplanktona, makrofitov, zooplanktona in rib. Podobno bi se dogodilo tudi na primer, če bi dodali določene polutante ali vrste organizmov (npr. tolstolobik ali amur, vodna hiacinta, itd.). Vse te spremembe organizmov bi vplivale tako na žive kot nežive dejavnike v shemi 8.

2.2 VODNI EKOSISTEMI

Vodni ekosistem je v oceanu in morju ali tekočih in stoječih vodah na kopnem (v jezeru, močvirju, ribniku, reki in potoku), kjer so živi organizmi povezani med seboj in z neživo naravo v labilnem ravnovesju, ki se spreminja s kroženjem vode, podnebnimi razmerami in posegi človeka v naravo (Lah, 2002).

Vsi zemeljski vodni viri so medsebojno povezani v krožno-transportni proces, imenovan vodni (hidrološki) krog. Vodni krog sestavljajo izhlapevanje, transpiracija, kondenzacija, padavine, odtok vode in infiltracija. Vsi

deli vodnega kroga so med seboj povezani in vsak poganja ostale (v krožnem potovanju vsaka molekula vode najmanj dvakrat spremeni agregatno stanje). Na globalno kroženje vode vplivajo količina in razporeditev padavin, temperatura, geološka sestava tal in s tem prisotnost talne vlage, vegetacijska pokritost površja in človekove dejavnosti.

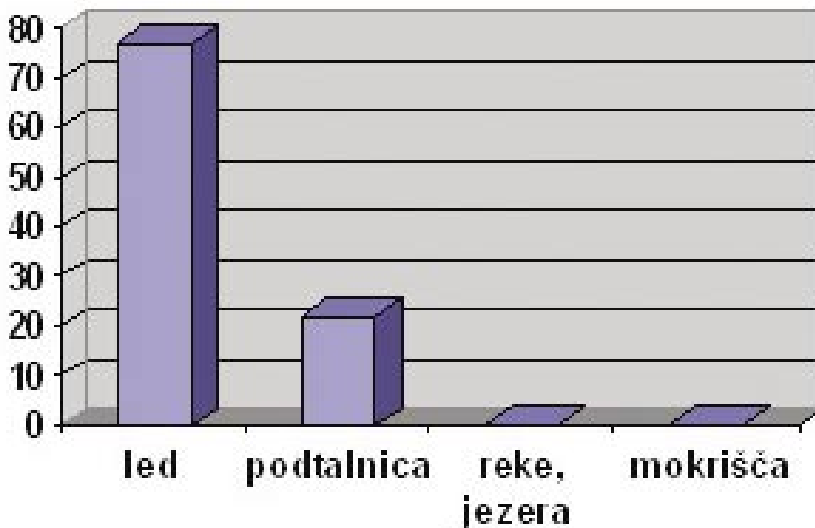
»Vodni ovoj Zemlje«, kakor običajno označujemo hidrosfero, sestavljajo morja in kopenske vode (na in pod zemeljskim površjem). Svetovne zaloge vse vode



Slika 8: Ekosistem tekočih voda je odraz lastnosti pokrajine in histričnega razvoja ter vplivov človeka (foto: A. Vouk Korže, 2007)

naj bi znašale skoraj 1,5 milijarde km³, od tega je 97,35 % slane in 2,65 % sladke vode. Vendar od nekaj manj kot 3 % sladke vode, kar 77 % je vezane v ledu (ledene plošče, ledeniki, polarne kape). 8,5 milijonov km³ je podtalnice in le približno desettisočinka vse vode ali dobrega pol odstotka vse sladke vode (200.000 km³) pripada rekam in jezerom, torej tisti vodi, ki nam je neposredno najbolj zanimiva in lahko dostopna (Vovk Korže, 2005).

Oceanska voda je izjemno pomembna kot okoljski regulator pri vzdrževanju ravnotežja med ogljikovim in kisikovim krogom, vendar je človek najbolj neposredno odvisen od sladke vode. Skupna poraba vode za človeško oskrbo, kmetijstvo, industrijo ipd. se je na svetu skoraj podeseterila in prav nič ne kaže, da bi se umirjala.



Slika 9 : Zastopanost sladke vode na Zemlji (v %) kaže, da moramo z dostopno vodo ravnati bolj previdno.

Vodni ekosistemi se razvijajo v različnih **življenjskih okoljih**, to so:

- morja (odprto morje, usedlinsko školjčno dno, morske trate in bibavični pas),
- morska obrežja (slane luže, peščeno obrežje, poloj, slane trate, slane mlake in somorno močvirje),
- močvirje (povirno močvirje, nizko barje, trstiče, šašje, visoko barje),
- jezera (povirno jezero, ledeniško jezero, presihajoče jezero, zadrževalnik, zbirno jezero, pretočno in glinokopno jezero),

- reke (deroče, zastajajoče, presihajoče, uravnane, nižinske, kraške, gorske, grape, tesen, slapovje in izviri ter

- loke (mrtvice, peskokopne mlake, grezišča, prodišča, vrbine, topolovi nasadi).

Voda je del svetovnega biološkega in mineralnega bogastva, iz katerega družba ustvarja vrednost. Uvrščamo jo med obnovljive vire, ki se v primeru pretirane uporabe ne morejo več sproti obnavljati, in zato lahko postanejo neobnovljivi.



Slika 10: Vodni ekosistemi omogočajo razvoj mnogih biotopov (foto: A.Vouk Korže, 2006)

V vodnih biotopih se razvijejo specifični habitatni tipi, ki so prilagojeni na več vode (Jogan in drugi, 2004):

A) Obalni in priobalni habitatni tipi: priobalno in odprto morje s pripadajočo favno in floro, ki se združuje v plavajoče ali lebdeče združbe morskega dna; združbe obrežja, lagun, zalivov, rečnih izlivov, združbe obmorskih slanišč, obalni klifi, značilna obalna sekundarna vegetacija.

A1) Morski obalni tipi: priobalno in odprto morje s plavajočimi ali lebdečimi združbami in združbami morskega dna, združbe obrežja, lagun, zalivov, rečnih izlivov, združbe obmorskih slanišč.

A2) Rečna ustja in območja plimovanja v rekah: izlivi rek v morje in območje plimovanja po reki navzgor. Vključene so morske združbe in sladkovodne združbe.

A3) Muljasti in peščeni položji brez vegetacije višjih rastlin: muljasti in peščeni obmorski položji običajno brez vegetacije višjih rastlin, lahko porastli s prevlekami alg in modrozelenih cepljivk.

A4) Obmorska slanišča s slanooljubno vegetacijo so združbe z različnim vplivom morske vode, v katerih prevladujejo slanuše (halofiti).

A5) Obmorski klifi in skalnata obrežja, so obmorski skalnati – apnenčasti ali flišni klifi, ki se strmo spuščajo neposredno v morje, ali pa je pod klifi ozka obala. Delovanje morja na klif ima različen vpliv, odvisno od višine oziroma oddaljenosti od morske gladine.

B) Sladke celinske vode so tekoče in stoječe sladke vode naravnega ali antropogenega nastanka.

B1) Obalne lagune: slane vode, ločene od morja. Lahko so ohranjeni ozki prehodi do odprtega morja.

B2) Stoječe sladke vode so naravna jezera, ribniki, mlake, mrtivce, akumulacijska jezera ter kanali in drenažni jarki z razvito vodno vegetacijo ali brez nje.

B3) Tekoče vode so stalne ali občasne reke in potiki, vključno s hudourniki, slapovi, brzicami, razen meliščnih in skalnih hudournikov, ki se trenutno pojavijo samo ob močnem naluvi.

V vodnih ekosistemih je voda prevladujoč dejavnik življenjskega okolja, ki se pojavlja v vseh vodnih telesih.

2.3 KOPENSKI EKOSISTEMI

Varstvo narave že nekaj časa ne pomeni več le varstva živalskih in rastlinskih vrst ter naravnih vrednot. Učinkovito je le varovanje življenjskih okolij skupaj s procesi, ki jih ohranjajo, kar zmanjša možnost konfliktov med interesi varstva narave in razvojnimi pobudami.

Kopenski ekosistemi se razvijajo v različnih oblikah življenjskih okolij, tu omenjamo samo nekatere:

- visokogorje (visokogorski pašnik, kal, večni sneg, ruševje, melišče, skalovje, visokogorske trate),
- podzemlje (mrzlišča, ledenice, vodne jame, kopne jame),
- goličave (kamnolom, peskokop, razvalina),
- vaško okolje (kmetija),
- sadovnjak (senožetni sadovnjak, plantažni),
- polje (njiva, ledina, poljska tla),
- travnik (gojeni travnik, močvirni, kraško polje) in gozd (združbe gozdov, poseka, gozdni rob).



Slika 11: Življenje v kopenskih ekosistemih je vezano na terestične abiotske dejavnike (foto: A. Vouk Korže in J. Potočnik)

Razvrstitev kopenskih habitatnih tipov (Jogan in drugi, 2005) :

A) Grmišča in travišča: združbe v katerih prevladujejo grmi in trave. Lahko so klimaksne združbe območij, kjer ne uspevajo gozdovi ali so prehodne, zoogene ali antropogeno nastale regresivne ali progresivne stopnje v gozdnem območju na propustnih, slabo propustnih ali občasno poplavnih tleh. Vključena so listopadna, in vedno zelena (tudi sklerofilna) grmišča, sestoji vresnic v borealnem, zmernem, mediteranskem, tropskem in visokogorskem klimatskem območju, stepe ter alpska in druga gorska travišča.

A1) Resave in grmišča v zmernih klimatskih predelih: grmišča klimatsko zmernih predelov vključujejo listopadna grmišča in pritlikava grmišča subarktičnih, subantarktičnih, zmernih, stepskih, zmerno toplih vlažnih in mediteranskih območij, resave in grmičaste iglavce.

A2) Toploljubna zimzelena grmišča sestojijo iz zimzelenih grmičev in grmov v Sredozemlju ali na prisojnih legah.

A3) Naravna suha travišča (stepe) in sekundarna suha travišča so primarna travišča (stepe) ali sekundarna travišča (pseudostepe) z dominantnimi nizkimi ali visokimi šopasto razraslimi travami ali šaši, ki tvorijo travno rušo.

A4) Suha travišča na silikatih so nizko rastoča, večinoma sekundarna travišča ali združbe enoletnic na zakisanih, dobro propustnih tleh nižinskih gričevnatih in gorskih predelov v zmernih, borealnih, mediteranskih in zmerno toplih območjih.

A5) Alpska in subalpska travišča so primarna ali sekundarna travišča alpskega in subalpskega pasu borelanih, zmernih, zmerno toplih vlažnih gorstev, tudi v Alpah in v Dinaridih nad gozdno mejo.

A6) Mokrotna ali vlažna antropogena travišča in visoko steblikovje so sekundarno nastala močvirna, mokrotna ali vlažna travišča Evrope, ki vključujejo tudi različne oblike visokega steblikovja.

A7) Mezotrofna do evtrofna gojena travišča so zmerno ali intenzivno gojena travišča od nižin do montanskega pasu v zmernem in sredozemskem podnebnju. V rabi so kot pašniki in travniki. Rušo gradijo trave, floristična pestrost je odvisna od vnosa (predvsem dušičnih) gnojil, manjša je pestrost, več je visokoproduktivnih trav.

B) Gozdovi: naravni ali polnaravni sestoji, v katerih prevladujejo drevesa. Vključeni so sklenjeni ali presvetljeni naravni gozdovi, naravnim podobni ali gojeni gozdni otoki na suhih tleh, na stalno ali občasno vlažnih ter na stalno ali občasno z vodo poplavljenih tleh. Vključeni so tudi gozdovi z nizkimi drevesi ali grmi rečnih in močvirnih rastišč, kot tudi nasadi dreves v njihovem naravnem območju poplavljanja.

B1) Listopadni gozdovi: gozdovi in gozdni otoki listopadnih dreves zmernih in submediteranskih območij. Vključeni so tudi gozdovi s prevladujočimi listopadnimi in primešanimi vedno zelenimi drevesi.

B2) Iglasti gozdovi zmerne pasu so gozdovi pretežno avtohtonih iglavcev borealnih, zmernih in mediteranskih območij.

B3) Logi in močvirni gozdovi ter grmišča so gozdovi in grmišča poplavnih nižin, močvirij, barj zmerne, borealne in mediteranske območja.

B4) Vednozeleni listnati gozdovi zmerne pasu so gozdovi s prevladujočimi vednozelenimi drevesi ali palmami. Značilni so za mediteransko in toplo, zmerno vlažno območje.

C) Barja in močvirja, vključno s povirji in obvodnimi močvirji s heleofiti.

C1) Visoka barja: oligotrofne, kisloljubne združbe šotnih mahov, ki tvorijo šoto in dobivajo hranila samo s padavisno vodo. Nastajajo v hladnem podnebnju z visoko količino padavin. Značilne so različne vrste šotnih mahov.

C2) Močvirska vegetacija obrežij: močvirske združbe obrežij stojećih in tekoćih voda ter močvirij in nizkih barij, ki jih sestavljajo predvsem vrste trav, šašev in ločkov.

C3) Nizka barja, prehodna barja in izviri so združbe nizkih šašev in drugih ostričevk na nizkih in prehodnih barjih, ob izviri in na povirjih.

D) Goličave (skalovja, melišča in pečine) so azonalne združbe skalnih razpok, melišč, stalnih snežišč in ledu, celinskih peščin, z izjemo puščav, jam in vulkanskih tvorb.

D1) Melišča: so bogato ali delno porasli, pogosto neustaljeni predeli zaradi erozije navaljenih skal kamenja, grušča ali peska na strmih poboćjih pretežno v gorskem svetu, segajo vse do nižin.

D2) Skalne stene in skalovja so prepadne stene in izpostavljeno skalovje, kjer uspevajo rastline predvsem v sklanih razpokah.

D3) Stalna snežišča in ledeniki, so visokogorska območja, pokrita s stalnimi snežišči in ledeniki. Naseljujejo jih alge in nevretenčarji.

D4) Jame, jamski sistemi, podzemne vode in podzemni prostori.

D5) Vulkanski in geotermalni pojavi; skalne površine, tla in vodna telesa, ki so rezultat preteklega ali sedanjega vulkanskega delovanja. So brez vegetacije ali pa jih poraščajo lišaji, mahovi ali redke zel-nate ali grmovne združbe.

E) Kmetijska in kulturna pokrajina: obdelana ali pozidana območja z izrazitim človekovim vplivom. Naravno vegetacijo so popolnoma nadomestila kmetijska raba, urbanizacija in industrializacija. Naravna flora in favna se ohranja v obmoćjih z ekstenzivno in tradicionalno obdelavo. Mnoge rastline in živali lahko preživijo le, če se stalnemu človekovemu vplivu prilagajajo (npr. pleveli, ruderalne vrste).

E1) Intenzivno gojeni ter dosejevani ali v celoti sejani travniki: floristično osiromašeni močno gojeni

in umetno dosejevani ali v celoti umetno nasejani travniki.

E2) Obdelovalne površine: obdelovalna polja za redno pridelovanje in pobiranje pridelkov. Vključujejo žitna polja, sončnice, druge oljčnice, pese, krmilne rastline, krompir.

E3) Sadovnjaki, oljčni nasadi, drevesne plantaže so nasadi lesnatih rastlin, ekstenzivni sadovnjaki in stari nasadi, ki imajo bogato floro in favno, npr. v starih oljčnih ali topolovih nasadih z visokimi steblikami v podrasti.

E4) Drevoredi, mejice, gozdni otoki, podeželjski mozaik. Lesnati nizki sestoji v pasovih ali otokih, obkroženi s travnatimi in obdelovalnimi površinami. Lahko so prisotne tudi zel-nate vrste v podrasti. Naravnim podobne združbe večjega obsega obravnavamo kot gozdove ali grmišča.

E5) Mestni parki in veliki vrtovi so različno oblikovani sestoji za rekreativne in dekorativne namene. Vegetacija je v glavnem nasajena, lahko pa so primešane tudi avtohtone vrste.

E6) Pozidana območja (mesta, vasi, industrijska območja), to so območja naselij in industrijskih objektov. Poseljujejo jih le zelo prilagojene rastlinske in živalske vrste.

E7) Neobdelane, opuščene površine to so opuščene njive, pasovi ob cestah in druge neobdelane površine, ki se spontano zaraščajo.

E8) Opuščeni rudniški in drugi umetni podzemni rovi, so umetno izkopani podzemni prostori in nadomestni habitat za mnoge jamske živali.

E9) Industrijske vode so umetne vodne tvorbe narejene in vzdrževane zaradi potreb industrije.

Vodni in kopenski biotopi so neživa naravna osnova vsakega ekosistema, to so fizikalni, abiotski dejavniki (svetloba, toplota, kisik, ogljikov dioksid, tla, voda), ki omogočajo obstoj žive narave.

3 EKSTREMNI BIOTOPI

Območja z izredno omejenimi življenjskimi pogoji, ki omogočajo preživetje ozko specializiranim vrstam, imenujemo ekstremni biotopi. Nastali in ohranili so se na težje dostopnih območjih in na degradiranih površinah.

Pod ekstremne biotope razumemo takšna okolja, kjer so eden ali več okoljskih dejavnikov v minimalnih ali maksimalnih vrednostih. Takšni biotopi so se razvili ali v ontogenezi posameznih ekosistemov ali zaradi geoloških, klimatskih in drugih vplivov. V novejšem času pa jih pogosteje ustvarja človek s svojo dejavnostjo. Tudi v takšnih okoljih se je vzpostavilo dinamično ravnotežje, kjer imajo biotski in abiotski dejavniki uspešno sožitje.

V ekstremnih biotopih se pogosto pojavljajo organizmi (endemiti), ki jih v drugih ekosistemih ne najdemo. Zaradi ekstremnosti določenega ekološkega dejavnika se je zgradba in funkcija kot tudi posamezni organizmi temu prilagodila. V posameznih ekstremnih biotopih najdemo poleg endemičnih organizmov tudi tako imenovane bioindikatorje, ki s svojo prisotnostjo dokazujejo specifičnost ekosistema.

V grobem lahko ločimo dvoje osnovnih ekstremnih biotopov. Eno so naravni in drugo degradirani. Pri naravnih ekstremnih biotopih se je ekstremnost pričela pojavljati postopoma in se je dinamično ravnotežje vzpostavilo v daljšem obdobju. Zato so takšni ekosistemi kljub specifičnosti bolj občutljivi in se po porušenju ravnotežja težko povrnejo v prvotno stanje.

3.1 NARAVNI EKSTREMNI BIOTOPI



Ontogeneza jezer

- oligotrofno jezero
- eutrofno jezero
- hipertrofno jezero

Sika 12: Vulkansko jezero (foto: A. Vouk Korže, 2006)

Visoko barje

Visoka barja običajno nastanejo kot zadnja faza pri ontogenezi jezer oziroma je osnovni vzrok izolacija ekosistema od matične kamenine. V takšna okolja se naselijo šotni mahovi, ki za svoje uspevanje potrebujejo majhne količine hranilnih snovi, poleg tega pa dodatno zakisujejo svoje okolje, tako da so vrednosti pH tudi pod 4. Če k temu dodamo še velika temperaturna nihanja, kajti čez dan se visoko barje močno segreje in preko noči močno ohladi, lahko ugotovimo, da pri tako številnih in velikih nihanjih ekoloških dejavnikov uspevajo samo določeni organizmi.

Ekstremni dejavniki na visokem barju so torej:

- pomanjkanje hranilnih snovi,
- nizka pH vrednost,
- velika temperaturna nihanja,
- velika nihanja količine vode.



Slika 13 : Lovrenška jezera na Pohorju so nastala na kristalinski podlagi (foto: A. Vouk Korže, 2005)

Mrazišča

Kot že ime samo pove, je pri tovrstnih ekosistemih ekstremni ekološki dejavnik nizka temperatura. Najpogostejši vzrok temu je led ali sneg, ki se dolgo časa obdrži v jamah ali drugih izdolbenih mestih ali pa nastanejo zaradi gruščnate podlage v dolinah, kjer topel zrak na vrhu vstopa v medgruščnate prostore, se ohlaja in na dnu doline – vrtače, izstopa zelo ohlajen. Govorimo o tako imenovani temperaturni inverziji, čemur običajno sledi tudi vegetacijska inverzija, kar

pomeni, da na dnu nastopajo tiste rastline, ki so običajno na vrhu gora. Običajno je mrazišče povezano tudi s pomanjkanjem svetlobe, ki dodatno ohlajuje oziroma omejuje rast določenim organizmom.

Druga pogosta vrsta mrazišč so stalni led in sneg, kjer pa poleg nizkih temperatur nastopa kot ekstremni dejavnik tudi visoka UV svetloba. Ta je za mnoge organizme škodljiva in so le redki organizmi sposobni preživeti v takšnem biotopu.



Slika 14: Živa bitja jam so prilagojena specifičnim pogojem življenja (foto: A. Vouk Korže, 2007)

Termalni vrelni



Pri termalnih vrelnih je ekstremni dejavnik visoka temperatura, odvisno od kamnine in globine odvzema termalne vode pa so lahko ekstremni še visoke vrednosti soli oziroma nekaterih strupenih elementov oziroma spojin. Organizmi, ki živijo pri temperaturah nad 80 stopinj imajo posebne prilagoditve za preživetje tako visokih vrednosti temperature.

Slika 15: Prilagoditev organizmov na ekstremne temperature (foto:A. Vouk korže, 2006)

Jame

V jamah je najpogostejši dejavnik v minimumu nizka intenziteta svetlobe, ki od vhoda jame pada. Poleg tega, odvisno od geokemične oziroma mineralološke sestave so lahko ekstremni dejavniki tudi določene kemične spojine. Ker so turistične jame običajno osvetljene, se pogosto okrog luči pojavljajo določene skupine modrozelenih alg in še nekateri drugi organizmi.

Imajo pa jame vsaj v temperaturnem pogledu določeno prednost pred drugimi ekstremnimi biotopi, saj je temperatura v njih skozi vse leto konstantna.



Slika 16: Tema in nižje temperature so za mnoga živa bitja omejevalni dejavnik (foto: A. Vouk Korže, 2007).

Globina jezer

Odvisno od globine, vendar pri večini eutrofnih jezer, posebno pa pri hipereutrofnih postane kopica ekoloških dejavnikov ekstremnih in močno otežujejo življenje ne samo v globini, temveč v celotnem ekosistemu. Najbolj pogosti dejavniki v minimumu pri globokih jezerih so pomanjkanje svetlobe, pomanjkanje kisika, visoke vrednosti soli, prisotnost H_2S in drugih strupenih

plinov. Pri onesnaženih jezerih pa še izhajanje strupenih snovi, ki so sicer vezane v sedimentih.



Slika 17: Stoječe vode so izredno bogati ekosistemi (foto: A. Vouk Korže, 2006).

Brakični ekosistemi

Za brakične ekosisteme je značilno mešanje slane in sladke vode in odvisno od količine ene ali druge



se temu primerno spreminja tudi slanost. Velike spremembe nastajajo tudi v obdobju plime in oseke. V brakičnih ekosistemih se vzpostavi posebno ekološko ravnotežje, ki lahko kompenzira takšne spremembe. Poleg spremembe soli so brakični ekosistemi izpostavljeni še visokim vrednostim svetlobe in v novejšem času tudi onesnaženju.

Slika 18: Halofiti so prilagojeni na višjo koncentracijo soli v vodi (foto: A. Vouk Korže).

Kamniti travnik

Ekstremni zunanji dejavniki kot so nizke temperature, močan veter, pogosta vodna erozija ter geološka mladost določajo dinamiko nastajanja ekosistemov. Kjer so učinki delovanja zunanjih dejavnikov močnejši kot pedogeneza, tam je na površju živa skala, ki ovira rast sklenjenega vegetacijskega pokrova. Kamniti

travniki so zato pionirski stadij širjenja zelenega pokrova nad golo skalo in pomembno ščitijo litosole pred eksogenimi silami.

Kamniti travnik je poseben tip suhega travnika, raste na apnenčastih tleh, na odprtih in vetrovnih krajih. Travna ruša ni sklenjena. Zaradi apnenčastih korozijskih oblik košnja ni mogoča. Zaradi plitvosti in pogostega vetra se ti travniki skoraj ne zaraščajo. Kamniti travniki so ranljivi zaradi tanke plasti humusa. V takem biotopu raste navadni alpski zvonček, od živali pa ledeniška mušica, njene ličinke se razvijajo v ledeno mrzi vodi, in snežna bolha.



Slika 19: Dinamiko nastajanja prsti in vegetacijskega pokrova opazimo pri kamnitih travnikih (foto: A. Vouk Korže).

Visoko barje

Šotni mah raste na svojih odmrlih ostankih, zato se dvigne nad raven okolice. Tako rastline izgubijo stik s podtalnico, to skrajnost prenese le malokatera rastlina. Šotni mah zraste na leto 7 do 10 milimetrov, v 10 letih se ustvari približno 1 cm debela plast šote. Zaradi velike količine vode razvoj življenja na visokem barju spomladi v primerjavi z okolico kasni, jeseni pa se zaradi toplotno izolacijskega učinka življenje nekoliko podaljšuje. Visoka barja so najbolj občutljiva za vnos rudninske vode in dušikovih spojin. Graditelj tega življenjskega prostora je šotni mah *Sphagnum* spp.

Slika 19: Visoka barja so na neprepustnih meamorfrih kamninah, kjer pade okoli 1.500 mm padavin letno (Atlas Slovenije, 2005).



Večni sneg

Plazovi in zameti nagrmadijo pod osojnimi stenami tolikšne količine snega, da tudi poleti ne skopni. Taleča se voda podnevi izdolbe kadice, ponoči pa spet zamrzne in tako se nenavadno programiranih sestav ohrani. Rastlinstvo na robu večnega

snega je podobno rastlinstvu na meliščih, rastlinstvo na humusnih prsteh ob steni pa rastlinam sneženih dolinic.



Slika 21: Območja večnega snega so večinoma na severnem in južnem polju, ekstraconalno pa tudi v visokogorju (foto: A. Vovk Korže).

Vresava

Vrese so podrast predvsem v kisloljubnem gozdu rdečega bora. *Calluna vulgaris* je glavna prestavnica tega biotopa. Raste na revnem rastišču. Če je podtal-

nica približno 20 cm pod površjem, se razraste vresa, če se zniža, nastane ledinski travnik. Z izkopom odcednih jarkov izgubljajo življenjski prostor.



Slika 22: na zunaj monotoni ekosistemi imajo močno notranjo stabilnost (foto: A. Vouk Korže, 2007).

Drugo

Poleg naštetih pa se v naravi pojavljajo še številni ekstremni biotopi, kjer so lahko naštetih posamični ekološki dejavniki ali večje število teh dejavnikov v

ekstremnih vrednostih, npr.: presihajoče stoječe vode, mrtvice, smrekovi gozdovi, peščene sipine, področja z močnim vetrom, itd.

3.2 DEGRADIRANI EKOSISTEMI

Degradirani biotopi so običajno posledica človekove aktivnosti, bodisi zaradi dodajanja ali odvzemanja določenih abiotičnih oziroma biotičnih dejavnikov (npr.: odvzemi kamna, gline, gramoz, itd.) ali pa so zaradi urbanizacije nekoč naravne površine danes prekrivane z asfaltom ali betonom. Tudi posegi v kmetijstvu v želji po čim večji pridelavi hrane in ustvarjanju monokultur niso brez posledic. Nepravilno

ravnanje z vodotoki in jarki, pri katerih se je gledalo samo na to, da voda čim hitreje odteče in so bili kanalizirani v betonske struge. Tudi posledice industrijske aktivnosti so številna degradirana območja, kjer se kažejo dolgoročne posledice v močno onesnaženih zemljinah.

Kamnolomi in peskokopi

Zaradi lomljenja kamenja pride do težko popravljive degradacije v okolju, kajti po končanju odvzema so brežine kamnoloma izredno strme in težko obnovljive. Revitalizacije takšnih površin so tehnično zahtevne in drage, predvsem pa dolgoročne. Danes že obstajajo določene tehnike, s katerimi se da opuščene kamnolome v relativno kratkem času vsaj delno obnoviti. Pri kamnolomih so običajno ekstremni dejavniki velika erozija, izpostavljanje svetlobi in pomanjkanju prsti za pritrnitev in rast rastlin. Odvisno od kamnine pa je lahko ekstremni dejavnik tudi veliko nihanje

dnevno-nočne temperature. Zaradi velike strmine in erozije je pomemben dejavnik tudi količina padavin oziroma izpiranje prsti.



Slika 23: Peskokop silikatnega peska n Goričkem (foto: A. Vovk Korže)

Glinokopi in gramoznice

Tako glinokopi kot gramoznice so nastali zaradi odvzema gradbenega materiala in večina njih ni pravilno ali sploh ni sanirana. Narava sicer poskrbi, da v določenem času po naravni poti skuša povrniti prvotno stanje, odvisno od globine in velikosti posega. Podobno kot pri jezerih se dno postopno dviguje, obrežja zaraste vegetacija in nastane zanimiv biotop, v katerem se vzpostavi dinamično ravnotežje.

Na žalost pa se večina opuščenih glinokopov in gramoznic uporablja danes kot odlagališča odpadkov.



Slika 24: Območja z glino se težko ponovno obrastejo (foto: A. Vovk Korže, 2007).

Urbane površine

Mnoge naravne ekosisteme smo »uspešno« degradirali s številnimi urbanimi posegi in jih popolnoma nefunkcionalno opremili z zelenimi površinami.

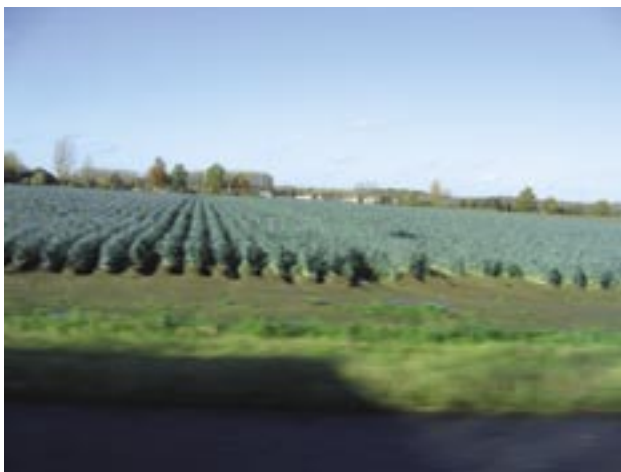


Številne asfaltne in druge površine bi lahko s pravilno načrtovanimi ekoremediacijami popravili oziroma preventivno zaščitili. Različni parki in ostali »zeleni« dodatki v mestih imajo v glavnem funkcijo lepega izgleda, manj pa so funkcionalno koristni za blaženje urbanih posegov.

Slika 25: Urbano okolje je večinoma revno z ekosistemi (foto: A. Vovk Korže).

Monokulture v kmetijstvu

Zaradi želje po čim cenejši pridelavi hrane (ki je danes v izobilju) smo mnoge naravne ekosisteme, kot npr. travnike, močvirja, gozdove, spremenili v monokulturne površine, ki ne opravljajo nobenih prvinskih



funkcij ekosistemov, temveč nasprotno - pospešujejo odvajanje vode, nimajo nobene samočistilne sposobnosti in nobene biološke diverzitete. Takšno stanje poslabšujejo še nepravilno izgrajeni in vzdrževani melioracijski jarki oziroma bližnji vodotoki. Iz vodotokov se običajno zajema voda za zalivanje, ki dodatno vpliva na ekološko stanje vodnega in obvodnega prostora. Posledice tega se kažejo v sušah in poplavih ter onesnaženju podtalnice.

Slika 26: Monokulturnost slabi samoregeneracijsko sposobnost okolja (foto: A. Vovk Korže, 2007).

Kanalizirani vodotoki in jarki

Zaradi neznanja, nerazumevanja ali pa ekonomskih vidikov so mnogi vodotoki v urbanih površinah, pa tudi v manjših naseljih kanalizirani, obdani z betonskimi ploščami, kamnometi, obdani z zbito glino in je njihov edini namen čim hitrejše odvajanje vode zaradi česar in kot posledica onesnaženih voda nastajajo številni problemi v prejemnikih teh kanalov (Ljubljana). Ni potrebno posebej poudarjati, da v tako

degradiranem kanalu ni nobenega zadrževanja vode, niti čiščenja, še manj pa biološke raznovrstnosti.



Slika 27: Večina vodotokov je danes reguliranih in jih ponovno oživljamo z ekoremediacijami (foto: A. Vovk Korže).

Onesnažene zemljine

Kot posledica industrijske aktivnosti (tovarn, rudnikov, predelovalne industrije, skladišč in podobnega) so ostale mnoge površine okoli takšnih posegov 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 farmakoloških pripravkov, da o pretiranem dodajanju gnojil niti ne govorimo. Procesi obnove in čiščenja takšnih zemljin so izjemno dragi, dolgoročni, običajno pa v praksi takšen problem prenesejo z enega mesta na drugega. Izkopljejo onesnažene zemljine in jih prestavijo na neko drugo mesto.

Seveda je to le nekaj degradiranih primerov okolja, ki ga je povzročil človek s svojo aktivnostjo, mnoge probleme niti ne poznamo in jih zato težko predvidimo (npr. živo srebro, radioaktivni odpadki itd.).



Slika 28: Povečane vsebnosti snovi v zemljinah znižujemo z fitoremedicijo (foto: A. Vovk korže, 2007).

4 TRADICIONALNA RABA PROCESOV V NARAVI

V zgodovini sožitja človeka z naravo in zato, ker človek ni imel takšnih tehničnih pripomočkov kot danes, je moral dobro opazovati dogajanja v naravi, se ob njih učiti in jih uporabljati v svojo korist. Zadrževanje vode so spretno izkoriščali kot vir pitne vode za napajanje in zalivanje. Samočistilne sposobnosti so se dobro zavedali že stari Egipčani, saj so vodo zmeraj pili le med rastlinami. Tudi Maji so imeli speljano svojo kanalizacijo na močvirja, kjer se je očistila. Tudi v Sloveniji na Krasu in drugih področjih, kjer občasno primanjkuje vode, so si ljudje uredili vodne zadrževalnike imenovane tudi kal, puč, lokev, mlaka itd. Običajno so bile postavljene na najnižji točki v vasi, kjer so vaščani izkoristili naravno kotanjo, jo zatesnili z glino ali drugimi materiali in tako zadrževali deževnico. Živina, ki se je v teh objektih napajala, je dodatno steptala glineno podlago in jo utrdila. Po določenem obdobju so se v to kotanjo začele naseljevati rastline, ki so prevzele samočistilno funkcijo. Tako ti objekti niso bili več samo zadrževalniki vode, temveč so postali tudi vir vode za napajanje živali in včasih tudi vir pitne vode. Kasneje se je začela okolica teh objektov zaraščati z grmovjem in drevesi in na ta način se je povečala tudi biološka raznolikost. V starih časih so se vseh teh treh funkcij zelo dobro zavedali. Tudi danes igrajo kali, puči in lokve pomembno vlogo posebno pri ohranjanju naravne in kulturne dediščine.

Drugi najbolj pogosti načini ERM so bile mejice. Gre za pasove drevesne in grmovne vegetacije med njivami. Mejice so predstavljale ustrezen habitat za številne ptice in druge živali, ki so uničevale škodljivce na njivah in poljih. V mejici se je zadrževala vlaga, zaradi česar so bile posledice suš manjše, poleg tega so se v mejicah zadržala hranila, ki bi sicer odtekala v vodotoke in podtalnico.

V preteklosti so ljudje spretno izkoriščali stranske rokave, bodisi kot zadrževalnike, namakalne sisteme ali pa kasneje kot energetske objekte za poganjanje mlinov in manjših elektrarn.

Te stranske rokave so kasneje nadomestile mlinščine, pri katerih pa je bila glavna vloga zagotoviti ustrezne višinske razlike in vodo izkoriščati za energetske namene (poganjanje mlinskih kamnov, turbin itd).

Z namenom zadrževanja vode, ohranjanja biološke pestrosti so ljudje v stari časih ohranjali tudi mokrišča ob vodi.

Tudi obrežno vegetacijo, zaradi njenih osnovnih funkcij kot so preprečevanje erozije, zadrževanje vode, samočistilnih sposobnosti in ohranjanja biološke raznolikosti, niso čistili. Lastnosti obrežne vegetacije danes s pridom izkoriščamo v t.i. vegetacijskih pasovih, ki jih človek zgradi, da doseže zgoraj naštetе funkcije.

Tudi v gozdovih v starih časih niso delali golosekov, temveč so se posluževali selektivnega izsekavanja, ne samo zato, ker niso bili tehnično usposobljeni, temveč tudi zato, ker so se zavedali, da lahko goloseki povzročijo plazenje tal in s tem povzročijo hude posledice.

Posebno pozornost pa so v starih časih posvečali t.i. bioindikatorskim organizmom, tako rastlinam kot živalim, ki so bili pokazatelji določenega stanja v ekosistemu ali pa so nakazovali spremembe, ki so ali bodo nastale. Mnoga rudišča in spremembe so ljudje predvideli in našli s podrobnim opazovanjem, katere vrste rastlin rastejo na določenem mestu. Že v davnih časih se je vedelo, ne samo za zdravilne učinkovine v rastlinah in živalih temveč, da so sposobni določeni organizmi akumulirati določene snovi. Na podlagi vrste organizmov so logično sklepali tudi na čistost oziroma onesnaženost okolja. Logično so sklepali tudi na s hranili bogato ali revno zemljo ali vodo.

4.1 TRADICIONALNE OBLIKE EKOREMEDIACIJ

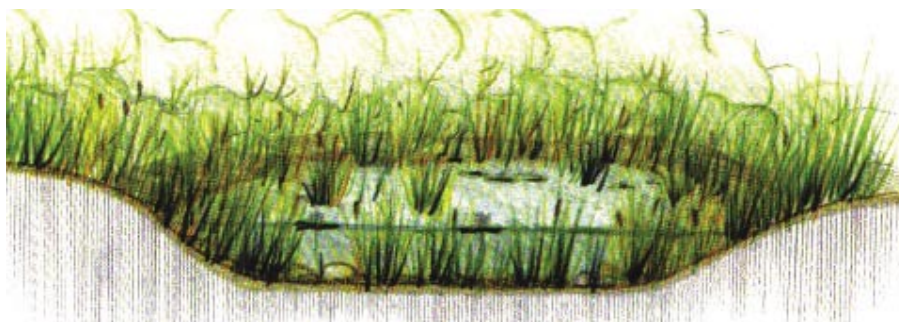
V preteklosti so si ljudje za napajanje živine, pranje perila, gašenje požarov, včasih pa tudi kot vir pitne vode uredili vodne objekte, ki so zadrževali deževnico. Imenovali so jih kal, puč, lokev ali mlaka. Na glineni podlagi kali so kmalu zrasle rastline in naselile različne živali ter mikroorganizmi, ki so čistili vodo in hkrati predstavljali ekosistem z veliko biodiverzitetjo.

Za zadrževanje deževnice so si nekoč ljudje za napajanje živine, pranje perila, gašenje požarov, včasih tudi kot vir pitne vode uredili vodne objekte, ki so se imenovali kal, puč, lokev ali mlaka. Postavljeni so bili na najnižji točki v vasi, zato da so vaščani lahko naravno kotanjo izkoristili ali pa so jo na primernem mestu izkopali ter jo v več plasteh obložili z dobro utrjeno ilovico. Živina je med napajanjem bredla po vodi, tepala ilovico in s tem povečevala vodotesnost, hkrati pa z muljenjem rastlin skrbela, da se te niso preveč razrasle. Kali so opravljali tudi čistilno funkcijo, saj so bile prisotne tudi rastline in glinena podlaga. Če so se kali zaraščali, so se v njih ustvarjali dragoceni habitati za številne rastlinske in živalske vrste (Vrhovšek in drugi, 2005).

Funkcije:

- zadrževanje vode;
- samoočiščevanje;
- ohranjanje biodiverzitete.

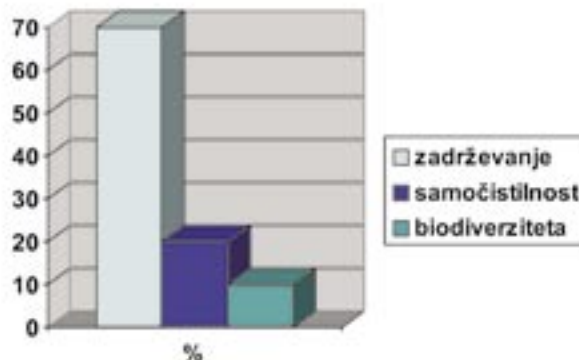
Slika 29 : Kal, lokev, puč ali mlaka (vir: Ekoremediacije v celostnem upravljanju z vodami, 2005)



Drugi najpogostejši stari način ekoremediacije so mejice, pri katerem gre za pasove drevesne in grmovne vegetacije med njivami. Za številne ptice in druge živali so mejice predstavljale ugoden habitat, ki so uničevale škodljivce na poljih. Mejice so imele tudi funkcijo

KALI IN MLAKE

- ✓ zadržujejo meteorne in izcedne vode
- ✓ omogočajo usedanje sedimenta
- ✓ čistijo vodo in pomenijo zalogo vode za zalivanje ali napajanje in za rastišča redkih vodnih in obvodnih rastlin
- ✓ so bivališča redkih in ogroženih živali
- ✓ so mrestišča dvoživk
- ✓ njihova glavna funkcija je zadrževanje vode

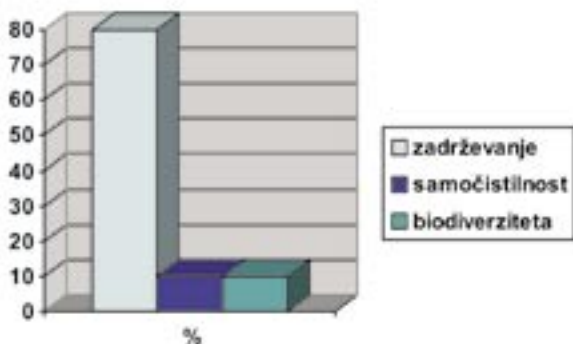


zadrževanja vlage, zaradi česar so bile posledice suš manjše, hkrati s tem pa so se v njih zadrževala hranila, ki bi drugače odtekla iz polj v vodotoke in podtalnico (Vrhovšek, 2006).

MLINŠČICE

Mlinščice, ki so umetne struge, so naši predniki z izredno natančnostjo zgradili že pred več kot 300 leti. Zgrajene so bile izključno za potrebe človeka - obrt. Tako so ob mlinščicah obratovali številni mlini, žage in kovačije.

Številne mlinščice so bile z izginjanjem obrti opuščene. Toda pomen in vrednost tovrstne dediščine raste, zato se jih vse bolj ohranja ali pa obnavlja. Mlinščice postajajo vse bolj vabljive za turiste in izletnike, saj tako spoznavajo način življenja mlinarjev in žagarjev. Poleg tega izredno razvejan sistem mlinščic predstavlja velik potencial za nove vodne biotope, ki bi lahko zadržali veliko vode in ustvarili nove biotope za organizme.



MEJICE

Drugi najpogostejši stari način ERM so mejice. Gre za pasove drevesne in grmovne vegetacije med njivami. Mejice so predstavljale ustrezen habitat za številne ptice in druge živali, ki so uničevale škodljivce na poljih. V mejici se je zadrževala vlaga, zaradi česar so bile posledice suš manjše, poleg tega pa so se v

Z relativno majhnimi stroški bi s pomočjo ERM lahko dosegli večnamensko funkcijo določenih delov mlinščic – zadrževanje vode, povečano samočistilno sposobnost ter možnost nastanka novih habitatov.

MLINŠČICA

- ✓ zadržuje vodo in blaži poplave
- ✓ omogoča sedimentiranje in čiščenje vode
- ✓ življenjski prostor za vodne in obvodne rastline in živali

mejicah zadržala hranila, ki bi drugače odtekla iz polj v vodotoke in podtalnico. Opisana stara načina ERM pričata o tem, da so ljudje v preteklosti pozorno opazovali dogajanja v naravi in jih prenašali v svoj način življenja.

4.2 NARAVNE OBLIKE EKOREMEDIACIJ

Naravni ekosistemi so v svoji ontogenezi razvili številne remediacijske sisteme, ki jim omogočajo ohranjati dinamično ravnotežje. Tako na posameznih odsekih ali predelih se določeni procesi razvijajo, da pomagajo ekosistemu preživeti tako dnevne, letne kot tudi sto- in tisočletne spremembe. Nekateri ekosistemi, posebno kopenski so bolj stabilni in se take spre-

membe kažejo na daljše roke. Če pa pogledamo vodne ekosisteme, vidimo, da so te spremembe tako vzdolž celotnega vodotoka kot tudi časovne spremembe zelo hitre. Mnoge od teh sprememb povzročijo določene katastrofične situacije, npr. poplave in suše, druge pa so posledica osnovnih hidromorfoloških karakteristik vodnega telesa.

4.2.1. ERM v vodnem in obvodnem prostoru

Vse od izvira nizvodno se hidromorfološke karakteristike in zaradi njih tudi fizične, fizikalno-kemične, kemične in tudi biološke značilnosti spreminjajo. Vodotoki so na določenih mestih v strugi ali ob njej razvili določene »ERM«, ki jim pomagajo ublažiti ekstremne situacije. Pri velikih nagibih so v strugi v glavnem velike skale, ki omogočajo ublažiti vodni tok, zadrževati drobno kamenje in ustvarjati pogoje za življenje. Na takšnih mestih je tok vode tisti, ki pogojuje, kakšne vrste življenja se bo tam razvilo.

Ko se dolvodno prične tok vode umirjati, se spremeni tudi vrsta podlage, obrežna vegetacija in razni drugi remediacijski sistemi. Pri večini vodotokov se tik pred izlivom v morje ali stoječo vodo tok vode popolnoma umiri in je mnogokrat celo pod vplivom delovanja stoječe vode ali morja. Na dnu so najdrobnejši delci peska in zemlje, ki ustvarjajo posebne pogoje za preživetje organizmov.

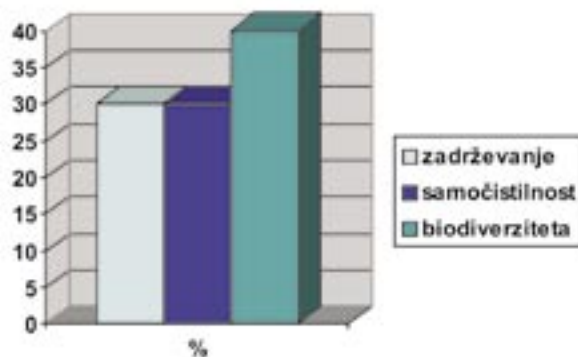
Izbrali smo nekaj najbolj pogostih naravnih ERM, predvsem zaradi dejstva, da jih lahko primerjamo oziroma prikazujemo kot možnost vpliva človeka na večnamembnost takšnih sistemov.

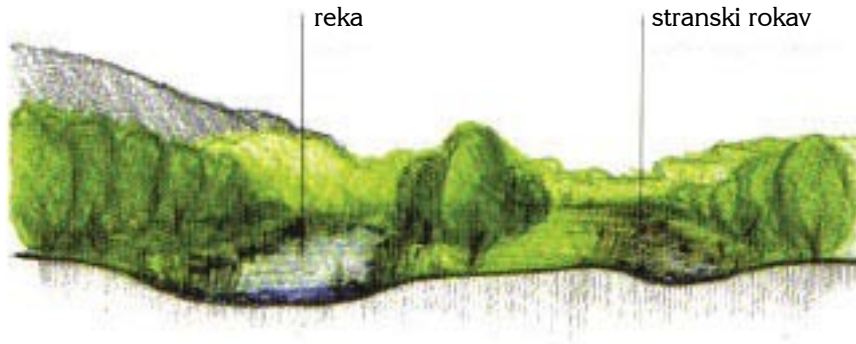
V naravni strugi se v tolmunih zadržuje voda in omogoča usedanje različnih delcev, medtem ko se na brzicah in slapovih voda bogati s kisikom. Na prodiščih in bregovih se čisti, nudi rastišča vodnim in obvodnim rastlinam. Takšna mesta so življenjski prostor številnih rib in drugih vodnih živali.

- obrežni pas
- stranski rokav
- brzica
- trstišče ali struga z vodnimi rastlinami
- mokrišče
- meander
- prodni nasip
- tolmun
- makrofiti v strugi
- lokve in mlake ob strugi

STRANSKI ROKAV

- ✓ zadržuje vodo
- ✓ čisti vodo
- ✓ omogoča sedimentiranje
- ✓ je habitat redkih in ogroženih rastlin in živali





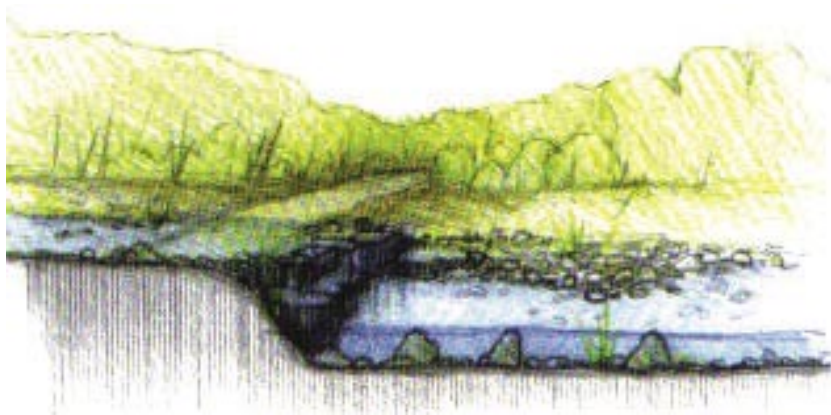
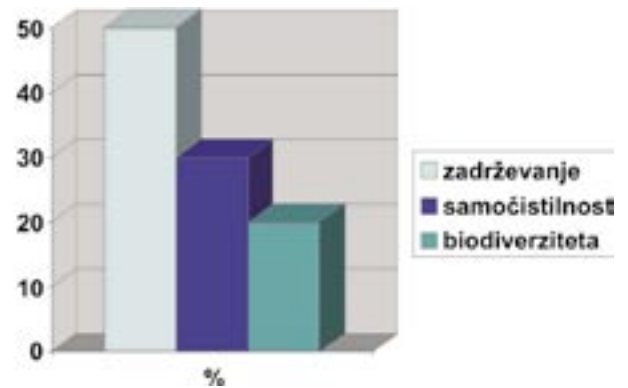
Funkcije:

- zadrževanje vode (razbre menitev glavne struge ob visokih vodah),
- čiščenje,
- biodiverzitate.

Slika 30 : Stranski rokav (vir: Ekoremediacije v celostnem upravljanju z vodami, 2005).

NARAVNA STRUGA

- ✓ v tolmunih zadržuje vodo in omogoča sedimentiranje
- ✓ na brzicah in slapovih bogati vodo s kisikom
- ✓ na prodiščih in bregovih se čisti
- ✓ nudi rastišča obvodnim rastlinam
- ✓ je življenjski prostor rib in drugih vodnih živali



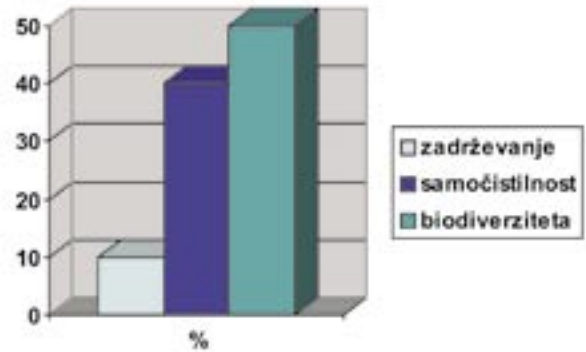
Funkcije:

- prezračevanje,
- zadrževanje vode,
- oblikovanje struge,
- ohranjanje biodiverzitetete.

Slika 31 : Brzica (vir: Ekoremediacije v celostnem upravljanju z vodami, 2005).

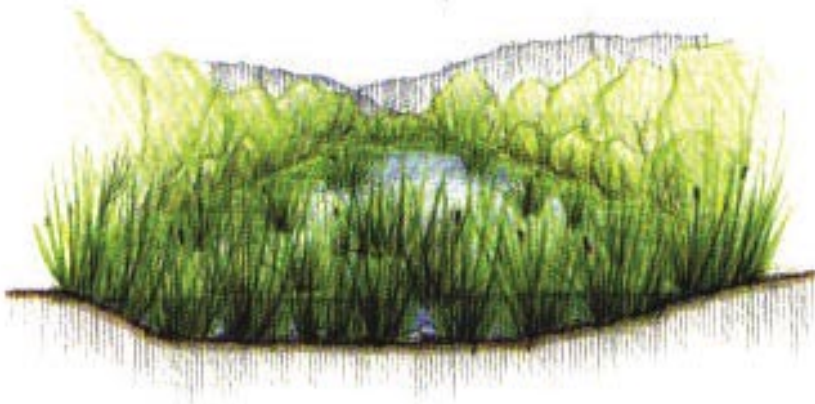
MOKRIŠČE

- ✓ zadržuje in čisti vodo
- ✓ napaja talnico
- ✓ zmanjšuje nevarnost poplav
- ✓ je naravna prepreka za širjenje požarov
- ✓ je naravna prepreka za širjenje požarov



Funkcije:

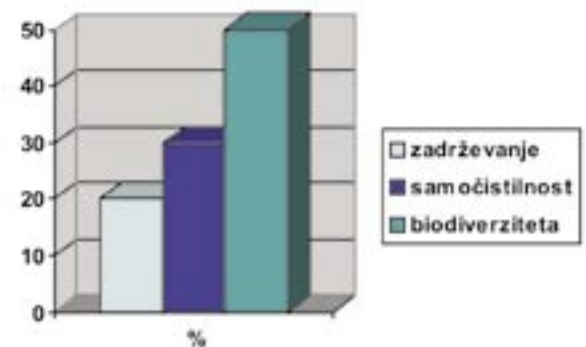
- čiščenje (dodajanje kisika, filtriranje, razgradnja snovi, odstranjevanje in vgradnja strupenih snovi);
- ohranjanje biodiverzitetete.



Slika 32: Trstišče (vir: Ekoremediacije v celostnem upravljanju z vodami, 2005).

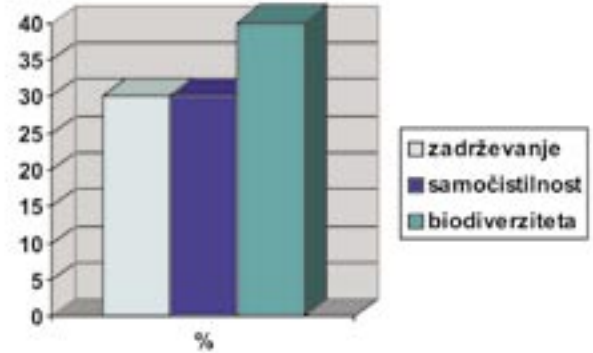
OBREŽNI PAS

- ✓ utrjuje bregove
- ✓ zadržuje vodo v tleh, preprečuje vnose iz netočkovnih virov
- ✓ omogoča sedimentiranje
- ✓ senči reko in preprečuje čezmerno segrevanje vode
- ✓ nudi življenjski prostor obvodnim živalim



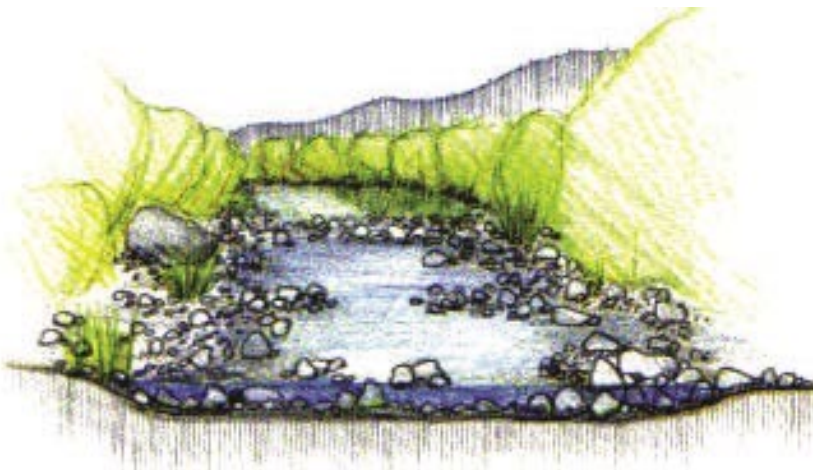
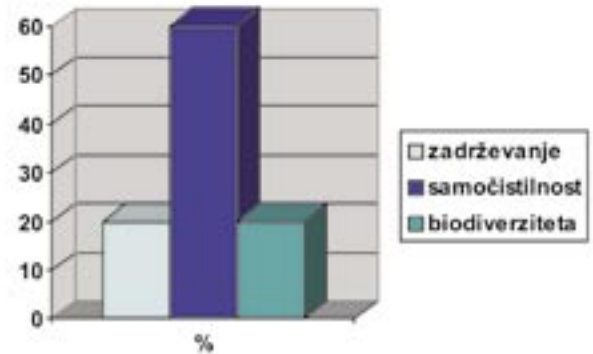
MEANDER

- ✓ zadržuje vodo in umirja tok
- ✓ omogoča sedimentacijo in naplavljanje
- ✓ čisti s pesticidi in gnojili onesnaženo vodo
- ✓ nudi habitate za redke in ogrožene vodne ali obvodne vrste



PRODNI NASIP

- ✓ zadrževanje vode in umirjanje toka
- ✓ filtriranje vode in pospešeno sedimentiranje
- ✓ ogroženi oziroma redki habitati



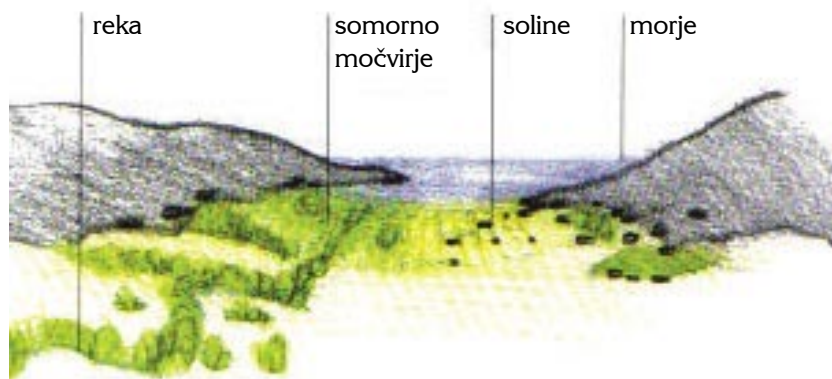
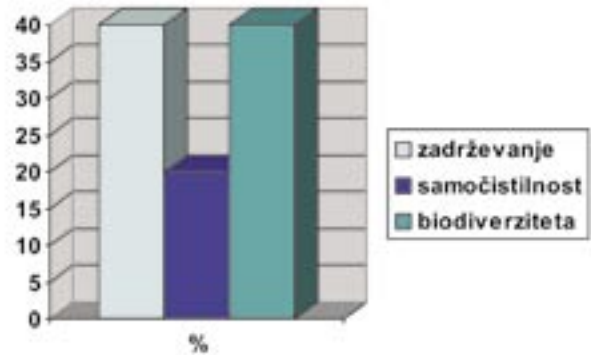
Funkcije:

- zadrževanje vode,
- čiščenje (filtriranje, zadrževanje snovi, razgrajevanje organskih in strupenih snovi, bogatenje s kisikom),
- ohranjanje biodiverzitetete.

Slika 33: Prodni nanos (vir: Ekoremediacije v celostnem upravljanju z vodami, 2005).

STOJEČE VODE

- ✓ zadrževanje velikih količin vode
- ✓ čiščenje vode in sedimentiranje
- ✓ življenjski prostor za vodne živali
- ✓ možnosti za turizem, ribolov in druge oblike rekreacije



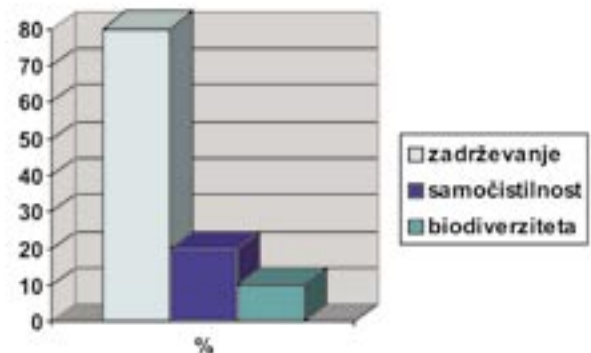
Funkcije:

- zadrževanje vode,
- usedanje,
- filtriranje,
- čiščenje,
- ohranjanje biodiverziteteta.

Slika 34: Somorno močvirje (vir: Ekoremediacije v celostnem upravljanju z vodami, 2005).

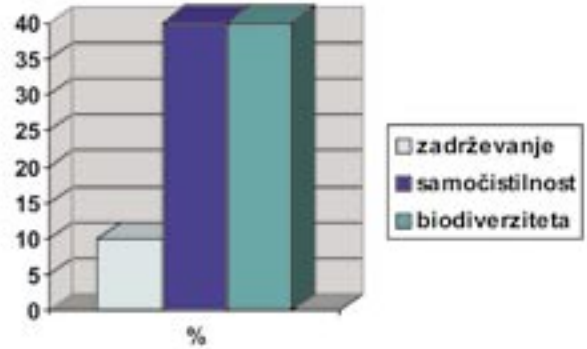
TOLMČIN

- ✓ zadrževanje vode in sedimentiranje
- ✓ blažitev poplav
- ✓ umirjanje toka
- ✓ napajanje talnice in struge
- ✓ življenjski prostor za ribe ter druge vodne in obvodne živali



MAKROFITI V STRUGI

- ✓ umirjajo hitrost toka in zadržujejo vodo
- ✓ senčijo vodo in preprečujejo pregrevanje
- ✓ pospešujejo sedimentiranje
- ✓ drstišče in skrivališče za ribe in druge vodne živali
- ✓ rastišče redkih in ogroženih vodnih rastlin



Na primeru naravnih vodotokov prepoznamo vodne in obvodne ekosisteme kot nosilce ekološkega ravnovesja v rečni dolini. To so: tolmun, brzice, prodni nanosi, trstišča, stranski rokavi, vegetacijski pasovi in somorno močvirje v delti reke. Njihove funkcije so: habitatna pestrost, varovanje pred poplavami, zadrževanje vode v sušnih obdobjih in velika samočistilna sposobnost, ki blaži posledice prisotnih

dejavnosti človeka in vnosa alohtonega materiala v reko. Zaradi številnih pomembnih funkcij, ki jih omogočajo naravni ERM sistemi, ne smemo dovoljevati prekomernih odvzemov vode in kanaliziranja rečnih strug. S sonaravnim načinom gospodarjenja z vodo in obvodnim prostorom omogočamo delovanje samočistilne sposobnosti, zadrževanja vode in biodiverziteteto tudi za naše zanamce.



Slika 35: Voda se ob padanju preko skal po naravni poti obogati s kisikom (foto: A. Vovk Korže, 2004).

Dolina reke Dragonje s svojo neokrnjenostjo ponuja ogled naravnih ekoremediacijskih sistemov, iz katerih se lahko naučimo, kako narava sama uravnava količine vode, povečuje samočistilno sposobnost vodotoka in ustvarja habitate za raznolike vrste rastlin in živali:

Tolmuni omogočajo zadrževanje vode iz zmanjševanje nihanja vodostaja, zadržujejo manjše delce in omogočajo odstranjevanje toksinov in hranil. V tolmunih se voda umiri in segreje.

Brzice omogočajo prezračevanje vode in pomembno prispevajo k oblikovanju rečne struge.

Prodni nanosi so prav tako pomembni za prezračevanje vode, omogočajo filtracijo, zadrževanje ali razgradnjo organskih snovi, hranil in strupenih snovi.

Naravne ekoremediacije predstavljajo sistemi, ki jih je izoblikovala narava sama, zato imajo kljub velikim vnosom alohtonega materiala in človekove aktivnosti veliko samočistilno sposobnost. Poleg tega imajo veliko sposobnost zadrževanja vode v sušnih obdobjih, ob močnih nalivih pa omilijo poplave. Hkrati ti ekosistemi omogočajo življenjski prostor velikemu številu rastlinskih in živalskih vrst (Vrhovšek in drugi, 2005).

Različne oblike biotopov, kot so vodni, obvodni in kopenski, imajo zmožnost vodo zadrževati, jo samočistiti in s tem povečujejo biodiverzitetu v okolju.

Kot kaže spodnja tabela, imajo ERM večnamensko funkcijo in z zadrževanjem vode, ki je ključnega pomena v pokrajini, vplivajo na povečanje samočistilne sposobnosti in biodiverzitet.

Z ERM vplivamo na hidromorfologijo, na erozijo, tok, usedanje in evapotranspiracijo. S tem se spreminjajo fizikalne in kemijske lastnosti vode. S povečano večnamembnostjo vplivamo na primarne proizvajalce, na sekundarne proizvajalce ter na razgrajevalce in patogene organizme v vodi. Z vzpostavitvijo stabilnega

ekosistema je omogočeno čiščenje vode, zadrževanje, spremeni se pokrajinski izgled, poveča biološka raznolikost in nastajajo novi habitati.

Z ERM je dokazano možno revitalizirati vodotoke, kale, mokrišča in stoječe vode, usposobiti je možno vegetacijske in obrežne pasove ter tako vplivati na zagotavljanje ekološko sprejemljivega pretoka. Sonaravno urejeni vodotoki in mokrišča imajo pomemben učinek pri blažitvi poplavnih valov in umirjanju pretoka po nevihtah.

Druge možnosti uporabe ERM pri preprečevanju posledic naravnih nesreč so:

- odpravljanje in preprečevanje dolgotrajnih posledic škodljivih vplivov človekovih dejavnosti v okolju,
- povečanje razbremenilnih, samočistilnih in habitatnih sposobnosti voda,
- zadrževanje vode za večnamensko uporabo (zalivanje, namakanje, pitno vodo, za zadrževalnike).

Osnovni namen uporabe ERM je večnamensko in sonaravno gospodarjenje z vodotoki, jezeri, mokrišči, kar bo omogočilo celostni razvoj posameznih območij in prispevalo k sožitju človeka in narave ter omililo naravne ujme. Zato so ERM ekonomsko in ekološko, predvsem pa dolgoročno, med najuspešnejšimi načini varovanja okolja. To so poznali ljudje že v preteklosti in so si za vsakdanje življenje uredili vodne objekte, s katerimi so učinkovito zadrževali vodo in jo večnamensko rabili.

Močvirna vegetacija na rečnem bregu pa omogoča zadrževanje in aeracijo vode, zadržuje večje delce in je primeren habitat za številne organizme.

Tolmun



Brzica



Prodni nanos



Močvirna vegetacija



Slika 36: Primeri naravnih ekoremedij na in ob reki Dragonji (Vir: Arhiv LIMNOS).

5 EKOREMEDIACIJE V ŽIVLJENJU LJUDI

Z naraščajočim razvojem in znanjem o naravnih procesih, ekologiji in odnosih v ekosistemih smo odkrili neraziskane potenciale v naravi. Ti so zelo učinkoviti za varovanje in obnovo že degradiranih in ogroženih območij. Koncept ekoremediacij (ERM) se nanaša na uporabo trajnostnih sistemov in procesov za sanacijo okolja in njegovo zaščito. Ekoremediacijske tehnologije vključujejo principe puferskih sposobnosti narave, fitoremediacije (fitostabilizacijo, fitoekstrakcijo, fitostimulacijo, fitodegradacijo, fitotransformacijo, fitovolatizacijo...) in bioremediacijo za sanacijo onesnaženja v okolju. Sonaravni (zeleni) pristopi večajo biodiverzitetu in s tem vračajo ekosistem v ravnotežje. Ekoremediacijske metode imajo potencial za zmanjševanje, preprečevanje in odpravo naravnih katastrof (poplav, suš, plazov,...), netočkovnih virov onesnaženja (kmetijstvo, transport) in točkovnih virov onesnaženja (komunalne, industrijske odplake). Visoko učinkovitost lahko dosežemo z varovanjem življenjskega prostora, posebej vodnih virov, potokov, rek, jezer, podtalnice in morja. Osnovne funkcije ekoremediacij so visoka puferska sposobnost, samočistilna sposobnost, večanje biotske pestrosti in zadrževanje vode. Z ekoremediacijami (fitoremediacijo, puferskimi območji in rastlinskimi čistilnimi napravami (RČN)) lahko revitaliziramo degradirana območja (kamnolomi, obrobje cest), odstranjujemo čezmerne vsebnosti hranil in čistimo odpadne vode.

Dodatna vrednost ERM je, da prinašajo ponovno ožvitev že degradiranih območij. Z obnovljenim okoljem se vrača njegova vrednost, saj ga je mogoče uporabiti za razvoj drugih dejavnosti. Z ERM varujemo habitatno pomembna območja pred onesnaženjem in omogočamo sonaravni razvoj. S pomočjo narave lahko tudi zmanjšujemo učinke naravnih nesreč. Ekoremediacije so ukrepi za vzdrževanje ravnotežja v okolju, oziroma večanje njegovih samočistilnih sposobnosti. Zaradi preventivne in kurativne vloge ekoremediacij, imajo izjemno vrednost in jih je potrebno vključevati v razvojne načrte.

Ekoremediacije narava nenehno izvaja, zato je za njihovo pravilno uporabo pomembno poznati naravne zakone in sisteme. Ekoremediacije izkoriščajo naravne procese v naravnih in deloma tudi v umetnih vodnih ekosistemih za zagotavljanje boljšega koriščenja vodnih virov, za odstranjevanje škodljivih učinkov onesnaževanja in za ohranjanje biološke raznovrstnosti. Ekosistemi imajo veliko pufersko sposobnost in lahko z naravnimi procesi zadržijo, predelajo ali nevtralizirajo številne organske in anorganske polutante. So biotehnološke metode, ki za zaščito, sanacijo okolja, čiščenje in ohranjanje voda uporabljajo naravne in sonaravne procese in sisteme (ekosistem).

Preventivna vloga ekoremediacij

Pri vseh posegih v okolje je potrebno primerjati, upoštevati in izvajati tudi ekoremediacije kot preventivne ukrepe za zaščito okolja.

Popravljanje škod v okolju je precej dražje in nezanesljivo v primerjavi s preprečevanjem degradacije. Zato dajemo pomembno vlogo izobraževanju, kajti ERM omogočajo razumevanje delovanja narave, procesov v naravi in njihovo spremljanje (npr. čiščenje vode, zadrževanje težkih kovin v prsti, blažitev hrupa). Veliko težo ima tudi informiranje, obveščanje in vseživljenjsko učenje. Preventiven pomen ERM je izjemen, ker vključuje različne ciljne skupine, od otrok do starejših, različne poklicne profile in različne vladne in nevladne institucije. Zelo pomembna preventivna vloga je tudi v ohranjanju podeželja in izvajanju Skupne kmetijske politike.

Kurativna vloga ekoremediacij

Zaradi potrebe po uporabi preverjenih postopkov sanacije okoljskih škod, ki so pogosto nastale zaradi neupoštevanja naravnih okvirov, se ERM uporabljajo tudi za sanacijo škode.

Z ekoremediacijskimi tehnologijami lahko zmanjšamo in odpravljamo posledice naravnih ujm (poplave, suše, plazovi itd.) in netočkovnega onesnaževanja (kmetijstvo, turizem, promet, industrija, odlagališča in razpršena poselitev). Z relativno nizkimi stroški lahko dosežemo visoke učinke pri zaščiti življenjskega okolja, vodnih virov, potokov, rek, jezer, podtalnice in morja. Osnovne funkcije ekoremediacij so velike puferske, samočistilne in habitatne sposobnosti. Le-te bi morali izkoristiti pri varovanju vodnih virov, pri onesnaženih zemljinah in sedimentih ter pri blažitvi učinkov klimatskih sprememb.

Država Slovenija ima v Evropi izjemno prednost na področju okolja. Zaradi specifičnega industrijskega razvoja v preteklosti, k sreči še nismo onesnažili našega okolja v celoti (kar se je zgodilo mnogim industrijsko razvitim državam). Kljub temu pa se tudi v Sloveniji vse bolj čutijo vplivi globalizacije. Odpira

se dilema, ali ponoviti napake evropskih držav ali pa predlagati alternativno pot, to je celostni sonaravni razvoj z maksimalno vključitvijo lokalnih in regionalnih potencialov.

Zaradi izjemno ugodne lege imamo v Sloveniji glavno bogastvo v biotski pestrosti in vodnih ekosistemih, ki jih lahko uspešno povežemo z zelenim gospodarstvom.

Geografska in kulturno pokrajinska raznolikost Slovenije in razmeroma visoka stopnja naravne ohranjenosti ter policentrična razporeditev naselij in turistično-rekreacijskih središč opredeljujejo celotno območje države Slovenije kot zelo primerno za uporabo ekoremediacijskih metod.

Pomembnost ekosistemskega pristopa kaže slika 8, kjer je razvidna močna povezava med neživim in živim delom okolja, ki definira strukturo in funkcijo in določa stabilnost sistema.

5.1 ZADRŽEVANJE VODE Z EKOREMEDIACIJAMI

Preveliki odvzemi vode iz vodotoka za pitno vodo, namakanje, ribogojstvo, industrijo in energetiko posebej v sušnem obdobju ne zagotavljajo ekološko sprejemljivega pretoka. V vodotokih pride do spremembe strukture in funkcije rečnega ekosistema, poruši se naravno ravnovesje.

Za zadrževanje vode se lahko uporabijo stranski jarki in obvodna neuporabna zemljišča, kjer se ustvari nov biotop, poveča se pestrost vodnega in obvodnega

ekosistema. Namen zadrževanja je kompenziranje vodnih viškov, zadrževanje visokega vala, usedanje delcev in zadrževanje strupenih in hranilnih snovi.

Oblikovanje stranskega rokava je način, s katerim omogočimo zadrževanje vodnih viškov, kar preprečuje poplave v spodnjih delih vodotoka, v sušnih obdobjih pa iz zadrževalnikov bogatimo nizke pretoke.

5.2 ČIŠČENJE VODE Z EKOREMEDIACIJAMI

Pitna voda kot ena najpomembnejših naravnih dobrin postaja v zadnjem času vse bolj onesnažena. Mejne vrednosti parametrov v pitni vodi, ki jih določa Pravilnik o pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/2004, 35/2004), ki povzema evropsko direktivo o pitni vodi, so marsikje v Sloveniji presežene, kar ogroža zdravje ljudi in živali. V predelih z intenzivnim kmetijstvom je v podtalnici pogosto presežena mejna vrednost **pesticidov** in njihovih ostankov, pogosto so presežene tudi mejne vrednosti **nitratov**. Kljub prenehanju ali zmanjšani uporabi pesticidov v kmetijstvu, bodo njihove vrednosti v pitni vodi še nekaj časa ostale visoke, saj ima večina pesticidov dolge razpolovne dobe. Občasno se v preseženih koncentracijah v pitni vodi v Sloveniji pojavljajo tudi kovine (aluminij, mangan in železo), med najbolj problematičnimi onesnaženji v Sloveniji pa je **mikrobiološko** onesnaženje (Monitoring pitne vode 2005).

Zaradi omenjene problematike se čedalje bolj izraža potreba po kondicioniranju pitne vode, ki je z uporabo konvencionalnih metod, predvsem za manjše lokalne skupnosti, marsikdaj predrago. Prav manjša vodna zajetja, ki oskrbujejo manj kot 500 prebivalcev, pa so tista, pri katerih se največkrat srečujemo z onesnaženo pitno vodo (Monitoring pitne vode 2005).

V klasičnih postopkih za pripravo pitne vode se velike delce običajno odstranjuje s peščeniimi filtri, mikrobe in ostanke pesticidov z membranskimi ali adsorpcijskimi filtri in nitrate z reverzno osmozo ali kemijsko (npr. z ionskimi izmenjevalci). Vsebnost mikroorganizmov v vodi lahko zmanjšamo tudi s **kloriranjem** ter z **oksidacijo z ozonom** ali vodikovim peroksidom ali z oksidacijo, ki bazira na uporabi klorida ali natrijevega hipoklorida, vendar ti procesi lahko vplivajo na kemijsko strukturo vode. Če je voda precej organsko obremenjena in jo močno kloriramo, lahko nastanejo AOX spojine, med katerimi je precej rakotvornih, ki ne smejo biti prisotne v pitni vodi. Tudi z ozoniziranjem

organsko zelo obremenjene vode lahko nastanejo zdravju škodljive spojine - organokloridi, poteče pa lahko tudi oksidacija bromidnega iona v bromatni ion.

Obstajajo številne organske in anorganske, **kationске in anionske izmenjevalne kolone**, ki omogočajo odstranjevanje železa, mangana, kalcija, magnezija, nitratov, bromidov, sulfatov, aluminija, svinca, arzena in različnih radioaktivnih elementov (uran, radij) iz pitne vode. Vaaramaa in sod. (2003) navajajo, da se elementi lahko iz ionske izmenjevalne kolone tudi sproščajo, kar ima za posledico višje koncentracije elementov v iztočni vodi kot v dotočni. Uporaba izmenjevalnih kolon za odstranjevanje nitratov zahteva uporabo ustreznih kemikalij, ob regeneraciji kolone pa nastaja odpadna voda z visokimi vsebnostmi nitratov. Stroški postavitve in obratovanja ionske izmenjevalne kolone so nizki, medtem ko je odlaganje velikih količin odpadne vode, ki pri tem nastane, v klimatih, kjer naravna evaporacija ni možna, drago in težko (Pintar, 2003). Pintar in sod. (2001) predlagajo sistem ionske izmenjevalne kolone v kombinaciji s katalitičnim reaktorjem, ki omogoča regeneracijo vode bogate z nitrati, ki nastane pri spiranju kolone. S pomočjo katalizatorja v tem reaktorju poteče denitrifikacija, s čimer se dušik odstrani iz sistema. Problem predlagane tehnologije je predvsem v ceni.

Pri konvencionalnih postopkih priprave pitne vode se za odstranjevanje suspendiranih snovi, koloidov, bakterij in virusov uporablja **ultrafiltracija**, za odstranjevanje raztopljenega organskega ogljika, nitratov, pesticidov in zmanjšanje trdote vode **nanofiltracija**, **reverzna osmosa** za odstranjevanje skupnih raztopljenih snovi in **membranska distilacija** npr. za razsoljevanje morske vode (Karakulski, 2002, Bentama in sod., 2004). Ti postopki so energijsko in cеноvno zahtevni, poleg tega je potrebna ustrezna predpriprava vode: segrevanje, filtriranje, ultrafiltracija pred nanofiltracijo ipd. Z uporabo nanofiltracije se trdota

vode lahko zmanjša pod željeno mejo (1,5 mmol/L), zato je po končanem čiščenju potrebno dodajati ione ali mešati očiščeno vodo s pitno vodo pripravljeno na klasičen način (Bruggen in sod., 2001). Bruggen in sod. (2001) tudi poudarjajo, da ima izločanje apnenca na membrani negativen vpliv na filtracijo, zato je potrebno dodati ustrezne kemikalije ali znižati pH.

Odstranjevanje organskega, anorganskega in bakterijskega onesnaženja je možno tudi s **solarno destilacijo**. Gre za poceni način čiščenja manjših količin vode s pomočjo sončne energije, ki povzroča izhlapevanje vode v pokritih bazenih. Voda, ki kondenzira pod streho bazena, ima močno zmanjšano prevodnost, je praktično brez fluoridov, nitratov in brez bakterijskega onesnaženja. Slabše je le odstranjevanje hlapnih onesnaževalcev kot so pesticidi (Hanson, 2004).

Asan, 2005 navaja, da **peščeni filtri** zelo dobro odstranjujejo nitrate in so dobro dopolnilo biološkemu odstranjevanju nitrata z denitrifikacijo, ki pa deluje le, kadar je prisotnega zadosti organskega ogljika.

BIOLOŠKI SISTEMI

Velik potencial pri čiščenju pitnih voda ima **biološka denitrifikacija**, vendar je njen prenos v tehnologijo, zaradi možne bakterijske kontaminacije in organskih ostankov v očiščeni pitni vodi, počasen (Pintar, 2003). Ker ima pitna voda nizko vsebnost organskih snovi, je za potek denitrifikacije potreben dodaten vir ogljika.

Aslan, 2005 in 2005b je pri biološki denitrifikaciji v pitni vodi kot vir ogljika preizkušal pšenično slamo in etanol. Potencialni vir ogljika za denitrifikacijo v onesnaženi pitni vodi bi lahko bili tudi pesticidi, vendar konkretnih podatkov o tem raziskave ne navajajo. Aslan, 2005b navaja podatke o odstranjevanju pesticidov v biodenitrifikacijskem reaktorju. Pri tem je k odstranjevanju pesticidov adsorbcija prispevala med 2 in 21 %, mikrobn razgradnja pa 68 do 96 %.

Čiščenje pitne vode je mogoče tudi z uporabo **bioloških sistemov**. Tako Wotton (2002) opisuje peščene filtre, na katerih se razvije združba rastlin, živali in mikroorganizmov, ki omogočajo čiščenje pitne vode, ki se počasi pretaka skozi filter. Reakcije v filtru primerja z dogajanjem v naravnih peščenih habitatih v vodnem okolju (peščena obala ali rečno obrežje). Čiščenje vode poteka tako v vodnem stolpcu kot v pesku. Wotton (2002) daje prednost odprtim filtrom, ki omogočajo prodiranje svetlobe. Le-ta omogoča rast alg in s tem porabo nutrientov. Bakterije in nevretenčarji razgrajujejo organske snovi v vodi in med drugim izločajo eksopolimere, ki pospešujejo flokulacijo in agregacijo delcev v vodi. Sčasoma se na površini peska izoblikuje mešana plast peska, organizmov in detrita, kamor se ujame partikulatna organska snov, prav tako pride do adsorpcije koloidnih in raztopljenih snovi. Omenjeni peščeni filtri tudi omogočajo odstranjevanje patogenih bakterij in virusov (Wotton, 2002).

5.2.1 Rastlinske čistilne naprave

Grajena močvirja ali **rastlinske čistilne naprave** (v nadaljevanju RČN) so razširjene po celem svetu, predvsem za čiščenje komunalnih odpadnih vod. Njihova prednost je enostavna tehnologija in princip, zanesljivo delovanje in možnost odstranjevanja skupnega dušika s sočasnim potekom nitrifikacije in denitrifikacije (Kuschik in sod., 2003).

RČN omogočajo tudi zmanjševanje bakterijskih in virusnih patogenov. Tako Vega in sod. (2003) poročajo o uspešnem zmanjševanju koncentracije virusov iz komunalne odpadne vode, medtem ko zmanjševanje bakterijskih koncentracij v njihovem primeru ni bilo očitno. V nasprotju s tem pa Vacca in sod. (2005) poročajo o zmanjšanjem številu koliformnih bakterij za dva velikostna razreda v rastlinskih čistilnih napravah in peščenih filtrih. Učinkovitost odstranjevanja bakterij je odvisna od prisotnosti rastlin, filtrnega materiala in pogojev izvedbe (Vacca in sod., 2005). Pomembno vlogo pri zmanjševanju mikrobnih populacij v RČN imajo adsorpcija, desorpcija in inaktivacija, le-te pa so odvisne od specifičnih značilnosti RČN, substrata in lokalne klime (Vega in sod., 2003). Študije so pokazale, da se bakterije v odpadni vodi lahko vežejo direktno na površino korenin rastlin, ki rastejo v RČN (Vymazal in sod., 2001).

Rastlinske čistilne naprave se lahko uporabljajo tudi za odstranjevanje kovin. Cheng in sod. (2002) so postavili rastlinsko čistilno napravo za odstranjevanje nizkih koncentracij težkih kovin iz vode. V RČN so dovajali pitno vodo z dodatki glukoze, mineralnih soli in različnih kovin. Dosegli so skoraj 100 % stopnjo odstranjevanja kovin. K tem dodajo, da gre za ekonomičen sistem z nizkimi stroški izgradnje in vzdrževanja, ki je primeren tudi za čiščenje s kovinami obremenjene podtalnice in s tem za zagotavljanje kakovostne pitne vode.

Drevesa, grmi in trave omogočajo učinkovito odstranjevanje atrazina in nitratov (Lin in sod., 2004). Učinkovitost odstranjevanja atrazina iz rečne vode,

speljane skozi močvirje, sta proučevala Alvord in Kadlec (1995) in navajata, da so močvirja odstranila med 26 in 64 % atrazina, odvisno od pretoka skozi sistem.

Reilly in sod. (2000) so proučevali učinkovitost odstranjevanja nitrata v velikem umetnem močvirju za potrebe večanja zalog podtalnice. Odstranjevanje nitrata je pomembno tako za doseganje standardov za pitno vodo kot tudi za preprečevanje eutrofikacije v močvirjih za bogatnje podtalnice: mikrobnost aktivnost v sedimentu kot tudi primarna produkcija v vodnem stolpcu lahko vodijo v nastanek praktično nepropustne plasti na dnu bazenov (močvirij) za bogatnje podtalnice. Močvirje se je z vodo napajalo iz bližnje reke, ki je vsebovala med 35 in 44 mg NO₃/L, kar je pod mejno vrednostjo določeno za pitne vode. Močvirje je imelo prosto vodno površino in je bilo zasajeno z emergentnimi rastlinami (Scirpus, Typha, Polygonum) in potopljenimi rastlinami (Najas marina, Zannichellia palustris, Lemna). Odstranjevanje nitrata v močvirju je precej nihalo (od 14 do 100 %), v povprečju pa dosegalo 80 % učinkovitost čiščenja, s čimer je voda postala ustrezna za večanje zalog podtalnice. Največ so k odstranjevanju nitrata prispevale denitrifikacijske bakterije, na proces pa sta pomembno vplivali tudi vegetacija in dostopnost ogljika. Izgube vode zaradi evaporacije so zmanjšali s povečanjem pretoka skozi močvirje (zadrževalni časi med 0,3 do 9,6 dni).

Reilly s sod. (2000) tudi navaja, da v močvirjih zelo učinkovito odstranjevanje amonija in celotnega dušika ni pričakovano, če pa je glavni vir dušika nitrat, se učinkovitost odstranjevanja lahko poveča za 10 x.

Problem, ki se lahko pojavi pri odstranjevanju nitrata v RČN, je pomanjkanje organskih snovi (vir ogljika) za denitrifikacijo nitrata. Reilly navaja, da se pomanjkanje ogljika za denitrifikacijo lahko bolj verjetno pojavi v novih močvirjih, ki še nimajo tako razvite vegetacije in malo ali nič prisotnega detrita kot pa v starih močvirjih. Aslan, 2005b navaja, da se za odstranjevanje 1 g dušika z denitrifikacijo porabi 24 g pšenične slame. Ker trst v RČN tudi odмира, lahko

tako sproščene organske snovi služijo kot vir ogljika za denitrifikacijo.

Rastlinske čistilne naprave so umetna močvirja, manjše lagune s prosto vodno površino in medseboj povezanimi gredami, napolnjenimi s podpovršinskim tokom vode in vlagoljubnimi rastlinami. Na njih so na ustreznem substratu, skozi katerega se pretka odpadna voda, posajene različne vrste rastlin, prilagojene na vlažno okolje. Čiščenje poteka na mikroekosistemih, v katerih celoto predstavlja rastlina s svojim koreninskim sistemom in mikroorganizmi v olju. Vloga rastlin ni samo asimilacija določenih snovi iz odpadne vode, temveč zagotavljanje podlage in ustreznih pogojev za razvoj mikroorganizmov in s tem procesov oksidacije v območju korenin. Kisik iz ozračja prehaja z difuzijo neposredno v tla oz. potuje preko listov, stebela in koreninskega sistema v plast okoli korenin in s tem ustvarja aerobna območja, kjer poteka razgradnja organskih snovi. Ta se nadaljuje v območjih brez kisika, kjer delujejo anaerobni mikroorganizmi. Tako se aerobni in anaerobni procesi dopolnjujejo in povečujejo učinkovitost čiščenja. Poleg bioloških procesov, ki potekajo v rastlinah, so pomembni še fizikalni in kemijski procesi, kot so vezava na električno nabite delce koreninskih laskov, obarjanje z različnimi kationi, vpliv korenin na hidravlično prevodnost substrata in povečevanje površine za naselitev mikroorganizmov. Egipčani so vedeli, da je voda čistejša in primernejša za pitje na nabrežjih reke Nil, ki jih je zaraščalo vodno rastlinje. Da so rastline pomembne za preprečevanje in odpravljanje posledic onesnaževanja, se danes kaže v prizadevanju za ohranjanje mokrišč in v velikem številu delujočih rastlinskih čistilnih naprav, o čemer je Proteus že poročal (Zupančič s sod. 2002).

Prve znanstvene raziskave na poskusnih rastlinskih čistilnih napravah so opravili v Nemčiji na Inštitut Maxa Plancka, kjer je Kathe Seidel opravila poglobljeno testiranje različnih vodnih rastlin za ugotavljanje njihove sposobnosti absorpcije in razgradnje kemijskih onesnaževal. Njena raziskava, ki je

bila predstavljena že leta 1953, je potrdila, da imajo posamezne rastlinske vrste, kot je na primer *Scirpus lacustris*, sposobnost odstanjevanja fenov, patogenih bakterij in drugih onesnaževal. Poleg tega je rast rastlin v odpadni vodi pokazala presenetljivo raznolike fiziološke in morfološke spremembe, ki so pripomogle k čiščenju. Tem raziskavam so sledile mnoge druge raziskave po vsem svetu, usmerjene v preučevanje vplivov izbire posameznih nosilcev rastlinskih čistilnih naprav na stopnjo čistilne sposobnosti, kot so izbira rastlinskih vrst in biomase, vpliv košnje na rastline in njihove sposobnosti privzemanja hranilnih snovi, izbire vrste substrata, zadrževalnega časa vode v sistemu, vpliva sezonskih razmer oblikovanja rastlinskih čistilnih naprav.

Rastlinske čistilne naprave so torej naprave, ki posnemajo samočistilne procese v naravnih močvirskih ekosistemih, pri čemer sta cilj izgradnja in funkcija teh sistemov v doseganju čim večje učinkovitosti čiščenja v čim manjšem prosotru. V te sisteme so vključene močvirske rastline, različni substrati in nanje vezani mikroorganizmi, ki odstranjujejo onesnaževala iz odpadne vode. Glede na veliko vrsto odpadnih voda (komunalne, tehnološke, izcedne) in njihovo različno sestavo so rastlinske čistilne naprave oblikovane tako, da je učinkovitost čiščenja čim večja.

Pri načrtovanju rastlinskih čistilnih naprav je izjemnega pomena izbira primerne mešanice substrata (rečni prod, pesek, mivka, zemlja, šota) ob upoštevanju njegovih hidravličnih lastnosti. Substrat ima pomembno vlogo pri filtraciji, sorbciji (vezavi), obajanju, ionski izemnjavi in tvorbi kompleksov. Hkrati je opora rastlinam in razpoložljiva površina za naselitev mikroorganizmov.

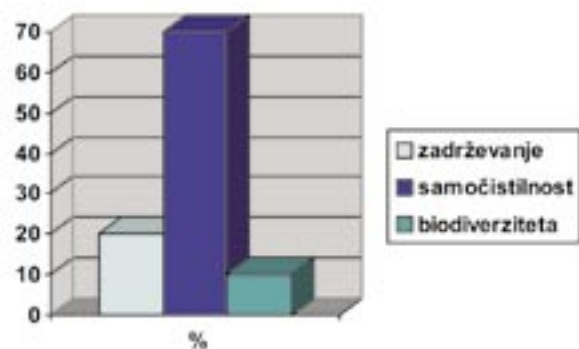
Ob primerni uporabi in pravilni izgradnji lahko rastlinske čistilne naprave učinkovito odstanijo večino onesnaževal v komunalnih in industrijskih odpadnih vodah. Rastlinske čistilne naprave so še posebej učinkovite pri zniževanju vsebnosti biološke potrebe po kisiku (BPK), odstranjevanju suspendiranih trdih delcev, dušika, fosforja, ogljikovodikov in tudi kovin.

Na podlagi podatkov iz različne literature je učinkovitost zmanjševanja onesnaževanja z rastlinskimi čistilnimi napravami za neusedljive snovi 80 - 90 %, celokupni fosfor 60 - 85 %, celokupni dušik 40 - 70 %, BPK5 50 - 85 %, svinec 80 - 95 % ter koliformne bakterije in bakterije fekalnega izvora do 99 %.

Velika prednost pred ostalimi napravami za čiščenje odpadnih voda je preprosto vzdrževanje. V večini primerov ti sistemi delujejo brez elektrike. Dvakrat na teden je potreben pregled dotokov in iztokov na rastlinsko čistilno napravo in enkrat na leto košnja rastlin in praznenje mulja iz usedalnika, kjer se zadržujejo trdi delci pred vtokom v čistilne grede naprave. Pokošen rastlinski material se lahko uporabi za prekritje čistilnih gred v zimskem času kot izolacija in se ga po končani uporabi kompostira. Učinkovitost čiščenja spremljamo z mesečnimi analizami vode pred čiščenjem in po njem.

RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA

- ✓ čisti odpadne vode iz najrazličnejših virov
- ✓ kompenzira viške pri mešanih kanalizacijah
- ✓ terciarno čisti
- ✓ se vklaplja v prostor
- ✓ je nadomestni življenjski prostor za vodne in obvodne organizme



Slika 37: Rastlinska čistilna naprava v Sv. Tomažu kaže izjemne možnosti uporabe naravnih sistemov za čiščenje vode (foto A. Vovk Korže, 2006).

Rastlinska čistilna naprava za gospodinjstvo

Na podeželju in v večini razpršenih naselij v Sloveniji še vedno ni urejeno javno kanalizacijsko omrežje. Na teh območjih se odpadna voda zbira v greznicah, ki so v večini primerov prepustne in se tako neprečiščene vode iztekajo neposredno v okolje. Komunalne odpadne vode so obremenjene z organskimi snovmi, dušikovimi spojinami, tudi z bakterijami fekalnega izvora.

Rastlinske čistilne naprave posnemajo samočistilno sposobnost močvirskih sistemov s fizikalnimi in biokemijskimi procesi kot so aerobna in anaerobna razgradnja, filtracija, sedimentacija in adsorpcija ter zagotavljajo učinkovito čiščenje organskih snovi, dušikovih spojin in fosfatov, težkih kovin in drugih strupenih snovi, ki nastajajo v gospodinjstvu.

Rastlinska čistilna naprava je naravna, za njeno delovanje ni potrebno dovajati energije (razen, če ni naravnega padca terena). Čiščenje odpadne vode

opravijo posajene vlagoljubne rastline in naravni mikroorganizmi, ki se naselijo pod površjem.

Rastlinske čistilne naprave za čiščenje izvira pitne vode

Pitna voda kot osnovna naravna dobrina je v svetu in pri nas pogosto onesnažena. Mejne vrednosti nitratov, pesticidov in težkih kovin so marsikje presežene, pogosto je mikrobiološko onesnaženje.

Kemijski in fizikalni postopki za kondicioniranje pitne vode (kloriranje, ozoniranje, ionske izmenjevalne kolone, različni načini filtracije...) so dragi, pogosto pa spremenijo tudi kemijsko strukturo vode.

Z rastlinskimi čistilnimi napravami za čiščene izvirov pitne vode lahko iz izvirske vode odstranimo mikrobiološko onesnaženje, pesticide, nitrate in težke kovine. Ta metoda je zlasti primerna metoda za manjše vodooskrbne sisteme, ki so v Sloveniji tudi najbolj obremenjeni.

5.3 ČIŠČENJE ZEMLJIN

Zemlja je naravni vir, ki je z vidika človeškega življenja neobnovljiv.

Fitoremediacija – čiščenje zemljin s pomočjo rastlin je učinkovita, poceni in okolju prijazna metoda. Iz zemlje lahko na ta način odstranimo pesticide, gnojila, težke kovine, topila, olja, eksplozive, poliaromatske ogljikovodike, trikoloretilene, PSB-je... Rastline bodisi vežejo onesnaževalce v lastno biomaso, ali pa jih razgradijo (same ali s pomočjo mikroorganizmov) ali pa jih le zadržujejo in preprečijo njihovo širjenje. Nastalo biomaso lahko uporabimo v energetske namene, možno je kompostiranje in reciklaža kovin.

Z vegetacijskimi objekti vrbe in jelše je potrebno poskrbeti za osenčenost korita ter zasaditev bregov in kontaktne cone z domačimi in prvotnimi vrstami drevja in grmovnic. Da bo ukrep pravilno dosežen in zasnovan, je vegetacijske objekte potrebno višinsko pravilno sortirati in jih razporediti.

Po sanirani izvedbi v primerjavi s prej regulirano strugo naj bi se pretok in hitrost vode zmanjšala. Osnovni namen revitalizacij vodotokov je obnovev določenega ekološkega ravnovesja z ustreznimi vodno-gospodarskimi posegi. Na takšen način ciljno in z določenim namenom obnovimo oziroma ohranimo zgradbo in funkcijo habitatov vodnega in obvodnega sveta. Način revitalizacije izbiramo glede na možnosti. Ponekod so zaradi omejenosti prostora možne le manjše spremembe, drugje pa je možno daljše odseke vodotokov v celoti prepustiti naravnim procesom, ki te odseke postopoma preoblikujejo v sonaravne vodotoke. Z renaturalizacijo okolice melioracijskih jarkov se ohranja življenjski prostor različnih rastlinskih in živalskih vrst, poveča se biotska pestrost, ekosistem postaja kompleksnejši in s tem bolj stabilen.

5.4 ZAŠČITA OGROŽENIH HABITATOV

Mejice

Mejice so do 10 m široki pasovi grmovja ali drevja v pretežno odprti kulturni pokrajini. So vetrna bariera, ki zmanjšuje vetrno erozijo na poljih in njivah. Imajo pomembno biodiverzitetno, blažilno (pufersko) in estetsko vrednost. Pripomorejo k čiščenju kmetijskega območja in tako ščitijo podtalnico.

Vegetacijske bariere

Vegetacijske bariere iz drevesnih vrst so: fizična prepreka za veter, hrup, prah, smrad in druge aerosolne spojine. Pomembno je, da je bariera gosta, visoka in zelena vsaj v ciljnem delu leta. Izbrane rastline morajo imeti visok tolerančni prag in prilagojene morajo biti lokalnim abiotičnim dejavnikom.

5.5 REVITALIZACIJA VODOTOKOV Z ERM

Človeštvo je v preteklosti zaradi različnih dejavnosti bilo usmerjeno k preveliki rabi vodotokov. Za goričko pokrajino, ki je pretežno gričevnata, velja omeniti vpliv kmetijstva in naselij. Zaradi kmetijstva so vodotoke velikokrat uporabljali kot vir namakalne vode ali pa se je zaradi prevelikih vnosov iz primarne dejavnosti ta preveč onesnažila. Zaradi graditve naselij so strugo morali zravnati, jo ponekod poglobiti in jo urediti tako, da ni ovirala gradnje hiš in tudi prometne infrastrukture. Zaradi povečanja kmetijskih površin in protipoplavne zaščite naselij, so bili vodotoki spremenjeni, hkrati s tem pa so antropogeni posegi vplivali na obliko in funkcijo vodnega in obvodnega sveta nekaterih vodotokov. Posledice se kažejo v spremenjeni strukturi obrežij vodotoka, saj je za uravnavo strug potrebno odstraniti obrežje rastlinstva, prekinjena je povezava med vodnim in kopenskim okoljem ter spremenjena hidrologija in geomorfologija. Vse to ima za posledico izgubo osnovnih funkcij vodnih ekosistemov, ki se kažejo v zmanjšanju samočistilnih sposobnosti voda, izgubi zadrževanja vlage vodotoka in obvodnega ekosistema ter izgubo biodiverzitet. Ker se s tem slabša kvaliteta in količina vode, je v današnjem času potrebno uporabiti nove načine gospodarjenja z vodami, ki bodo celoviti oz. trajnostni in ekološko usmerjeni. Njihov cilj je vzpostaviti dobro ekološko stanje

ter ugodno kakovostno in količinsko stanje vodotokov. Kot način ekoremediacije so se uveljavile revitalizacije vodotokov.

S pojmom revitalizacija vodotokov označujemo vrsto ekoremediacij, ki se izvajajo za sanacijo nepravilnih posegov v vodotokih. To je nov način upravljanja z vodotoki, kjer gre za strukturno in funkcijsko povezanost ekosistemov, s čimer se doseže že dobro ekološko stanje voda. Ker gre za obnovo degradiranih vodotokov, je potrebno vzpostaviti strukturo in funkcijo vodnega ekosistema s primernimi posegi, s katerimi se doseže ohranitev zgradbe in funkcija habitatov vodnega in obvodnega biotopa (Breznik, 2006).

Mačkovski potok so nekoč antropogeno spremenili zaradi preprečevanja visoke vode, ga s tem degradirali ter spremenili videz in njegove funkcije.

S terenskim delom smo ugotovili, da so k boljšemu ekološkemu ravnovesju prispevali zgrajeni leseni pragovi, ki se vzdolž potoka vrstijo vsakih nekaj metrov. Njihova najpomembnejša funkcija je zadrževanje drobnih sedimentov, ki nastanejo iz odplak bližnjih gospodinjstev. S tem ukrepom se voda sproti čisti in ohranja samočistilno sposobnost, h kateri pripomorejo še kamni, ki ponekod štrljo iz vode. Ob njih

se odlagajo večje usedline in odpadki, ki pridejo v vodotok. Pragovi so med kamnito oblogo postavljeni tako, da so v trpežnem stanju in ne morejo nikamor odplavati, urejeni pa so na tistem odseku vodotoka, kjer je vpliv naselij z gospodinjstvi največji. Z njimi se upočasnijo tudi tok struge, ki je tudi sicer manjši, pragovi pa omogočajo ribjim vrstam, da jih premagujejo. Kljub temu, da je struga umetno poglobljena in breg obložen s kamnito oblogo, pragovi le dopuščajo obnovo vodotoka na način, ki naravi ne škoduje in s katerim se vzpostavi kvalitetno stanje voda.

Z uspešno izvedeno revitalizacijo okolje in okolica vodotoka ponovno oživi, tekoča voda se obnovi in na ta način se v okolje vrne življenje. Da bi se zagotovilo ustrezno ekološko stanje vodotokov, so revitalizacije tekočih voda na Goričkem vsekakor potrebne. Izvaja se revitalizacija Peskovskega potoka za ohranitev vidrine populacije, katerega bomo nazorneje prikazali v sedmem poglavju.

Pragovi

Pragovi so narejeni kot podolgovati nosilni elementi iz lesa, izdelani so iz membrane, le izvedba je pri obeh različna.

Pri membranskem pilotnem pragu je pomembno, da se breg struge zaščiti z grobim lomljencem. To je neobdelani gradbeni kamen, ki preprečuje da se struga z izpodjedanjem vode ne bi širila. Ker je to pilotni prag, se v horizontalni strugi položijo kostanjevi piloti, katerih premer znaša 25 cm. Piloti so pokončni nosilni gradbeni elementi, ki so vgrajeni oz. zabiti v tla, katerih najpomembnejša naloga je, da se voda tu prečisti, saj se ob kostanjevem pilotu odložijo usedline. Da je njihova funkcija učinkovitejša, jih je potrebno zabiti dovolj skupaj, da ne bodo preprečevali izpiranje drobnih frakcij skozi objekt. Na bregu struge je zasajen vrbov tepih, obtežen z lomljencem, katerega naloga je,

da ščiti pragove pred vetrom. Prav tako so na bregu zasajeni vrbovi podtaknjenci, katerih višina znaša 25 - 40 cm in so pomembni za razmnoževanje nadaljnjih rastlin. Višina je pomembna, saj višje ni vode in ne more priti do izpodjedanja, zadostna količina (40 kom) vrbovih potaknjencev pa omogoča varnost kostanjevih pilotov.

Membranski prag iz kroglic in pilotov

Pragovi so zgrajeni iz horizontalnih kroglic in pilotov, ki so temeljne konstrukcije tega objekta. Pod pragom je skopan obvezni tolmun, ki ribam omogoča zagon pri premagovanju višine praga, zato je na razdalji 3 m pod pragom treba iz dna korita odstraniti obstoječi tlak iz lomljenca. Poglobitev tolmana bo kasneje izdolbla voda sama. Namen tolmana je tudi, da se v zadrževalniku vode usedajo delci in odstranijo strupene in hranilne snovi, kar ohranja biodiverzitetu rib, ki se tukaj zadržujejo. Da voda ne bi izpodjedala pilote, je obstoječi tlak treba ohraniti, križno narejeni piloti pa omogočajo, da se grobi delci popolnoma odstranijo, saj lahko skozi njih teče le čista voda. Zato so v nadslapju in podslapju (del struge pod jezom) brežine dobro zaščitene z lomljencem, pod katerim bo vrbov tepih čez nekaj časa objekt tudi zasenčil.

Niša

Niša je izvedena kot umetna zajeda dolžine 11 m, ostale oblike in dimenzije pa ustrezajo toku navzgor in navzdol, kar pomeni, da ustrezajo meram iz narave. Njen glavni namen je razčleniti monotono brežino in ustvariti odsek z večjo globino kot privlačen prostor za vodne živali. Ob tem je potrebno poudariti, da voda teče počasi, zato se lahko v njej zadržujejo ribe, ki imajo senco. Za stabilnost objekta so ob strani vzdolž struge zabiti piloti, v katere so vgrajene vipe. To

so t.i. luknje, ki omogočajo, da lahko skozi priplavajo ribe. Nad nišo je v brežini zasajen vrbov tepih, ki ima vrhove vej obrnjene v nišo v smislu nadstreška, kar pomeni, da vrbe dajejo senco. Ob tem so zasajeni še vrbovi podtaknjenci, kostanjevi in jelševi piloti ter vrbov poplet, ki preprečuje in zadržuje posipanje peska v bregu. Do niše se z visoke brežine spuščajo blage travnate steze, ki se kasneje vzdržujejo s košnjo.

Zaščita akvatičnega rastlinstva

Kljub oblogam iz kamna, se je na nekaterih mestih v odloženih sedimentih že razvilo vodno in obvodno rastlinstvo, ki ga je potrebno zaščititi. Gre za različne vrste trav, katerih porasla mesta se preprosto obložijo s posameznimi kamni večjih dimenzij v smislu odbijača ali talne membrane. V mivki po celi dolžini izbočenega brega so začele uspevati vodne rastline (rogoz, trsje), ki so se preveč razrasle. Ker se bo struga osenčila, je ob ozelenitvi vegetacijskih zgradb možno pričakovati, da se bo to rastlinje, ki uspeva, še dodatno razraslo.

Sanacija zajed

Ker je v strugi možno opaziti erozijske procese, je matica dna globoko zarezana in se še pogloblja, zato se prožijo usadi brežin, zajede večjih in manjših dimenzij pa se vrstijo še okoli 40 m v nasprotni smeri vodnega toka. Za sanacijo so predvideni trije prečni objekti - membranski pragovi ter zaščita že nastalih poškodb z vegetacijskimi zgradbami. Na eni strani so postavljeni kostanjevi piloti, na drugi pa jelševi piloti. Najbolj izpostavljene brežine in spodjedena drevesa so zaščitili z grobim lomljencem na vrbovem tepihu, katerega funkcija je preprečevanje pogrezanja težkih kamnov v mehka mivkasta tla. Namen vrbovega popleta je, da preprečuje izpodjedanje, da ne bi kamenje letelo skozi in zmanjša se pretok vode v strugi.

Zasaditve

Zarast, ki bo zrasla iz vegetacijskih zgradb znotraj prereza za nizko in srednjo vodo, za osenčenje struge ne bo zadoščala, ker bo vsakih nekaj let predvideno izsekavanje. Prav zaradi tega razloga je na samem robu struge in v pasu ob njej predvidena zarast z grmovjem in mladim drevjem avtohtonih vrst, ki bo sčasoma nad strugo sklenila zeleni pas. Zarast, ki je do danes sama zrasla in uspevala, se je v letih po izvedeni regulaciji razvila na desnem bregu, zato se bo z zasaditvami smiselno dopolnila.

Kritični je levi breg nizvodno od viadukta, kjer sega zorana njiva do samega roba struge. V ta namen bo njivo potrebno odmakniti za najmanj 4 m, da se pridobi prostor za solidno obrežno zarast, ki bo imela funkcijo zaščititi plašč pred onesnaževanjem. Za normalni prehod, ki ga je treba vzdrževati, je potrebno dodati še 1 - 2 m. Iz sheme smo ugotovili, da gostota zasaditve ne sme biti prevelika niti ne brez posledkov, saj so v vodnem biotopu zaželjeni senčni in sončni prostori. Zasaditev poteka v obliki vijugaste črte zato, ker dajejo drevesa na ta način senco, po drugi strani pa, če pride do sečnje in eno ali dve drevesi posekaš, potem še preostala drevesa vseeno dajejo senco. Iz vijugaste črte lahko sklepamo, da so zasaditve obrnjene proti severovzhodu v kotu 30°, kar pomeni, da dajejo senčno in sončno lego. To omogoča preživetje ribjim živalskim vrstam in ohrani se temperatura vode, kar vpliva na manjše onesnaženje.

Za zasaditev so predvideni vegetacijski sestavi avtohtonih vrst, ki so vidni ob potoku in v dolini. K drevesnim vrstam pripadajo jelša, gaber, poljski javor, jesen in dob, h grmovnim vrstam pa črni trn, navadni glog, leska, trdoleska, brogovita in kalina. Zasaditev se izvaja neenakomerno, v gručah. Osnovo tvorijo drevesa, ki jim sledijo višje in nižje grmovnice proti zunanjemu robu gruče. Drevesne sadike morajo biti

dobro obraščene, višine okoli 3 m, grmovnice pa so eno- do dveletne sadike. Pri sajenju je treba upoštevati čas kot za sadno drevje. Znotraj zaraščenih površin je potrebno omogočiti prehode za vzdrževalna dela, zato ni priporočljivo zelo gosto sajenje.

Preoblikovanje normalnega profila

Izvedba trapeznega predela struge s popolno zaščito dna in brežin z oblogo iz kamna je danes dejstvo, ki ga ne smemo spregledati.

Ker je struga po regulaciji zavzela svojo dokončno stabilno lego, ji je zagotovljena popolna varnost objekta viadukta in proge. Da bo vodotok vršil tudi svojo ekološko funkcijo, je zato potrebno dodati nekaj objektov kot pomoč njeni naravni dinamiki pri kreiranju njene lastne podobe.

Ugotovili smo, da se je z izvedbo nizkih pragov višine 0,25 m padec nivelete zmanjšal iz 4 %o na 3 %o. Pri tem se hitrosti zmanjšajo, s tem pa je dana možnost nalaganja sedimentov nad obstoječim tlakom in tvorbo dna.

Struga se naredi vijugasto, enkrat levo, drugič desno, s čimer se zmanjša hitrost, da ne pride do izpodjedanja.

Pragovi so oblikovani kot membrane, kar omogoča mini akumulacijo nizkih pretokov. Gladina se zato iz 10 - 15 cm dvigne na 30 - 40 cm.

Z izgradnjo globoke niše se dolga konkavna brežina razčleni. Niša vključuje različne vegetacijske zgradbe, med katerimi lahko izpostavimo vipe, vrbove tepihe, podtaknjence in pilote. Čeprav se bo globina v niši, ki znaša 70 cm, sčasoma zasula, je kljub temu zanimiva popestritev vodnega biotopa.

V območju prečnih objektov je povsod predvidena ozelenitev v nivoju nizke in srednje vode, saj se bo na tem območju odvijalo družabno življenje vodnih in obvodnih prebivalcev.

Pragovi so nizki, pri njih je obvezen tolmun v podslapju, ki omogoča nemoten prehod rib vseh velikosti.

Z zgraditvijo večjih kamnov neenakomernega razporeda, ki ščitijo obstoječe vodno rastlinstvo (trava, biček, loček), se bo odlaganje sedimentov nadaljevalo, vodni tok pa se bo razgibal z deročim in mirnim tokom.

Z zasaditvijo gornjega roba struge in obvodnega pasu z drevesnimi in grmovnimi vrstami avtohtonega porekla, se bo omogočila povezava vodnega biotopa z obvodnim svetom in širšo okolico. S tem izvedenim sanacijskim ukrepom se bo povečalo bogastvo drobnih organizmov, ki živijo v listnem opadu ter stalnih in naključnih obiskovalce Peskovskega potoka.

Z nepravilnimi posegi se spreminjajo razmerja med vodotokom in okolico, zato lahko nastanejo različni procesi (erozija, pogostejše poplave, pomanjkanje vode, zaraščanje), zaradi katerih je potrebno predvideti končno stanje procesov in njihove posledice za okolje.

Če v času nizkih pretokov pride do prevelikih odvzemov vode, se poruši naravno ravnovesje v vodotoku. Za ohranjanje dinamike naravnih procesov v vodotokih se je pojavila zahteva po zagotavljanju ekološko sprejemljivega pretoka, ki označuje količino in kakovost vode, ki zagotavlja ohranitev naravnega ravnovesja v vodotoku in ob njem (Vrhovšek idr., 2005)

Zaradi nepravilnih posegov v vodotoke, je potrebno strugo revitalizirati. To vrsto struge bomo v nadaljevanju tudi natančneje predstavili.

V preteklosti so bili številni vodotoki uravnani zaradi kmetijstva, obvodna krajina je bila izsušena in v številnih primerih je bilo odstranjeno tudi vodno in obvodno rastlinstvo. Ti posegi so spremenili hidrologijo in morfologijo vodotokov ter zmanjšali biotsko pestrost. Spremembe se kažejo v izgubi samočistilne sposobnosti vodnih ekosistemov, pomanjkanju vode v poletnih mesecih, znižanju količine kakovostne pitne vode, okrnjena je tudi pridelava kmetijskih pridelkov zaradi suše.

Revitalizacija vodotokov je način upravljanja z vodotoki, ki upošteva strukturno in funkcijsko poveza-

nost ekosistemov. Z revitalizacijo obnovimo ekološko ravnovesje z ustreznimi vodnogospodarskimi posegi. Izboljša se habitatna in biotska pestrost, samočistilna sposobnost vodotoka in zadrževanje vode.

Ekoremediacija melioracijskih jarkov

ERM melioracijskih jarkov so sonaravno spremenjeni klasični melioracijski jarki.

Klasični melioracijski jarki za osuševanje kmetijskih površin nimajo sposobnosti zadrževanja in čiščenja vode, onesnažene s pesticidi in gnojili. Ti neposredno prehajajo v vodotoke in podtalnico ter tako predstavljajo resne probleme za okolje in vplivajo na zdravje ljudi in živali.

S sonaravno ureditvijo – zasaditvijo klasičnih melioracijskih jarkov lahko te težave odpravimo ali jih vsaj omilimo. ERM melioracijski jarki ščitijo podtalnico in vodotoke pred onesnaženjem ter zmanjšujejo vplive

suš in vetra. Vplivajo na povečanje kmetijskega pridelka, pripomorejo k varovanju zdravja in estetskemu videzu kmetijske pokrajine.

Ekoremediacije za ohranjanje mokrišč

Mlake in lokve so antropogena sladkovodna mokrišča, ki so pomembni življenjski prostori za rastline in živali. So zadrževalniki vode, vodo prečiščujejo, povečujejo biološko raznovrstnost in so pomembne tudi kot kulturna dediščina. Plavajoče in potopljene rastline prispevajo k samočistilni sposobnosti: izboljšajo pogoje za sedimentacijo suspendiranih delcev, predstavljajo površino za naselitev mikroorganizmov, privzemajo hranilne in strupene snovi, uvajajo kisik v koreninsko cono, kar omogoča aerobno razgradnjo snovi in nitrifikacijo ter ustvarjajo življenjski prostor za druge organizme.

5.6 TRAJNOSTNA SANACIJA ODLAGALIŠČ

Med nove načine ERM prištevamo sonaravne sanacije deponij, rastlinske čistilne naprave in vegetacijske pasove in bariere, ERM za zaščito mokrišč ter zadrževalnike vode. Novi načini ERM temeljijo na poznavanju ekosistemov in procesov, ki jih potenciramo in vzpostavimo v sonaravnih ali umetnih ERM sistemih za zmanjševanje ali zaščito pred različnimi vrstami onesnaževanja. Hkrati pa ti sistemi ustvarijo nove življenjske pogoje in prostore za začasno ali stalno bivanje rastlinskih in živalskih vrst.

K novim načinom ekoremediacij pripadajo sonaravne sanacije deponij, rastlinske čistilne naprave, blažilna območja, ekoremediacije za zaščito mokrišč ter zadrževalniki vode. Ti načini temeljijo na poznavanju ekosistemov in procesov, ki jih potenciramo in vz-

postavimo v sonaravnih ali umetnih ekoremediacijskih sistemih za zmanjševanje ali zaščito pred različnimi vrstami onesnaževanja. S sistemi se ustvarijo tudi novi življenjski pogoji in prostori za začasno ali stalno bivanje rastlinskih in živalskih vrst (Vrhovšek, 2006b).

Ekoremediacijski način sanacije deponij je sestavljen iz več med seboj funkcionalno povezanih pod-sistemov, katerih cilj je zadržati vodo v čim večji količini na sami lokaciji ter jo od tu odvajati čisto v ozračje. Sonaravna metoda sanacije je sestavljena iz prekrivnih plasti z lesno in zeliščno vegetacijo, rastlinske čistilne naprave in namakalnega sistema. Na sami lokaciji se izvaja recikliranje vode tako, da se prestrežena izcedna voda čisti na rastlinski čistilni napravi, voda iz

rastlinske čistilne naprave pa se uporabi za namakanje dreves, ki so zasajene na deponiji. Voda na ta način evapotranspirira, del pa skupaj s padavinsko vodo gre nazaj med odpadke (Ekoremediacije v celostnem upravljanju z vodami, 2005).

Trajnostna sanacija odlagališča odpadkov

Odlaganje komunalnih odpadkov na odlagališča je še vedno prevladujoč način končne odstranitve od-

padkov. Glavni okoljski problem odlagališč predstavlja nadzor nad izpusti izcedne vode in bioplina.

Trajnostna sanacija odlagališča odpadkov z ekoremediacijami omogoča nadaljnjo razgradnjo odpadkov tudi po zaprtju odlagališča in s tem njihovo stabilizacijo, še pred iztekom življenjske dobe izolacijskih materialov. V proces sanacije so vključeni naravni sistemi, ki omogočajo stabilizacijo in razstrupljanje onesnaževal, kot tudi izrabo preostalih hranil iz izcedne vode za pridobivanje energetske biomase.

5.7 PREPREČEVANJE POPLAV IN ZADRŽEVANJE VISOKE VODE Z ERM

Na Goričkem lahko pride do poplav v pomladanskem času zaradi taljenja snega in v poletnem času zaradi neviht. Ugotovili smo, da je to območje z najmanj padavinami v Sloveniji, zato lahko pričakujemo, da poplave ne bodo izrazite. Kljub temu da so te poplave kratkotrajne, ponekod bolj ali manj pogoste, jih je potrebno preprečiti, ogrožena območja pa zaščititi.

S pomočjo terenskega dela smo si vodotoke ogledali, jih analizirali glede urejanja in ugotovili, da na goričkih vodotokih ni narejenih nasipov, saj le-ti niti niso potrebni, saj so potoki deležni le kratkotrajnih poplav. Da so visoko vodo vseeno preprečili, so večini potokov strugo poglobili, jo razširili, zgornji rob pa so malo zvišali. Na ta način voda ne more teči preko bregov, če pa do tega pride, pa so škode deležne le kmetijske površine in drevje z rastlinstvom, ki uspeva ob vodotokih. V ta namen si je večina domačinov hiše zgradila v stran od potokov, velikokrat tudi na gričih, kjer je teren nekoliko višji.

Območje ob Mačkovskem potoku je primer, ko so potok ob naselju Mačkovci uredili tako, da je varno pred poplavami. Ker se potok razprostira med cesto in hišami, so pokrajino okoli njega morali zavarovati in preprečiti njegovo morebitno visoko stanje vode. Ko so potok razširili in obložili, so na njem naredili lesene mostove, da ga ljudje lažje prečkajo. Zraven so zasadili tudi drevje, s čimer so dosegli, da se odpadne vode iz gospodinjstev, ki se razprostirajo poleg, ne stekajo v potok, ampak jih delno zadržijo drevesa. Ker so strugo na novo poglobili, ima danes obliko terase. Če tega ukrepa ne bi naredili, bi lahko ob morebitni visoki vodi bile hiše in cesta pod vodo.

Tudi drugi vodotoki so zavarovani pred poplavami, saj so na Veliki Krki pod mostovi narejeni merilci, ki kažejo dvig in nivo vode ob večjem nalivu. Ko le-ta preseže dovoljeno vrednost, pride do avtomatskega alarma in na to območje pride civilna zaščita, ki je specializirana in ima opremo za poseg v takem primeru. Te naprave so postavljene pod mostovi, v bližini katerih so hiše, z namenom zavarovati prebivalstvo. Če pa hišam grozijo poplave civilna zaščita okrog hiše

postavi vreče, napolnjene s peskom, s katerimi se zavaruje hiša in prebivalstvo.

Z agromelioracijami ob njivah so na Ledavi in Veliki Krki izboljšali vodni režim v tleh in preprečili, da pride do poplav. S prečnim oranjem na padec terena so dosegli, da voda zaradi težje prepustne glinastomeljaste teksture tal hitro odteče in se ne zadržuje na njivskih površinah, kar omogoči kvalitetnejšo kmetijsko pridelavo. Če torej zaradi poplav pride do zastoja vode na njivskih površinah, ki leži na ravnem območju, je za to, da se znebimo odvečne vode, zelo pomembno, kako orati,.

Nekoč so za preprečevanje visokih voda povirja urejali tako, da so ob potokih in jarkih bregove potočkov pogozdili. Načrtno so sadili gozdno drevje in s tem omogočili, da se deževnica, ki se spira s škropljenih kmetijskih površin, prečisti in vodotok manj degradira. Ko je drevje zraslo dovolj visoko, so ga posekali in ga

uporabili za kurjavo, mlado pa so pustili rasti. Krog se potem ponovi in se še danes izvaja, vendar je problem v neizobraženosti kmetov, ki velikokrat ne vedo, kaj pomeni posajeno drevje in rastlinstvo ob potoku.

Zadrževanje vode z goričkih vodotokov so uspešno rešili z Ledavskim in Hodoškim umetnim zadrževalnikom. Ker je Ledava s svojimi pritoki nekoč poplavljala, so vmes naredili umetno jezero, ki blaži visoko stanje predvsem poleti. Če se v Ledavskem jezeru začne zadrževati več vode kot je to označeno, potem vodo spustijo v razbremenilni kanal, ki vodi v Mursko Soboto. Zaradi visokih stanj Dolenskega potočka, so na njem naredili Hodoško jezero, ki je manjše, vendar kljub temu aktivni zadrževalnik vode. Poleg dobrih lastnosti imajo zadrževalniki tudi slabo lastnost, saj z izpustom vode iz njega odplavajo iz njega tudi ribje vrste, ki jih je zato čedalje manj.

5.8 VAROVANJE PODTALNICE

V severovzhodni Sloveniji je največji ravninski vodonosnik reka Mura, ki deli Mursko in Prekmursko polje. Območje Prekmurskega polja napaja pretežno Ledava s pritoki in razbremenilni kanali. Vodonosnik se napaja predvsem s padavinami ter s ponikovanjem potokov (Bat idr., 2004).

V občini Rogašovci smo izvedeli, da je glede oskrbe z zdravo pitno vodo to ena izmed najbolj problematičnih območij na Goričkem. Ob vodotokih Ledavi, Kučnici in potoka Lukaj je stanje zaskrbljujoče, saj je to območje intenzivnega kmetovanja, ki zahteva veliko gnojenja z umetnimi gnojili. Ko se le-ta razkrojijo, padavine sperejo v zemljo vse strupe, ki nato pronicajo v vodonosne plasti, iz katerih se črpa voda za vsakdanjo uporabo. Zato je voda iz studencev, vodovodnih zajetij, mlak in potokov zelo onesnažena z nitrati, fekalijami, odpadnimi olji in drugimistrupi, tako da marsikje ni več primerna za pitje. Vodonosna

zajetja, ki jih občani uporabljajo za oskrbo s pitno vodo, so zelo plitva, zato je podtalnica še bolj izpostavljena onesnaževanju. Problematika se poveča zaradi vse večjih suš v zadnjih letih, saj je območje podvrženo zmanjšanju vode, še posebej v poletnih mesecih.

Zemeljske plasti, kjer naj bi bila podzemna zajetja pitne vode, so sestavljena iz metamorfnih skrilačev, na katerih ležijo apnenci, peski, peščenjaki, konglomerat in prod, nad temi pa je precej debela plast gline, ki deluje kot naravni filter, ki dobro zadržuje pronicanjestrupov v vodna zajetja pod zemljo.

V občini so izvedli projekt zajemanja pitne vode iz večjih globin, kjer voda ni podvržena neposrednemu onesnaževanju s površine. V naselju Večeslavci so opravili vrtino do globine 110 m, iz katere je možno načrpati 1,5 do 2 litra vode. Posebnost te vrtine je naravni izliv vode v količini 0,1 - 0,2 l/sek. Izliv vode iz

vrtnice iz globine okoli 100 m je stabilen in brez nihanj, kvaliteta vode pa je dobra, s tehnološkim postopkom pa bo za redno izkoriščanje potrebno znižati vrednost mangana in železa. V Sredici je vrtnica globoka okoli 100 m, postopek vrtnanja pa je potekal skozi trde materiale (kamenje), kapaciteta črpanja pa je pod 0,5 l/sek, vendar je voda za sedaj neuporabna, ker je motna in priteka zraven tudi mineralna voda (slatina). Analize pokažejo preveč mangana in železa, tako da ni primerna za črpanje in uporabna za pitje. V predvidenih Rogašovcih do vrtnanja ni prišlo, ker se vrtnica nahaja na vrečnem področju in bi voda imela večjo vrednost mineralizacije.

Kot potencialni resursi zalog pitne vode so identificirana območja v porečju Mure (podtalnica), nahajališča na Lendavskem področju, območje Hodoša. Severno Goričko odkritih virov zalog pitne vode nima, lokalne vrtnice pa bodo kvečjemu za polnitev potreb.

Talna voda območja podtalnic prispeva velik del porabljene pitne vode, zato je ohranjanje primerne kakovosti vode regionalno pomembno. Da bi na

Goričkem zmanjšali onesnaženost, je potrebno najprej skrbeti za vodotoke, kajti če je degradirana že tekoča voda, se onesnaževanje prenaša v podtalnico. Zato je nujen ukrep zmanjšati uporabo umetnih gnojil in se preusmeriti v ekološko kmetovanje. Prav tako je potrebno upoštevati vse negativne vplive iz kmetijstva, ki degradirajo vodotoke, ki smo jih že navedli. Ker onesnažena voda pronica iz starih in sedanjih deponij odpadkov, je te potrebno sonaravno urediti, zavarovati in preprečiti morebitne vnose v vode, hkrati s tem pa odplake higiensko odvajati v urejene greznice. Odlagališča za različne vrste odpadkov je potrebno urediti, saj postajajo odpadki v gramoznicah, peskokopih in gozdnih jamah velik problem, ki degradira vse sestavine okolja. Melioracijske jarke je potrebno urediti tako, da ne bodo segali do nivoja podtalnice, prav tako pa je potrebno sanirati obcestne jarke, v katere se direktno spuščajo odplake. Nenazadnje morajo prevozniki paziti pred naključnimi razlitji nevarnih snovi pri prevozu po cesti in izvršiti hitri ukrep, če pride do nesreče.

5.9 SONARAVNA UREDITEV KMETIJ

Ker je Goričko zelo kmetijska pokrajina, po kmetijskih površinah in tudi po deležu kmečkega prebivalstva, je primarna dejavnost že v preteklosti predstavljala prevladujočo gospodarsko dejavnost. Zaradi ugodnih naravnih razmer, ki vladajo v gričevnati pokrajini, je z regionalnim razvojem regije kmetijstvo še vedno ostalo ena izmed najpomembnejših dejavnosti, ki prinaša dohodek. Ker gre za območje, ki je gosto poseljeno z ljudmi, ki imajo izkušnje s kmetijstvom, si ti v zadnjem času prizadevajo izboljšati razmere in jih postopno načrtno spreminjati. Kmetovanja se je potrebno lotiti na pravi način, da se okolje ne bo onesnaževalo, ampak se bo ohranjala čista in zdrava narava. Razvijati je potrebno kmetijstvo, ki se bo zgledovalo po naravi, kar pomeni, da se morajo vzpostavljati takšni ekološki sistemi, ki bi bili čim bolj podobni naravnim.

Prav zaradi vpliva delovanja narave, vpliva človeka in zdravega načina življenja, ki postaja v zadnjem času potreba po daljšem življenju, se je uveljavilo sonaravno kmetijstvo, v katerega spada tudi ureditev in razvoj ekoloških kmetij.

Ekološko kmetijstvo je sistem pridelave hrane, ki ima nalogo uskladiti ekonomske, ekološke in socialne zahteve v današnjem času, zato lahko govorimo o trajnostni obliki kmetovanja. V ekoloških kmetijah veljajo določene omejitve, saj presežek uporabe mineralnih gnojil in pesticidov ni dovoljen, število živali na površino pa je omejeno. Na ta način se omeji pridelava in poraba organskih gnojil, kmetje pa kakovostne pridelke pridelujejo na okolju prijazen način (Lampič, 2005).

6 KLASIFIKACIJA EKOREMEDIACIJ

Narava je v svoji zgodovini doživela in preživela marsikatero katastrofo. Vodni in obvodni ekosistemi ter mokrišča, ki pomenijo prehod med kopenskimi in vodnimi ekosistemi, imajo veliko sposobnost uravnavanja vodnih udarov pa tudi močnih in specifičnih fizikalno-kemijskih ter strupenih onesnaževanj.

Obnova razvrednotenih ekosistemov z ekoremediacijami pomeni poleg stabilnejših naravnih sistemov tudi boljše stanje naravnih elementov v bivalnem okolju, kar izboljšuje življenje človeka in drugih živih bitij. Predvsem pa ponujajo veliko izobraževalno in vzgojno možnost, kar je morda še pomembnejše od samega tehničnega učinka.

Z razvojem novih znanj se področje ERM širi. ERM dobivajo širšo dimenzijo in postajajo način življenja ljudi in multifunkcionalni način varovanja okolja. S krepitvijo potrebe po interdisciplinarnem pristopu varovanja okolja se ERM pojavljajo kot način udejanjanja večsektorskega pristopa pri varovanju okolja. Prav zaradi novih potreb po interdisciplinarnem pristopu smo ERM klasificirali po več kriterijih in s tem pokazali na njihovo večnamenskost.

I. Klasična delitev ERM:

- Naravne ERM,
- stare ERM,
- novi tipi ERM in
- ERM za sanacije nepravilnih posegov.

Pri tej klasifikaciji so med naravnimi ERM združene oblike, ki se pojavljajo v naravi kot so tolmeni, slapovi in meandri. Med starimi oblikami so kali ali puči, ki so jih ljudje večnamensko uporabljali, med novimi oblikami pa: RČN (rastlinske čistilne naprave), ekomelioracijski jarki, vetrne bariere in puferna območja, ki jih uporabljamo za naravno varovanje okolja. Nepravilne posege saniramo z revitalizacijami in renaturacijami, fitoremediacijami (za čiščenje onesnažene zemlje), z metodami za kondicioniranje pitne vode in s tem saniramo že degradirane oblike naravnih sestavin okolja.

V nadaljevanju so predstavljene delitve ERM, ki smo jih pripravili na osnovi dosedanjih izkušenj iz prakse. Kriteriji delitve so določeni glede na ukrepe, za katere se ERM uvajajo. Predstavljena delitev je poskus znanstvene klasifikacije ERM, ki bo objavljena v knjigi *Ekoremediacije za učinkovito varovanje okolja* (Vovk Korže in Vrhovšek, 2006).



Pri tej klasifikaciji so med naravnimi ERM združene oblike, ki se pojavljajo v naravi kot so tolmeni, slapovi in meandri. Med starimi oblikami so kali ali puči, ki so jih ljudje večnamensko rabili, med novimi oblikami pa: RČN (rastlinske čistilne naprave), ekomelioracijski jarki, veterne bariere in puferna območja, ki jih uporabljamo za naravno varovanje okolja. Nepravilne posege saniramo z revitalizacijami in renaturacijami, fitoremediacijami (za čiščenje onesnažene zemlje), z metodami za kondicioniranje pitne vode in s tem saniramo že degradirane oblike naravnih sestavin okolja.

Narava je v svoji zgodovini doživela in preživela marsikatero katastrofo. Vodni in obvodni ekosistemi ter mokrišča, ki pomenijo prehod med kopenskimi in vodnimi ekosistemi, imajo veliko sposobnost uravnavanja vodnih udarov pa tudi močnih in specifičnih fizikalno-kemijskih ter strupenih onesnaževanj. Obnova razvrednotenih ekosistemov z ekoremediacijami pomeni poleg stabilnejših naravnih sistemov tudi boljše stanje naravnih elementov v bivalnem okolju, kar izboljšuje življenje človeka in drugih živih bitij. Predvsem pa ponujajo veliko izobraževalno in vzgojno možnost, kar je morda še pomembnejše od samega tehničnega učinka.

Danes ERM zaradi kompleksnosti in medsektorske vloge delimo po problemu, ki ga rešujejo:

II. Problemska delitev ERM

- ERM za uravnavanje vodnih količin (protipo plavni ukrepi, preprečevanje/zmanjševanje posledic suše),
- ERM za reševanje onesnaževanja voda zaradi kmetijstva, turizma, industrije itd.
- ERM za reševanje netočkovnega onesnaževanja voda: Preprečevanje/zmanjševanje onesnaževanja iz kmetijstva (podtalnica, prehrana),
- ERM za preprečevanje/ zmanjševanje onesnaževanja iz razpršenih naselij,
- ERM za zaščito pitnih virov in kondicioniranje pitne vode,
- ERM za varovanje zaščitene območij (vodovarstvena, naravovarstvena in druga),
- ERM za zaščito podtalnice in stoječih voda (jezer),
- ERM za obnovo degradiranih vodotokov, gramoznic, glinokopov, kamnolomov,
- ERM za čiščenje in recikliranje vode iz industrije ,
- ERM za čiščenje specifičnih onesnaževal (bioremediacija, mikoremediacija),
- ERM za čiščenje kontaminiranih zemljin (iz jezer, industrije, kmetijstva),
- ERM za obnovo krajinsko degradiranih območij,
- ERM za sanacijo odlagališč in črnih odlagališč,
- ERM za zmanjšanje onesnaževanja z avtocest,
- ERM za povečanje samočistilnih sposobnosti okolja (preventivni in kurativni ukrepi),
- ERM za povečanje oz. ohranjanje biološke raznolikosti (redkih, ogroženih, zaščitene vrst in habitatov),
- ERM za uporabo obnovljivih virov energije (lesne biomase za energetske namene),
- ERM za upravljanje in vzdrževanje ERM sistemov (npr. rastlinskih čistilnih naprav).



Pri navedeni klasifikaciji so ERM opredeljene glede na problem, ki ga z njimi rešimo. Pri posameznem problemu je za rešitev stanja potrebnih več pristopov in zahteva sodelovanje več strokovnih področjih. Npr. ERM za preprečevanje onesnaževanja iz kmetijstva vključuje niz ERM metod, s katerimi se zavarujejo gnojne jame, da gnojnica iz njih ne prehaja v stik s prstmi in tekočo vodo. Potrebno je uporabiti tudi ustrezne rastline, ki porabljajo previsoke količine dušikovih spojin.

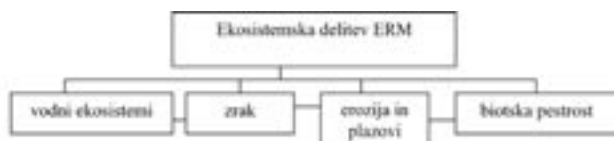
Z delitvijo ERM za varovanje okoljskih sestavin pa želimo prikazati oblike ERM, ki so specifične za varovanje posamezne sestavine okolja:

III. Okoljska delitev ERM

- **ERM za vodne ekosisteme:**
ERM melioracijski jarki,
sonaravno urejeni vodotoki,
mlake, lokve in kali,
kondicionirani izviri vode,
mokrišča in močvirja,
litoralni obrežni pas in obvodni prostor,
ekološko sprejemljiv pretok ,
stranski rokavi,
mlinščice,
zalivi,
tolmuni,
meandri,
mlinščice,
slapovi in brzice,
jezovi,
pragovi,
prodni nanosi,
zadrževalniki in suhi zadrževalniki.

- **ERM za zrak (prah, smrad, hrup, veter):**
mejice,
vetrne, protiprašne, protihrupne bariere.
- **ERM za preprečevanje erozije in plazov:**
vegetacijske zasaditve na plazovitih območjih,
pravilno krčenje grmovja in dreves,
zasaditve obrežja.
- **ERM za varovanje in obnovo kopenskih ekosistemov:**
vegetacijski pas,
RČN v kombinaciji z deponijo (limnotop),
vodne in obvodne rastline,
nadomestni ekosistemi,
ERM melioracijski jarki,
vegetacijski pasovi,
sistemi za zmanjševanje in preprečevanje erozije.
- **ERM za varovanje biodiverzitete:**
mejice,
mlake, lokve,
vegetacijski pas (blažilna cona),
vodne in obvodne rastline,
mokrišča in močvirja,
ERM kot nadomestni ekosistemi,
RČN kot večnamenski ekosistemi,
sonaravna močvirja za netočkovno onesnaževanje.

Z delitvijo ERM za varovanje okoljskih sestavin pa želimo prikazati oblike ERM, ki so specifične za varovanje posamezne sestavine okolja:



Vse pogosteje se pojavlja potreba po definiranju možnih ERM v izbranih dejavnostih, kjer se je potrebno istočasno ozirati na več okoljskih sestavin. Delitev ERM po dejavnostih je naslednja:

IV. Sektorska delitev ERM

- **ERM v kmetijstvu:**
ERM melioracijski jarki,
mejice,
ERM vodotokov in stoječih voda,
zadrževanje vode,
RČN za gospodinjstvo,
RČN za kmetijo,
RČN za kondicioniranje izvira pitne vode,
ERM za čiščenje zemljin,
vegetacijski pas,
vetrne bariere,
ERM za ohranjanje mokrišč,
nasad odpornih sort kulturnih rastlin,
ERM za ureditev celotne kmetije za zdravo življenje.
- **ERM v industriji:**
RČN za čiščenje in recikliranje vode,
RČN za čiščenje zemljin,
ERM za celovito okoljsko reševanje tovarn.
- **ERM za turizem:**
RČN za turistične kmetije, hotele,
restavracije, avtokampe,
rekreacijske površine (golf igrišča, kopališča),
stoječe vode kot večnamenski prostor,
ERM v zaščitnih območjih in parkih.
- **ERM za zdravstvo:**
nasadi eteričnih rastlin (aromoterapija),
nasadi zelišč in ERM za zaščito nasadov,
bioprodukcija ,
zmanjševanje pretoka strupenih snovi v prehrabeni verigi (melior. jarki, zaščita vodnih virov, kondicioniranje pitne vode),
bioremediacije.

- **ERM za majhna naselja in individualne hiše:**
RČN za gospodinjstva,
ERM ureditev okolja,
plavalni bajerji.
- **ERM za mesta:**
ERM za zelene sisteme mesta,
renaturacija mestnih vodotokov,
sanacija mestnih stoječih voda.
- **ERM za izobraževanje in raziskovalno-razvojno dejavnost:**
na problemih utemeljeno učenje v okolju z uporabo terenskih in laboratorijskih metod, udeležba mladih pri okoljskih problemih, andragoška vzgoja, izobraževanje specializiranih uporabnikov (kmetje, turistični delavci, naravovarstveniki), diplomska dela, doktorati, specializacije, raziskovalno-razvojna dejavnost (univerze, fakultete, raziskovalni inštituti), mednarodni projekti za vzgojo in RTD.
- **ERM za promocijo o okolju:**
medijska prisotnost,
publiciranje,
vključevanje javnosti v odločanje o okolju.
- **ERM za pomoč pri zaposlovanju.**
- **ERM kot ekonomska kategorija.**
- ...

Za znanstveni razvoj novih ERM je potrebno sodelovanje pri prijavi in izvajanju mednarodnih in domačih projektov. Prav tako je potrebno vključevanje ERM v izobraževanje in v način življenja ljudi s poudarjenim praktičnim raziskovalnim delom v izobraževalnih inštitucijah in prenos ERM spoznanj v vse sfere družbe. Nujno je razviti sonaravni način razmišljanja, ki bo neposredno vplival na socialni in ekonomski razvoj Slovenije in seveda tudi na psihološki.



V Strategiji razvoja Slovenije (2005) je opredeljeno, da se ERM uporabljajo kot način sonaravnega urejanja okolja. V vsaki dejavnosti bi bilo mogoče vpeljati sonaravne načine varovanja okolja za tista območja, kjer je to potrebno. Zlasti na varovanih območjih (Natura 2000) so ERM najustreznejši način aktiviranja lokalnih potencialov za skladen regionalni razvoj.

7 UPORABA EKOREMEDIACIJ V PRAKSI

ERM se vedno bolj uveljavljajo kot sistemi, ne samo za zaščito in obnovo okolja, temveč tudi kot način življenja – sožitja človeka z naravo. Ljudje spoznava-jo vse prednosti ERM kot so večnamembnost, dolgoročnost, uporabnost, socialne vidike, ekonom-ke vidike, predvsem pa dejstvo, da mnoge probleme, ki smo jih sami povzročili, lahko rešujemo samo z ERM – ekosistemskimi tehnologijami.

Posebno Slovenija je zaradi svoje demografske, geografske in biotske raznovrstnosti zelo primerna za uporabo teh sistemov v praksi.

7.1 OKOLJSKI VIDIK – VEČNAMEMBNOST

Najpomembnejši okoljski vidik uporabe ERM je njihova večnamembnost. Namreč poleg že naštetih sposobnosti zadrževanja vode, samočistilnih lastnosti in ohranjanja biotske raznovrstnosti so še drugi lo-kalno in globalno pomembni razlogi. Takšni so npr. ohranjanje energetske vrednosti odpadkov, ustvarjanje biomase, ponor CO₂, učni in izobraževalni objekti ter

končno, da se lahko edino takšni sistemi uporabljajo v določenih področjih. Večnamembnost se izkazuje in bi lahko bila v veliko pomoč pri zmanjševanju klimatskih sprememb, pomanjkanju energije in ohranjanju red-kih in ogroženih vrst. V praksi lahko vse te lastnosti ekosistemov poljudno prilagajamo, glede na potrebe in posledice sprememb

7.2 PRAVNO IZHODIŠČE

Država Slovenija ima izjemno prednost v Evropi na področju okolja. Zaradi specifičnega industrijskega razvoja v preteklosti k sreči še nismo onesnažili okolja v celoti (kar se je zgodilo mnogim industrijsko razvitim državam). Kljub temu pa se tudi v Sloveniji vse bolj čutijo globalizacijski vplivi. Odpira se nam dilema, ali ponoviti napake evropskih držav ali pa predlagati al-ternativno pot, to je celostni sonaravni razvoj z maksi-malno vključitvijo lokalnih in regionalnih potencialov. Zaradi izjemno ugodne lege imamo v Sloveniji glavno bogastvo v biotski pestrosti in vodnih ekosistemih, ki jih lahko uspešno povežemo z zelenim gospodarstvom.

Po sklepu ministra Janeza Podobnika 24. 2. 2006 se ekoremediacije vključijo v vse strateške dokumente Slovenije. V ta namen smo dopolnili okoljske zako-nodajne dokumente s ciljem, da se ekoremediacije uradno vključijo tudi v slovenske predpise in na tak način dosežemo zahtevane okoljske cilje. Na podlagi 18. člena Zakona o Vladi RS je bil 14. 3. 2006 sprejet tudi sklep ministra Janeza Podob-nika o ustanovitvi delovne skupine za načrtovanje politik ekoremediacije v Republiki Sloveniji (prilo-ga). S tem sklepom smo zavezani, da udeležimo ekoremediacije tako v zakonodaji kot v praksi in izobraževanju.

7.3 EKONOMSKO IZHODIŠČE

Ekosistemski pristop, na katerem temeljijo ekoremediacije, je razpoznan kot ustrezen pristop za upravljanje z naravnimi viri in okoljem. Tradicionalno so bili ukrepi upravljanja usmerjeni k posameznim rabam (kmetijstvu, energetiki, turizmu) z določevanjem režimov za posamezno rabo. Ekosistemsko upravljanje pomeni, da so rastlinstvo, živalstvo in človeška družba medsebojno odvisni in povezani s fizičnim okoljem, kar tvori ekosistem.

Sektorski pristopi povzročajo konflikte med uporabniki, zato je potreben sistemski pristop, na kar so opozorili na konferenci Združenih narodov o okolju in razvoju leta 1992 v Rio de Janeiru.

Agenda 21, sprejeta na zasedanju, ugotavlja, da oceani s pripadajočimi obalnimi območji sestavljajo celoto, ki je bistvena za ohranjanje življenja na Zemlji. Izvedba načel Agende 21 terja nov pristop pri upravljanju z morskimi in obalnimi območji ter pri razvoju na državni, subregionalni, regionalni ter globalni ravni terja pristope, ki so celoviti in previdnostno zasnovani. (Agenda 21, 1992).

Kot celovit ekosistemski pristop se uporablja koncept celovitega upravljanja s povodji, porečji, ustji ter morskimi in obalnimi območji.

Evropska okvirna vodna direktiva (EU Water Framework Directive, 2006/60 EC) je sprejela ekosistemski pristop kot izhodišče za trajnostno rabo vodnih virov. Ekosistemsko upravljanje (Ecosystem – Based Management) je zasnovano in izvedeno kot prilagodljiv proces, ki temelji na učenju z uvajanjem znanstvene metode v procese upravljanja (GPA, 2006).

V ekosistemskem upravljanju so človeška družba ter gospodarski in družbeni sistemi razumljeni kot sestavni del ekosistema. Ekosistemsko upravljanje se ukvarja s spremljanjem stanja živih sistemov ter ohranjanjem dobrin in storitev, ki jih zagotavljajo zdravi ekosistemi.

Celovito upravljanje z vodnimi viri (IWRM) je ob tem, ko so celinske vode postale omejitveni dejavnik za dejavnosti človeka, postalo središčnega pomena za pripravo številnih programov in pobudi (GPA, 2006).

Ekosistemsko upravljanje nosi v sebi premik:

OD -----	DO
posamezne vrste	ekosistema
majhna območja	velikega območja
kratkoročne perspektive	olgoročne perspektive
neodvisnosti čl. od ekosistema	čl. kot dela ekosistema
ločenosti upravljanja od raziskav	prilagoditve upravljanja
iskanja koristi	ohranjanja proizvodnega potenciala
ekosistema	

(Sheman, Duda 1999).

Z namenom izboljšanja regionalnega sodelovanja, ki upošteva pomen zdravih regionalnih ekosistemov za razvoj regije, se uporablja termin ekoregionalno sodelovanje (Eco-regional Cooperation). Izdelane in sprejete so regionalne strategije trajnostnega razvoja za Baltik in Sredozemlje in sicer z namenom krepitve sodelovanja med državami za ohranjanje morskih obalnih ekosistemov.

Posledice, ki jih povzroča človek z izrabo naravnih virov in vnosom odpadnih snovi v okolje, so bile v preteklosti delno ali pa sploh ne upošteevane. V kolikor se ti učinki finančno ne ovrednotijo, kvantificirajo in določijo obveznosti ter odgovornosti za ukrepanje, se le-ti zgolj komulirajo in prenašajo v prihodnost, ko rešitve mogoče sploh ne bodo več uresničljive ali pa le delno oziroma bodo naravni resurski v celoti izrabljeni. V zadnjih desetletjih dobiva ekonomsko vrednotenje okoljskih učinkov gospodarskih dejavnosti v prostoru vse večji pomen, v veliki meri tudi zaradi večje okoljske zakonske regulative in davčnega vidika. Drugačno gledanje na rabo naravnih virov kot eno ključnih elementov izpostavlja sonaravna paradigma, kjer se poudarja takšna raba virov, da le-ti ne bodo nikoli popolnoma izkoriščeni, ampak jih bo mogoče izrabljati multigeneracijsko.

Pri opredeljevanju okoljskih stroškov se nam zdi smiselno najprej opredeliti sam pojem stroškov in njihove razlike v primerjavi z izdatki, saj se oba po-

jma pogosto izenačujeta. Strošek se opredeljuje kot žrtvovana ekonomska korist z namenom pridobiti določeno dobrino ali storitev. Izdatki pa so tisti stroški, ki na določen način prispevajo k ustvarjanju nove vrednosti v gospodarski dejavnosti. Tako izdatki niso tisti stroški, ki so na primer posledica kompenzacij za okoljsko škodo, saj ne pripeljejo k ustvarjanju nove vrednosti, ampak z vidika nosilca stroškov predstavljajo izgubo. Okoljski stroški so stroški škode, ki se z določenimi dejavnostmi povzročata v okolju in ekosistemu. So tudi stroški, ki nastanejo bodisi s prostovoljnimi bodisi s prisilnimi ukrepi za doseg določenih okoljskih ciljev. Opredeljujemo jih lahko kot resurse (materialne, finančne, človeške), ki jih je potrebno mobilizirati za sanacijo okoljskega onesnaženja (zraka, vode, odpadkov, prsti ipd.), za okoljsko preventivne ukrepe zaradi spremenjenih ciljev in vrednot uporabnikov prostora in usklajenostjo z zakonskimi predpisi o okolju, ukrepi remediacij in podobno. Okoljski stroški so klasična eksternalija: ekonomska dejavnost nekega prostora povzroči nekompenzirajočo izgubo kvalitete bivanja in ustvarjanja dohodka za drugega (na primer nova tovarna višje ob reki bo vplivala na ribiče nižje ob reki).

Razlikovati je potrebno tudi med okoljskimi stroški in stroški naravnih virov. Stroški naravnih virov so izgubljene možnosti, ki jih utrpijo nekateri uporabniki prostora zaradi izčrpanja naravnih virov preko zmožnosti njihovega obnavljanja (npr. prekomernega črpanja talne vode) in so pravzaprav stroški neuravnotežene oz. netrajnostne rabe virov.

Nekateri avtorji pri opredeljevanju okoljskih stroškov ločujejo med konvencionalnimi, potencialno skritimi in zakonsko določenimi okoljskimi stroški. Konvencionalni okoljski stroški predstavljajo stroške degradacije posameznih prvin pokrajine. Potencialno skrite okoljske stroške je težje opredeliti in izmeriti; npr. okoljski stroški pred vzpostavitvijo neke dejavnosti v prostoru in po njenem koncu (gradnja in razgradnja tovarne). Zakonsko določeni okoljski stroški so tisti, ki

so opredeljeni in višinsko določeni z zakonsko regulativo (kazni, povračila ipd.).

V literaturi obstaja več različnih modelov ocenjevanja okoljskih stroškov, ki se največkrat osredotočajo na posamezne pokrajinske prvine in povratne učinke okoljske degradacije (npr. pri onesnaženem zraku se proučujejo učinki na človeško zdravje, strukture in kmetijsko pridelavo ali pri onesnaževanju vode vplivi na zdravje, kmetijstvo, industrijsko proizvodnjo). Kot primer vrednotenja okoljskih stroškov navajamo Ohm-Hasov model ocenjevanja okoljskih stroškov, ki je zasnovan na obravnavi vrste in intenzivnosti določene dejavnosti v prostoru ter njenem vplivu na okolje. Model temelji na kvalitativnih in kvantitativnih podatkih ter na povezani obravnavi emisij iz gospodarskih dejavnosti na eni strani ter okoljskih stroškov na drugi.

Povezava med emisijami in okoljskimi stroški se kaže v naslednji povezavi: razpršene emisije npr. v zraku ali v vodi povzročajo koncentracije polutantov, poveča se tveganje pri izpostavljanju pri ljudeh, materialih in rastlinah. Če pride do zaznavne škode, govorimo o okoljskih stroških.

Pri vrednotenju okoljskih stroškov je potrebno opredeliti materialne tokove in okoljske vplive določene dejavnosti v prostoru, sledi določitev meja in ciljev za te dejavnosti po različnih outputih in inputih ter končno v tretji fazi finančno ovrednotenje okoljskih stroškov. Bistvenega pomena pri merjenju okoljskih stroškov so indikatorji, kazalci in standardi, ki so lahko v določeni meri subjektivno določeni. Na podlagi indikatorjev lahko sklepamo o okoljski škodi v določenem prostoru in posledično s tem o okoljskih stroških.

Pri obravnavi okoljskih stroškov v vsakdanji praksi se le-ti največkrat obravnavajo v kontekstu že povzročene okoljske škode (na »end of pipe«), medtem ko je bistveno premalo poudarka na stroških izogibanja nastajanja okoljske škode še pred posegi oz. dejanskimi emisijami v prostoru.

7.4 SOCIOLOŠKO IZHODIŠČE

Tako teoretično kot tudi v praksi se izkazuje, da lahko lokalno prebivalstvo pod strokovnim vodstvom mnoge ERM izgradi samo in jih samo tudi vzdržuje. Pri delu se lahko uporablja njihovo znanje, delajo pa lahko tudi težje zaposljivi delavci, posebno pri vzdrževanju. Odvisno od vrste ERM, pa se lahko pridobivajo tudi drugi proizvodi npr. energenti (biomasa, biodizel, eterična olja, gradbeni material itd.) ali nudi kot turistične znamenitosti za določene kraje, ki bi obogatili turistično ponudbo.

Nesporno pa so ERM pomembne zaradi svoje dolgoročnosti, kajti zaščita okolja in njegova obnova postane sestavni del življenja lokalnega prebivalstva. Ob primerni vzgoji pa se to ohrani tudi za kasneje ne glede na vrsto izobrazbe.

7.5 ZAVAROVANA OBMOČJA (NATURA 2000, VODOZBIRNA IN OSTALA ZAŠČITENA OBMOČJA)

V Sloveniji je približno 37% območja pod NATURA 2000 in če k temu prištejemo še vsa ostala zaščiten območja, kot npr. vodozbirna, vodovarstvena, naravovarstvena in druga območja, se procent ozemlja Slovenije, ki je pod posebnimi pogoji približa 50 %. Posebno na področjih, kjer so pomembnejši učinki varovanja okolja in njihova prilagoditev tem razmeram, so ERM največkrat edini načini za te aktivnosti. Saj

si težko predstavljamo, da bi v krajinskih parkih in podobnih zaščitenih območjih gradili velike sisteme, ki močno izstopajo iz okolice in pogosto ne dosegajo zahtevanih normativnih vrednosti. Tudi degradirana okolja, kot npr. kanalizirane vodotoke, majhna naselja, farme, itd. bi težko zaščitili oziroma obnovili z drugačnimi metodami.

7.6 ZAŠČITA OGROŽENIH IN REDKIH VRST TER HABITATOV

Zaščita ogroženih in redkih vrst rastlin in živali je možna samo z ekosistemskimi tehnologijami, kajti le z njimi lahko dosežemo oziroma ustvarimo okolje, v katerem so živele oziroma bodo preživele. S temi tehnologijami lahko prav za vsako vrsto, skupino živali

ali celoten habitat izberemo najustreznejšo kombinacijo ekoloških dejavnikov, ki jim ustrezajo, npr. repopulacija vidre na Goričkem, določenih ribjih vrst, bobra, potočnega raka itd.

8. IZGRAJENE EKOREMEDIACIJE

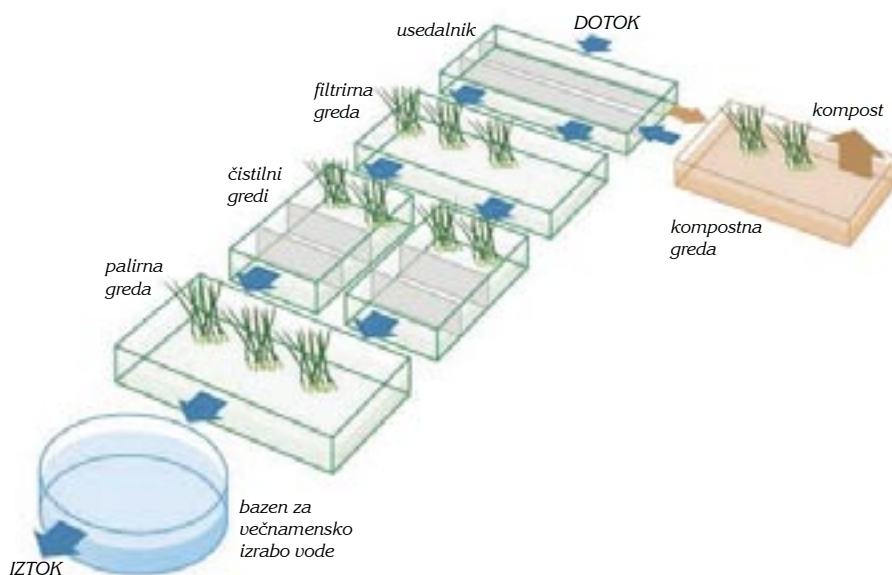
8.1 OSNOVNI PRINCIP DELOVANJA RASTLINSKE ČISTILNE NAPRAVE

Osnovni procesi, ki se v RČN dogajajo, so filtracija, sedimentacija, adsorpcija, mineralizacija, aerobna in anaerobna razgradnja ter asimilacija v biomaso organizmov. Glavni delež čiščenja prispevajo bakterije, ki žive na koreninah ali med njimi. Rastline uvajajo v substrat kisik in tako ustvarjajo aerobne cone. Med aerobnimi conami se nahajajo anaerobne cone. V tako mozaično razporejenih področjih s kisikom ali brez prihaja do razgradnje snovi v izcedni vodi in vgrajevanje v mikrobnno maso bakterij, kar je podobno dogajanju v klasičnih čistilnih napravah. Vloga rastlin se kaže predvsem v tem, da s svojimi koreninskimi sistemi nudijo podlago bakterijam za pritrjanje in asimilirajo mineralizirane snovi (npr. fosfate, amonijak, nitrate ter mnoge strupene snovi, kot so težke kovine, fenoli) v rastlinsko tkivo. Pomemben delež prispeva tudi filtracija, sedimentacija, adsorpcija ter absorpcija na ustrezno izbran substrat.

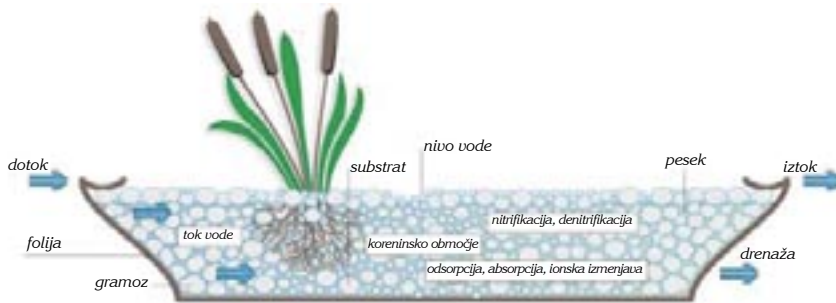
RČN so zelo učinkovite pri odstranjevanju usedljivih in suspendiranih snovi v onesnaženi vodi. Vendar je to lahko hkrati tudi najbolj težaven proces pri delovanju RČN. Ta se namreč lahko zamaši, tako da pride do površinskega toka. Učinkovitost se zato zmanjša. Zato sistem RČN vključuje filtrirno gred, ki sistem varuje pred predčasno zamašitvijo.

Ob propadu rastlin pozimi se učinkovitost delno zmanjša, vendar po naših izkušnjah ne pade pod 80 %. Zaradi potencialne možnosti, da pride po propadu rastlin do spiranja asimiliranih snovi nazaj v vodo, je potrebno z redno košnjo to možnost izključiti.

Največja prednost RČN je, da se v njej zadržijo različne strupene snovi, ki ne odtekaajo v okolje, na primer težke kovine, PCB, fenoli itd.



Shema vodnega tokokroga v RČN.



Prečni prerez RČN

8.1.1 RČN za čiščenje komunalnih vod

RČN za komunalne odpadne vode so načeloma sestavljene iz treh ali štirih gred.

RČN, zlasti z vertikalnim tokom, so vsled velike sposobnosti odstranitve presežka hranil (fosfor in dušik) ter velike sposobnosti odstranitve patogenih mikroorganizmov (neredko tudi 99 %), že prepoznane kot okoljska tehnologija, ki ima tudi funkcijo terciarnega čiščenja. Tudi zato je primerna samostojna čistilna tehnologija za občutljiva in vodovarstvena območja. Tam pa, kjer je v rabi neka druga tehnologija, ki sama po sebi ne vključuje terciarne faze, je kot zaključni element smiselno postaviti manjšo RČN, ki opravlja, v tem primeru, funkcijo terciarne faze.

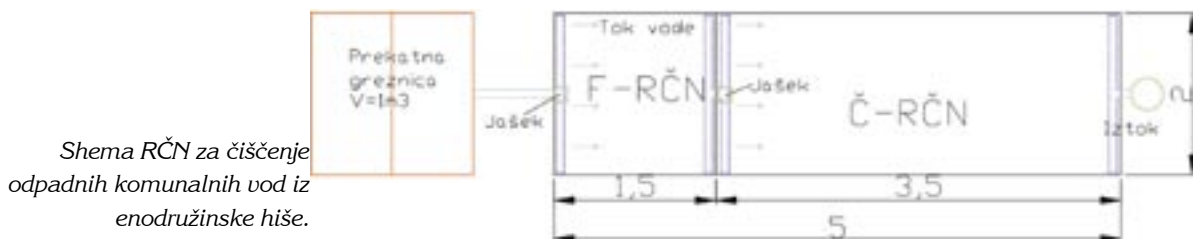
Individualne hiše

Ker so majhni zaselki in hiše izven naselij običajno brez urejene komunalne infrastrukture, je za ustrezno čiščenje odpadnih voda najprimernejša individualna rastlinska čistilna naprava. RČN, v katero se iztekajo delno prečiščene odpadne vode iz greznice, je običajno sestavljena iz 2 gred, prve filtrirne ter druge čistilne. Iztok iz individualne RČN je lahko speljan

v bližnji recipient, ponikovalnico, okrasni bajer kot del vrtno scenografije, najsmotrneje pa je vodo zbirati ter jo ponovno uporabljati npr. za zalivanje, kot protipožarno vodo itd. Merilo za kvaliteto čiščenja je predvsem preživetje vodnih rastlin in živali v bajerčku ali pa v recipientu.

RČN družine Mahkovic ter ekološke kmetije Stergar na Hočkem Pohorju

RČN sta bile izgrajeni leta 2006 za obremenitev 4 PE. Sama RČN je sestavljena iz dveh gred: prva greda velikosti 1,5 x 2 m in globine 50 cm služi za zadrževanje suspendiranih delcev, druga greda v velikosti 3,5 x 2 m pa je namenjena za dokončno čiščenje odpadne vode. V obeh gredah so poleg navadnega trsa zasajeni tudi irisi, perunika, šaši ter druge vlagoljubne rastline. Prečiščena voda iz druge grede se izteka v bajer, ki je zgrajen z namenom zadrževanja vode za zalivanje in recikliranje. Bajer istočasno služi kot krajinski element in je del vrtno scenografije. V njem živijo ribe, dvoživke, in različne vlagoljubne rastline (lokvanji itd.).



Shema RČN za čiščenje odpadnih komunalnih vod iz enodružinske hiše.

Slika 38: Okrasni bajer, kjer se zbira voda iz RČN družine Mahkovic. (Foto: Iztok Ameršek)



Slika 39: RČN na ekološki kmetiji Stergar na Pohorju. (Foto: Iztok Ameršek)



8.1.2 Turistične kmetije – princip delovanja RČN

Turistične kmetije se največkrat nahajajo zunaj urejenih občinskih infrastruktur, zato se mora problematika čiščenja odpadnih vod reševati podobno kot za individualne hiše, na kraju samem. Za razliko od odpadnih vod iz individualnih hiš je pri turističnih kmetijah značilna sezonska dinamika. S tem opisujem, da je poraba vode v različnih obdobjih (sezona, mesec, teden) zelo različna. Zaradi lastnosti zadrževanja voda skozi celoten sistem, se RČN prav tako izkazujejo kot eden najprimernejših sistemov za čiščenje odpadnih vod.

RČN za turistično kmetijo Loger

Rastlinska čistilna naprava (RČN) za turistično kmetijo v Ljubnem ob Savinji je bila izgrajena leta 2007. Obremenitev komunalne odpadne vode je preračunano na 30 PE, kar v velikosti gred pomeni površino približno 75 m². Dno čistilne naprave je iz obstoječe zbite zemlje, celotna površina, tla in stene pa iz vodotesne folije, odporne na UV. Čistilna naprava obsega dva različna bazena (gredi). Voda preko cevi priteče v prvo gredo velikosti 5 x 5 m in globino 50 cm. Napolnjena je s peskom velikosti 1 - 32 mm. Voda nato teče v drugi bazen, dimenzij 10 X 5 m globine 0,6 m. Očiščena voda se izteka po cevi v kaskadni preliv, v reko Savinjo. RČN je zasajena z navadnim trsom.



Shema RČN za turistično kmetijo Loger.



Slika 40: RČN za turistično kmetijo Loger. (Foto: Iztok Ameršek)

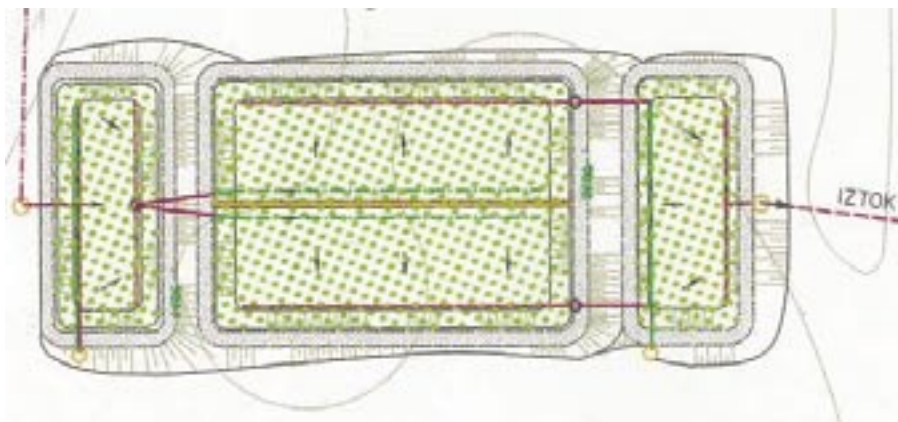
RČN Planinca

Rastlinska čistilna naprava (RČN) za turistično kmetijo na Planinci je bila izgrajena leta 1997. Obremenitev komunalne odpadne vode je preračunano na 50 PE, kar v velikosti gred pomeni površino približno 220 m² ter cca 132 m³ volumna. Same grede RČN so od okolja izolirane z vodotesno folijo. Čistilna naprava obsega 4 različne bazene (grede). Voda preko cevi priteče v prvo gredo velikosti 4 x 10 m in globino

50 cm. Napolnjena je s peskom velikosti 8 - 16 mm. Voda nato izmenično teče v drugi ter tretji bazen z vertikalnim tokom vode, vsak ima dimenzije 14 X 5 m ter globine 0,6 m. Očiščena voda nato preko polirne grede dimenzij 4 x 10 m z globino 0,4 m odteka v zadrževalnik, kjer se je naravno ustvaril habitat, kjer najdemo različne dvoživke ter rastline. Voda izteka po cevi preko kaskadnega preliva v ponikovalnico. RČN je zasajena z navadnim trsom, šaši ter rogozom.



Slika 41: RČN Planinca
(foto: Iztok Armšek)



Shema RČN Planinca

8.1.3 Turistični objekti (avtokampi) – princip delovanja RČN

Če smo pri turističnih kmetijah omenjali dinamiko porabe vode in s tem nastajanje odpadne vode, potem je dinamika odpadnih vod v avtokampih skoraj zagotovo največja. Tukaj se soočamo tako s sezonsko dinamiko (večina kampov deluje zgolj poleti), kot tudi z dnevno (največja poraba vode zjutraj ter zvečer). Ta nihanja je potrebno pri projektiranju in oblikovanju RČN upoštevati v največji meri, saj le tako lahko vodo očistimo do te mere, ki jo predpisuje zakonodaja.

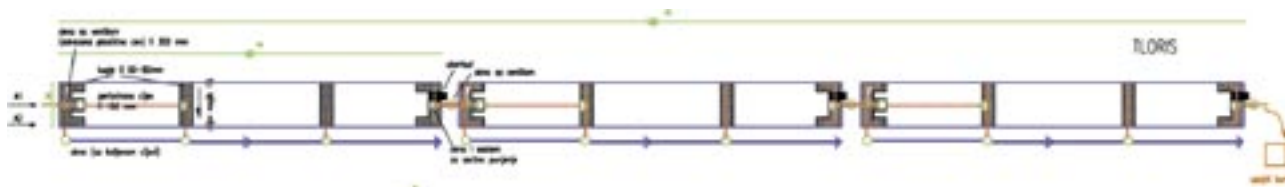
Avtokamp Bijara

RČN za čiščenje odpadnih vod iz avtokampa Biar na otoku Cresu je bila zgrajena leta 2002. Projektirana je za maksimalno kapaciteto 1000 ljudi in maksimalno porabo vode (80 m³/dan) v obdobju med 15. julijem ter 15. avgustom. Dnevna maksimalna poraba vode se pričakuje med 18 ter 21 uro in to kar 60 % dnevne porabe. Voda priteka preko zadrževalnika, volumna 75 m³ v RČN, ki je sestavljena iz treh gred velikosti 60 X 7 m, s površino 420 m² ter efektivnim volumnom 84 m. V vsaki gredi je na dotoku zaradi enakomernega razlitja vode po celi širini RČN, sestavljen pas iz večjih kugel. Končno voda odteka v ponikovalnico.

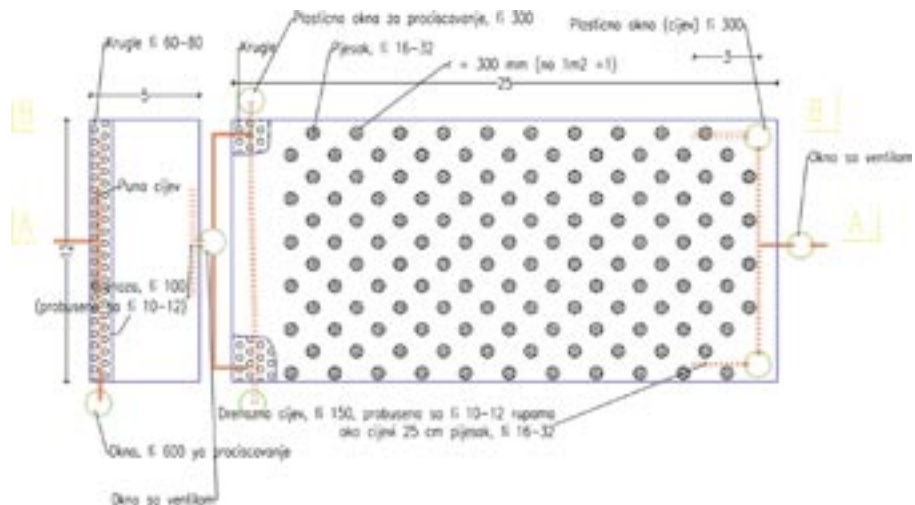


Slika 42: RČN Biara (Cres) v zadnji fazi izgradnje (Arhiv Limnos)

Shema RČN Biara.



Glavotok (Krk)



Shema RČN Glavotok.



Slika 43: RČN Glavotok (Arhiv Limnos).

8.1.4 Manjša naselja – princip delovanja RČN

V Sloveniji je veliko gručastih, strnjenih naselij, kjer se še vedno uporabljajo greznice. Le te so običajno netesne in tako vode nekontrolirano odteka v okolje. Komunalne odpadne vode so v največji meri obremenjene z organskimi snovmi, dušikovimi spojinami in fosfati, kakor tudi z bakterijami fekalnega izvora. Reševanje problematike čiščenja odpadne komunalne vode iz manjših naselij je z RČN še dodatno olajšano, saj nam omogoča reševanje samo dela naselja, medtem ko se preostali deli lahko priključijo naknando, brez večjih dodatnih posegov. V primeru, če se naselje razširi, se del RČN enostavno dogradi, medtem ko prvotna RČN opravlja svojo funkcijo naprej nemoteno.

Sveti Tomaž

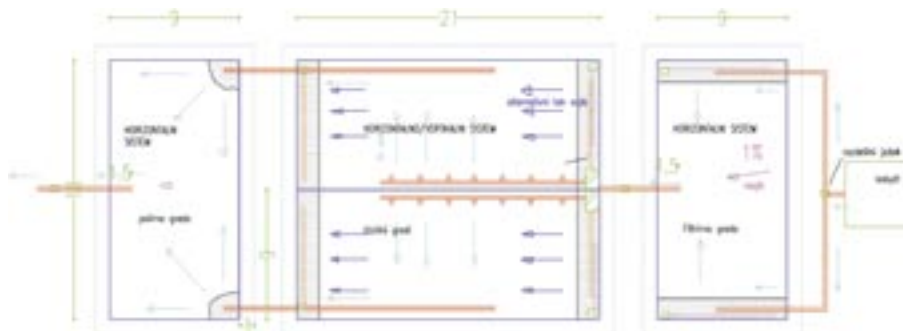
RČN v naselju Sv. Tomaž (v bližini Ormoža) je bila izgrajena leta 2000. Namenjena je čiščenju gospodinjstskih odpadnih voda in odpadnih voda iz kmetijske dejavnosti. Obremenitev RČN je 250 PE.

RČN zavzema površino 700 m². Sistem gradijo: dvostopenjski stožčast usedalnik, filtrirna greda z velikostjo 9 x 18 m, čistilni gredi z velikostjo 21 x 9 m in polirna greda z velikostjo 9 x 18 m. Globina filtrirne grede je 0,6 m, čistilne grede 0,8 m in polirne grede 0,9 m. Naklon gred je 1 %, substrat so različne frakcije peska. Filtrirna greda je zasajena s šaši in ločjem, čistilni gredi s trstičjem in polirna greda z ločjem.



Slika 44: Rastlinska čistilna naprava za čiščenje komunalnih odpadnih voda in odpadnih voda iz kmetijske dejavnosti v naselju Sv. Tomaž (Vir: Arhiv LIMNOS)

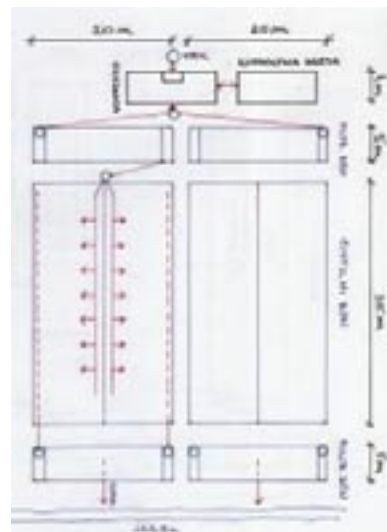
Shema rastlinske čistilne naprave za čiščenje komunalnih odpadnih voda in odpadnih voda iz kmetijske dejavnosti v naselju Sv. Tomaž (Vir: Arhiv LIMNOS)



Velika Nedelja

RČN v Veliki Nedelji (v bližini Ormoža) je bila izgrajena leta 2000. Namenjena je čiščenju komunalne odpadne vode iz naselij za 400 PE. Večinoma gre za gospodinjske odpadne vode, ki vsebujejo nitrato, nitrite, amonijak ter maščobe.

RČN zavzema 900 m². Sestavljajo jo greznica, štiri grede (dve vertikalni – čistilni gredi, polirna greda in kompostna greda) in aeracijska laguna. Zraven je izgrajena tudi kompostna greda s površino 60 m², kamor se prečrpava odpadni mulj. Prečiščena voda iz RČN se na koncu zbira v laguni, kjer se še dodatno očisti. RČN je zasajena z navadnim trstom, v aeracijski laguni pa vodne hijacinte.



Shema RČN Velika Nedelja.

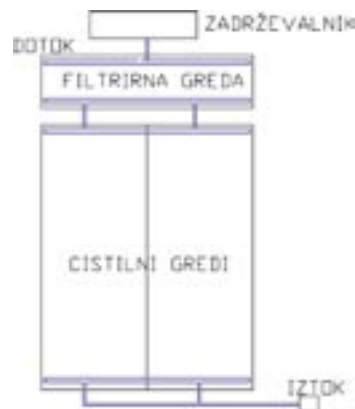
Slika 45: Rastlinska čistilna naprava za čiščenje komunalnih odpadnih voda iz naselja Velika Nedelja (Vir: Arhiv LIMNOS)

Ponikva

RČN v Ponikvi (manjšem naselju pri Šentjurju pri Celju) je bila izgrajena leta 1992. Namenjena je čiščenju komunalnih odpadnih voda za 350 prebivalcev. Komunalne odpadne vode predstavljajo fekalne vode in vode iz gospodinjstev. Značilnost komunalne odpadne vode je prevelika vsebnost amonijaka (NH₃).

RČN zavzema 600 m². Sestavljajo jo tri grede. Prva greda je zasajena, s površino 20 x 5 m in brez nak-

Shema rastlinske čistilne naprave za čiščenje komunalnih odpadnih voda v naselju Ponikva (Vir: Arhiv LIMNOS)





lona. Druga in tretja gred sta nameščeni vzporedno, vsaka ima površino 10 x 25 m, globino 0,6 m in 1 % naklon. Substrat prve grede je mešanica mivke (40 %) in peska (60 %), druge in tretje grede pa mešanica mivke (40 %), peska (50 %) in zemlje (10 %). Prva gred je zasajena s *Carex gracilis* (ostri šaš), drugi dve gredi pa s *Phragmites australis* (navadni trst).

Slika 46: Rastlinska čistilna naprava za čiščenje komunalnih odpadnih voda v naselju Ponikva (Vir: Arhiv LIMNOS)

8.1.5 RČN za čiščenje industrijskih vod – princip delovanja RČN

Zaradi velikih puferskih, zadrževalnih ter samočistilnih sposobnosti, so RČN primerne tudi za čiščenje odpadnih voda iz različnih industrijskih panog. S procesi mineralizacije, absorpcije, adsorpcije ter sedimentacije se v RČN uspešno odstranjujejo tudi težke kovine, anionski tenzidi, KPK, BPK₅ itd. Pri dizajniranju RČN je potrebno upoštevati specifična onesnaževala, ki so v industrijskih odpadnih vodah prisotna v določenih tehnoloških in proizvodnih procesih. RČN je običajno sestavljena iz 3 – 4 gred z horizontalno vertikalnim podpovršinskim tokom vode, napolnjenih z drobljencem ali prodrom različnih dimenzij ter zasajena z vlagoljubnimi rastlinami.

Gosad

RČN v Središču ob Dravi je bila izgrajena leta 1991. Namenjena je čiščenju tehnoloških in fekalnih odpadnih voda iz prehrabeno-predelovalnega obrata Gosad (Droga-Portorož). Odpadne vode imajo nizek pH, so močno zasoljene in visoko organsko obremenjene.

RČN zavzema površino 80 m². Sestavljata jo dve gredi in korito z apnenčastim peskom. Površina vsake grede je 8 x 5 m in globina 0,6 m. Prva greda je razdeljena v dve podenoti. Substrat prve grede je mešanica peska, grobega peska, mivke in zemlje v razmerju 6:2:1:1. V drugi gredi je substrat mešanica peska (70 %), mivke (20 %) in zemlje (10 %). Prva gred je v prvi podenoti zasajena z *Juncus inflexus* (sivozeleeno ločje) in v drugi podenoti s *Carex gracilis* (ostri šaš). V drugi gredi je zasajen *Phragmites australis* (navadni trst).

Slika 47: Izgradnja rastlinske čistilne naprave za čiščenje odpadne vode iz živilsko-predelovalne industrije v Središču ob Dravi (Vir: Arhiv LIMNOS)



Shema rastlinske čistilne naprave za čiščenje odpadne vode iz živilsko-predelovalne industrije v Središču ob Dravi (Vir: Arhiv LIMNOS)

Sudest

RČN v Gradišču je bila izgrajena leta 1991 in je namenjena delnemu čiščenju odpadne vode iz prehrabeno-predelovalnega obrata Sudest (Droga-Portorož). Odpadno vodo sestavljajo tehnološka voda, fekalne vode in vode iz kotlarne. Tehnološka voda vsebuje natrijev hidroksid (NaOH) in klorovodikovo kislino (HCl).

RČN zavzema 156 m². Sestavljata jo dve rastlinski gredi velikosti 13 x 6 m, globine 0,8 m in z 1 % naklonom. Gredi sta med seboj povezani s cevjo. Substrat namenjen čiščenju je na globini 0,6 m in je mešanica peska, mivke ter prsti v razmerju 6:3:1 v prvi in 5:3:2 v drugi gredi. Na RČN sta zasajena *Carex gracilis* (ostri šaš) in *Phragmites australis* (navadni trst).



Slika 48: Rastlinska čistilna naprava za čiščenje odpadne vode iz živalske industrije (Vir: Arhiv LIMNOS)

Šampionka

RČN je bila izgrajena leta 1999 v Renčah (v bližini Nove Gorice). Namenjena je čiščenju odpadnih voda iz tovarne Šampionka. Odpadne vode sestavljajo tehnološke vode, fekalne odpadne vode in meteorne vode. Odpadne vode iz tovarne vsebujejo amoniak ter anionske tenzide.

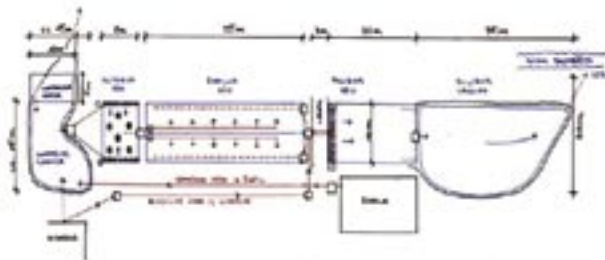
RČN zavzema površino 1780 m². Sestavljajo jo kompenzacijska laguna z velikostjo 15 x 15 m, filtrirna greda z velikostjo 8 x 10 m, čistilna greda z 35 x 10 m

površino, polirna greda z velikostjo 20 x 10 m, polirna laguna z velikostjo 35 x 25 m in kompostna greda z 10 x 5 površino. Globina kompenzacijske lagune je 1 m, filtrirne, kompostne grede in polirne lagune 0,5 m, čistilne grede 0,8 m in polirne grede 0,4 m. RČN je zasajena z močvirskimi rastlinami: šaši, navadni trst, vodna hijacinta, širokolistni rogoz. Substrat je mešanica različnih frakcij pranega rečnega proda.



Slika 49: Rastlinska čistilna naprava za čiščenje odpadne vode iz tovarne Šampionka (Vir: Arhiv LIMNOS)

Shema rastlinske čistilne naprave za čiščenje odpadne vode iz tovarne Šampionka (Vir: Arhiv LIMNOS)



8.1.6 RČN za čiščenje izcednih vod iz deponij komunalnih odpadkov – princip delovanja

Izcedne vode zaradi svoje sestave in toksičnosti sodijo med specifične odpadne vode, katerih čiščenje je težavno in zato resno ogrožajo kakovost podtalnice in površinskih voda. Težave z izcednimi vodami pa se ob širjenju deponij lahko le večajo ali kljub zaprtju deponije ostajajo, zato se v svetu usmerjajo k omejevanju širjenja deponij oziroma k čim hitrejši sanaciji obstoječih deponij.

Za čiščenje izcednih voda iz odlagališč odpadkov se uporabljajo RČN s 4 gredami ter horizontalno – vertikalnim podpovršinskim tokom vode.

Dragonja

Izcedne vode iz odlagališča komunalnih odpadkov Dragonja (občina Piran) so predstavljale točkovni vir onesnaženja reke Dragonje. Od izcednih voda iz ostalih deponij se izcedne vode iz deponije Dragonja razlikujejo po močno povišani slanosti, ki je posledica prinašanja soli iz morja prek zračnih mas in padavin. Izcedna voda vsebuje še visoke vrednosti anorganskih soli, železa, cianidnih ionov, koliformnih bakterij in fekalnih odpadkov. Na deponijo prihajajo odpadki 17

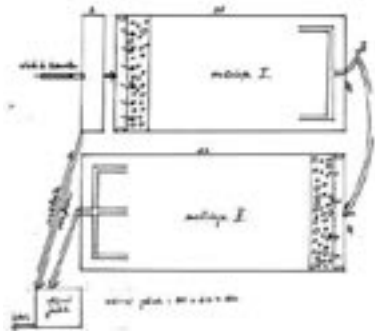
500 stalnih prebivalcev, število ljudi na tem območju pa se v času poletne sezone zaradi prihoda turistov močno poveča. Odlagališče deluje vse od leta 1964, vsako leto pa se tam odloži okoli 54 000 m³ odpadkov.

Z namenom čiščenja izcednih vod s povišano slanostjo je bila na odlagališču odpadkov v Dragonji leta 1992 zgrajena rastlinska čistilna naprava (RČN), ki čisti te izcedne vode in hkrati zmanjšuje slanost.

RČN zavzema površino 450 m². Sestavljata jo zadrževalnik in dve gredi s podpovršinskim horizontalnim tokom vode. Površina prve grede je 21 x 10 m, globina 0,9 m in naklon 1,5 %. Druga greda ima površino 23 x 10 m, globino 0,8 m in naklon 1 %. Substrat v prvi gredi je mešanica šote, mivke, finejšega in grobega peska v razmerju 1:1:6:2. V drugi gredi je mešanica šote, zemlje, mivke, peska in prodnikov v razmerju 1:1:2:5:1. Gredi sta zasajeni z navadnim trstom (*Phragmites australis*).



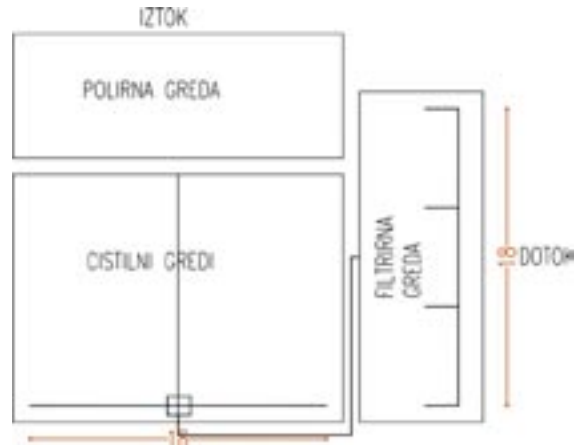
Sliki 50: RČN pri odlagališču komunalnih odpadkov Dragonja (Vir: Arhiv LIMNOS)



Shema RČN pri odlagališču komunalnih odpadkov Dragonja z dimenzijami (Vir: Arhiv LIMNOS)

Ljutomer

Odlagališče komunalnih odpadkov Ljutomer se nahaja na lokaciji opuščenega glinokopa in ima dno vkopano v glinast material. Pod plastjo glinastega materiala se nahajajo izcedne vode, podtalnica se najverjetneje nahaja globlje. V deponijsko telo pritekajo padavinske oz. meteorne vode in površinske vode, ki se stekajo z robov samega odlagališča. Vode so deloma ostajale v deponijskem telesu, deloma pa odtekale po Z jarku skupaj z izcednimi vodami v mestno kanalizacijo, ki se ne zaključi s čistilno napravo, temveč se steka v reko Ščavnico.



Shema rastlinske čistilne naprave za čiščenje izcednih voda iz deponije Ljutomer (Vir: Arhiv LIMNOS)



Slika 51: Rastlinska čistilna naprava za čiščenje izcednih voda iz deponije Ljutomer (Vir: Arhiv LIMNOS)

Za preprečevanje tega onesnaževanja je bila leta 2000 zgrajena rastlinska čistilna naprava za čiščenje izcedne vode s skupno površino 600 m², ki bo zagotavljala očiščenje izcednih voda do stopnje kot jo zahtevajo predpisi za izpust v kanalizacijo. Sestavljena je iz zadrževalno kompenzacijskega bazena (20 m³), filtrirne grede (7,5 x 20 m), dveh čistilnih gred (vsaka 15 x 10 m), polirne grede (7,5 x 20 m) in akumulacijskega

bazena. Skozi filtrirno in polirno gredo se voda pretaka horizontalno, skozi čistilni gredi pa vertikalno. Filtrirne in čistilne grede so napolnjene s peskom, polirna greda pa s peskom in zemljo; vse grede so zasajene z navadnim trstom (*Phragmites australis*).

8.1.7. RČN za čiščenje izcednih vod z avtocest – princip

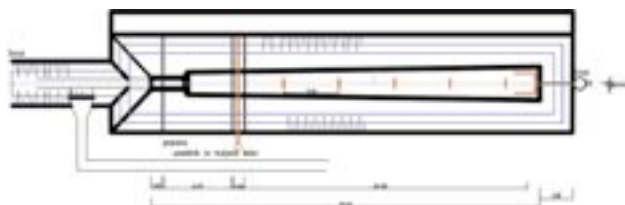
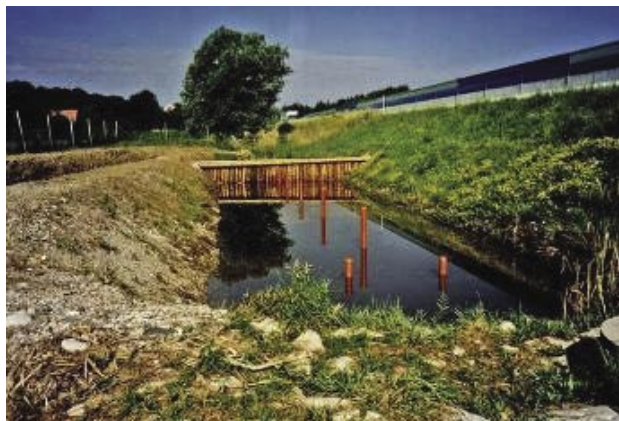
Ogroženost vodnih virov zaradi prometa je specifična in jo je mogoče deliti na stalno onesnaženje, ki je posledica trajnega prometa, in na katastrofalna onesnaženja, ki so posledica prometnih nesreč, razlitij škodljivih snovi itd. Padavinska voda, ki se spira iz onesnaženih cestišč, največkrat odteka neposredno v naravo ter nevarno obremenjuje njeno samočistilno sposobnost.

RČN Hudinja

Zadrževalnik AC Arja vas – Hoče (Hudinja, 40,9-1/1, 40,9-1/2) na južnem delu avtoceste (odsek km 43,9 + 76 do km 44,2 + 82) je bil leta 2001 predelan v pilotno rastlinsko čistilno napravo, ki se zaradi nekaterih odstopanj od tipičnih rastlinskih čistilnih naprav imenuje rastlinski filter (RF). Dolžina RF je 26,5 m, širina 3,2 m, globina 1,1 m, površina 85 m². Volumen substrata je 93 m³, od tega efektivni volumen substrata 28 m³. Zadrževalni čas je predvidoma 73,6 ur ali 3,1 dni. Površina usedalnika je preko 36 m².

Izcedna voda priteka v RF po mehanskem čiščenju in izteka v Travniški potok, ki je pritok Hudinje. Mehansko čiščenje se izvede v usedalniku, kjer se s sedimentacijo zadržujejo tako pesek kot muljni delci v dotekli vodi, s plavljenjem pa zadržuje lažje netopne tekočine (olja, naftne derivate). Usedalnik ima na sprednji in zadnji palisadni steni obešeno opno iz plastične mase, odporne na UV žarke, nizke temperature in olja ter naftne derivate. V muljni usedalnik je vkomponiran oljni lovilnik. Za usedalnikom in pred RF je stena, na katero je obešena oljna zapora in grobi filter, ki ščiti RF pred prehitro zamašitvijo. V RF poteka filtracija, sedimentacija, adsorpcija, mineralizacija, aerobna in anaerobna razgradnja ter asimilacija v biomaso organizmov. Glavno vlogo pri čiščenju imajo mikroorganizmi ter rastline (navadni trst – *Phragmites australis* in rogoz – *Typha latifolia*), ki uvajajo v substrat kisik ter asimilirajo mineralizirane snovi v rastlinsko tkivo. Pomemben je tudi substrat, ki sodeluje pri odstranjevanju onesnaževal s filtracijo neraztopljenih snovi in patogenih mikroorganizmov.

Slika 52: Rastlinski filter za čiščenje iztoka iz avtoceste Arja vas – Hoče (Vir: Arhiv LIMNOS)



Shema rastlinskega filtra za čiščenje iztoka iz avtoceste Arja vas – Hoče (Vir: Arhiv LIMNOS)

8.1.8 RČN za kondicioniranje onesnaženih izvirov pitne vode – princip delovanja

Rastlinska čistilna naprava za kondicioniranje pitne vode je poseben tip RČN, namenjen zmanjšanju onesnaževal iz pitne vode. Med onesnaževali v pitni vodi je v Sloveniji najpogostejše mikrobiološko onesnaženje, presežene so tudi mejne vrednosti pesticidov in nitratov. Z RČN za kondicioniranje pitne vode želimo izboljšati kakovost pitne vode in s tem zmanjšati stroške nadaljnega čiščenja, v kolikor je to sploh še potrebno.

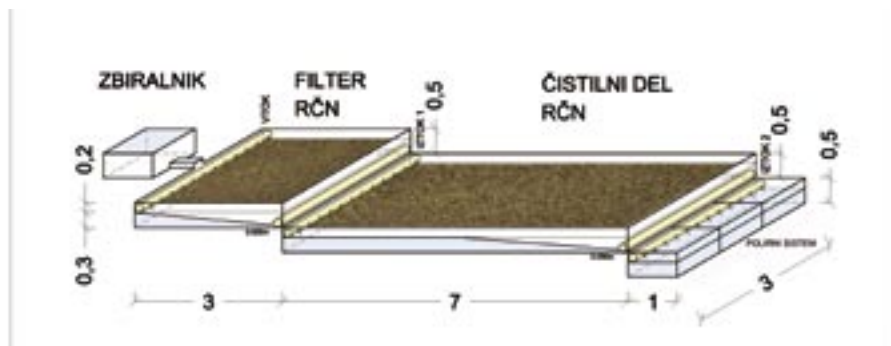


Rečica

Pilotna RČN za kondicioniranje pitne vode v Rečici pri Šmartnem ob Paki je sestavljena iz filtrirne in čistilne grede ter treh polirnih bazenčkov. Filtrirna in polirna greda sta napolnjeni z mešanico karbonatnih in silikatnih peskov in zasajeni z navadnim trstom (*Phragmites australis*). Zrna v filtrirni gredi so nekoliko večja od zrn v čistilni gredi. Polirni bazenčki bodo v prihodnje napolnjeni z različnimi substrati – predvidoma s keramiko in zeoliti za dodatno čiščenje vode. Voda se pretaka horizontalno, večinoma s pretokom 10 l/min, pri čemer je zadrževalni čas 5 ur in 25 (45) minut. Pilotna RČN je namenjena preizkušanju učinkovitosti odstranjevanja različnih onesnaževal iz pitne vode, predvsem nitratov in amonija.

Slika 51: RČN Rečica pri šmartnem ob Paki. (Foto: Iztok Ameršek)

Shema RČN za kondicioniranje pitne vode.



Gerlinci

Pilotna RČN za kondicioniranje pitne vode v Gerlincih je sestavljena iz filtrirne in čistilne grede ter štirih polirnih bazenčkov. Filtrirna in polirna greda sta napolnjeni s silikatnim peskom in zasajeni z navadnim trstom (*Phragmites australis*). Zrna v filtrirni gredi so nekoliko večja od zrn v čistilni gredi. Prvi polirni bazen je napolnjen s šoto, ostali pa bodo v prihodnje z drugimi ustreznimi dodatnimi substrati. Voda se skozi RČN pretaka horizontalno. Pilotna RČN je namenjena preizkušanju učinkovitosti odstranjevanja različnih onesnaževal iz pitne vode, predvsem mikrobnega onesnaženja in pesticidov. Učinkovito odstranjevanje mikrobov je doseženo pri pretoku 5 l/min (zadrževalni čas 11 ur in 30 minut).



Slika 54: RČN za kondicioniranje pitne vode v Gerlincih. (Foto: Iztok Ameršek)

8.1.9 Druge vrste RČN

Z RČN je možno iz vode odstranjevati različna onesnaževala, vendar je treba sistem pravilno oblikovati, izbirati substrat ter rastline. Najbolje je, da se ravnamo po preliminarnih analizah. Od samega dizajna ter izbire substrata, ki je pogojena z vrsto onesnaževala, je odvisna uspešna učinkovitost.

Primer: Čiščenje odpadnih voda iz ribogojnice ter predelave rib Goričar

Ribogojnica Goričar vzgaja postrvi in losose v količini do 70 ton letno. RČN čisti odpadne vode iz predelave rib brez konzerviranja. Vode prihajajo iz vsakodnevnega pranja prostorov, pomivanja posode ter pranja kamiona hladilnika s doziranjem kemičnih sredstev za dezinfekcijo. V RČN so vključene še gospodinjske odpadne vode, ki preko 3 m³ Imhoffa in oljnega lovilca dotekajo na RČN.

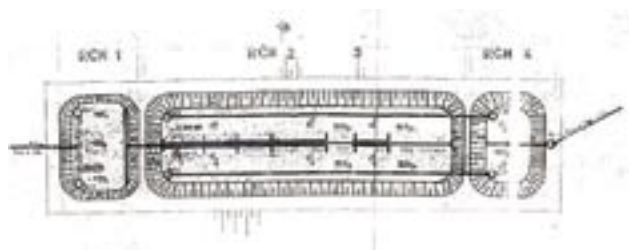
Odpadne tehnološke vode se zbirajo preko talnih sifonov v zbiralnik dimenzij 90 x 90 cm, globine 120 cm. V tem jašku je nameščena posebna čistilna

košara oz. sito za prestrežanje delcev nad 1 mm. Velikost košare je 1,0 m² površine in zadostuje za maksimalne enodnevne količine vode. Glede na predstopnjo čiščenja 30 % v 3 m³ Imhoffu ter situ smatramo da bo dotočna obremenitev na RČN 60 - 70 PE, za kar se predvidi površina 200 m² za očiščenje do normativnih vrednosti.



Slika 55: RČN za čiščenje odpadnih voda iz predelave rib in komunalne odpadne vode (Vir: Arhiv LIMNOS)

Iz zadrževalnika voda doteka na filtrno gredo (RČN-1) dimenzij 5 x 8 m od tu v enakih deležih na čistilni gredi (RČN-2 in RČN-3) dimenzij 18 x 8 m. Voda se v sistemu pretaka predvsem vertikalno, tako da je vnos kisika poleg rastlin tudi preko difuzije, kar zagotavlja učinkovitejše zmanjševanje amoniaka. Od tu gre voda v polirno gredo (RČN-4) dimenzij 3 x 8 m kjer se voda do konca očisti. Voda iz polirne RČN kaskadno odteka v potok. Padec v vseh bazenih je 1 %.



RČN za čiščenje odpadnih voda iz predelave rib in komunalne odpadne vode (Vir: Arhiv LIMNOS)

8.2 RČN za terciarno čiščenje – princip delovanja

RČN, zlasti te z vertikalnim tokom, so vsled velike sposobnosti odstranitve presežka hranil (fosfor in dušik) ter velike sposobnosti odstranitve patogenih mikroorganizmov (neredko tudi 99 %), že prepoznane kot okoljska tehnologija, ki ima tudi funkcijo terciarnega čiščenja. Tudi zato so primerna samostojna čistilna tehnologija za občutljiva in vodovarstvena območja. Tam pa, kjer je v rabi neka druga tehnologija, ki sama po sebi ne vključuje terciarne faze, je kot zaključni element smiselno postaviti manjšo RČN, ki v tem primeru opravlja funkcijo terciarne faze.

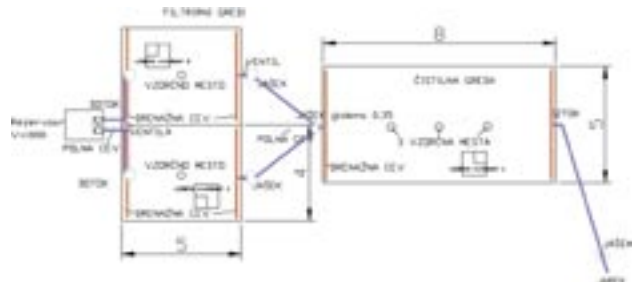


Primer: Ajdovščina

Poizkusna RČN je bila postavljena ob centralni čistilni napravi v Ajdovščini leta 1989. Po izbiri najprimernejše lokacije je bila površina RČN določena s pomočjo Kickuthove enačbe in je znašala 150 m² (9,5 m x 15,5 m). Naklon posteljice je 3 %, ki je utrjena z valjanjem in pokrita z vodotesnim polivinilom. Predviden substrat je bila mešanica zemlje, grušču in mivke v razmerju 1:1:1, pri čemer pa je bila dejanska

Slika 56: Rastlinska čistilna naprava za čiščenje odpadne vode (Vir: Arhiv LIMNOS)

vsebnost zemlje, zaradi peščenosti, večja. Globina RČN je 0,65 m. Na dotočnem in iztočnem delu je 1 m širok pas grobega kamenja (6 -10 cm), tako da se voda iz razdelilnega žleba na dotoku enakomerno razporeja po preseku naprave in se zbira na iztoku v treh drenažnih ceveh. Drenažne cevi so postavljene na treh različnih višinah za ugotavljanje učinkovitosti čiščenja v različnih plasteh. Dotočni in iztočni pretok se uravnava z ventili. Vzdlž RČN so navpično nameščene štiri perforirane cevi za spremljanje nivoja vode. Gred je bila nato poplavljena z vodo. Prečiščena voda se iz RČN izliva v melioracijski jarek in nato v reko Hubelj.



Shema RČN Ajdovščina

8.3. ERM za kmetijstvo – princip delovanja

Primer: Melioracijski jarek pri Lešnici

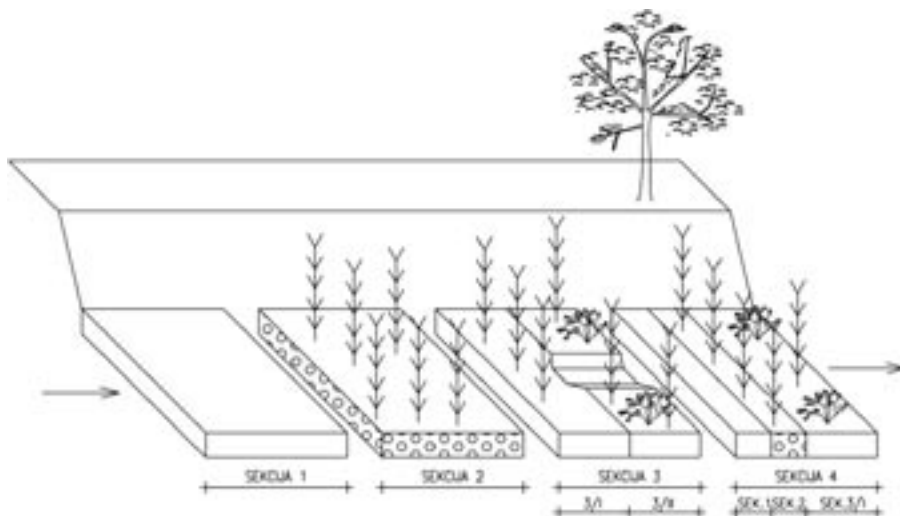
Melioracijski jarki za izsuševanje kmetijske zemlje so razširjeni po več sto tisoč hektarjev zemlje zahodne in vzhodne Evrope, v Sloveniji pa predvsem v Prekmurju. Omogočajo osuševanje kmetijske zemlje v predelih, kjer je talna voda visoka. Klasični melioracijski jarki so goli kanali, v katere se steka voda iz kmetijskega zemljišča, običajno onesnažena s pesticidi in gnojili. Taki jarki nimajo sposobnosti zadrževanja in čiščenja vode, prav tako imajo zelo nizko vrstno pestrost. Pesticidi in ostanki gnojil lahko od tu neposredno prehajajo v vodotoke in podtalnico in povzročajo resne okoljske probleme in vplivajo na zdravje ljudi in živali.

S sonaravno ureditvijo – zasaditvijo melioracijskih jarkov lahko omenjene težave odpravimo ali vsaj omilimo. Primer sonaravne ureditve melioracijskega jarka je jarek pri Lešnici. Razdeljen je na štiri odseke, kjer ima vsak odsek specifično funkcijo:

- Prvi del je oblikovan tako, da omogoča maksimalno zadrževanje vode.

- V drugi del vgradimo substrat, bariere in zasadimo rastline, kar omogoča čiščenje kmetijskega onesnaženja.
- Tretji del je namenjen povečevanju biodiverzitete, zato so tu posajene različne vodne in močvirske rastline, ki predstavljajo življenjski prostor različnim živalim.
- Četrty del pa združuje vse tri funkcije prejšnjih delov in zagotavlja ravnovesje med njimi.

Tako oblikovani melioracijski jarek ščiti podtalnico in vodotoke pred kmetijskim onesnaženjem, zmanjšuje vplive suš, vodo, ki se v njem zadržuje, lahko uporabimo za namakanje, zmanjšuje vplive vetra. Zaradi teh funkcij melioracijski jarek indirektno vpliva tudi na povečanje kmetijskega pridelka, pripomore k varovanju zdravja in estetskemu izgledu kmetijske pokrajine.



1. Zadrževanje
2. Čiščenje
3. Ustvarjanje habitata
4. Združene funkcije vseh treh delov

8.4 Revitalizacije – princip delovanja

Peskovski potok

Peskovski potok je bil zaradi izgradnje železniške proge Puconci-Hodoš-državna meja z Madžarsko leta 1997 reguliran v dolžini 120 m v kraju Gornji Petrovci. Vodotok je bil podvržen klasičnim hidrotehničnim ukrepom. Spremenjena struga potoka ima trapezno obliko, na dnu in brežinah je bila zavarovana s kamnito oblogo, ki se je sčasoma zarasla z invazivnimi, neljubimi rastlinami.

Regulacija vodotoka je spremenila hidrologijo (hitro odtekanje vode) in geomorfologijo (odnašanje sedimenta) vodotoka ter strukturo brežin (odstranjena vegetacija). Sprememba omenjenih lastnosti je vplivala na poslabšanje kakovosti in količine vode, zmanjšanje pestrosti vodnih in obvodnih habitatov ter s tem biodiverzitate. S tem so ogroženi številni prebivalci nižinskih vodotokov, kot je npr. vidra.



Slika 57: Reguliran
Peskovski potok
(Vir: Arhiv LIMNOS)

V letu 2006 je bil Peskovski potok revitaliziran z namenom ohranitve populacije vidre (*Lutra lutra*) na Goričkem. Revitalizacija vodotoka je bila izvedena v dolžini 100 m v kraju Gornji Petrovci. Z namenom izboljšanja stanja vodotoka (samočistilna sposobnost),

Odbijač



povečanja pestrosti vodnih in obvodnih habitatov in s tem biodiverzitete, so se izvedli naslednji ukrepi: pragevi, umetna zajeda, odbijač, talna membrana, vrbovi popleti, pilotaže in zasadnja obrežja.

Prag

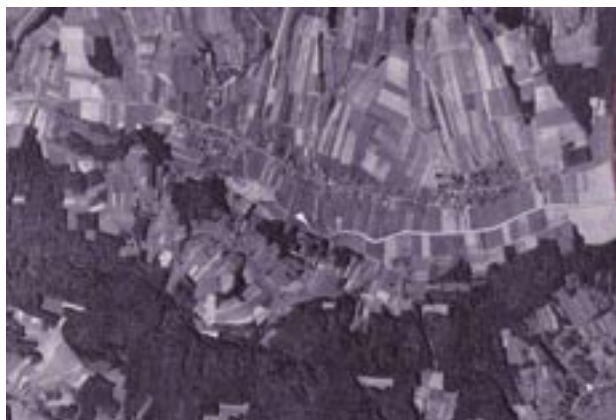


Slika 58: Odbijač in prag na revitaliziranem Peskovskem potoku (Vir: Arhiv LIMNOS).

Mala Krka

Potok Mala Krka izvira v Sloveniji in svojo pot nadaljuje na Madžarskem. Potok, ki je včasih vijugajoče potekal med polji in gozdovi, je zagotavljal življenjski prostor številnim rastlinskim in živalskim vrstam. Sredi preteklega stoletja so zaradi intenzivnega kmetijstva potok regulirali: struga je sedaj bolj ali manj ravna in ima v prerezu trapezno obliko. Ker so dno potoka poglobili, je prišlo do izsušitve mokrišč in znižanja nivoja podtalnice. Kmetijska zemljišča so se razprostirala do potoka, katerega brežine so gole. Zaradi intenzivne obdelave kmetijskih zemljišč, so se pesticidi in umetna gnojila izpirali v potok, kar je povzročilo zmanjšano kakovost vode in biodiverzitetu.

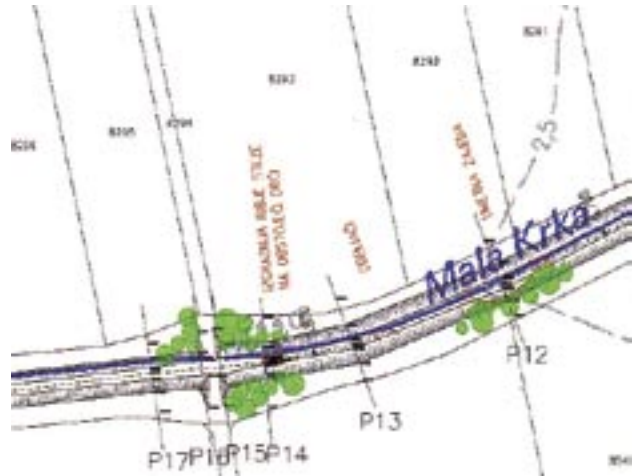
V letu 2006 je bil potok Mala Krka revitaliziran. Revitalizacija je bila izvedena na 800 m potoka ob



Slika 59: Regulirana struga Male Krke (Vir: Arhiv LIMNOS).

vasi Domanjševci do madžarske meje. V strugo je bilo vgrajenih več različnih talnih pragovi, dve zajedi, brežine so se zasadile, ob njih pa so se na več mestih postavili odbijači vodnega toka. V prihodnosti pa se bo izvajalo še ustrezno vzdrževanje. Omenjeni posegi na Mali Krki so bili izvedeni z namenom zadrževanja vode, povečevanja samočistilne sposobnosti in ustvarjanja biotopa.

Slika 60: ERM objekti na Mali Krki (Vir: Arhiv LIMNOS).



8.5. DRUGE OBLIKE ERM

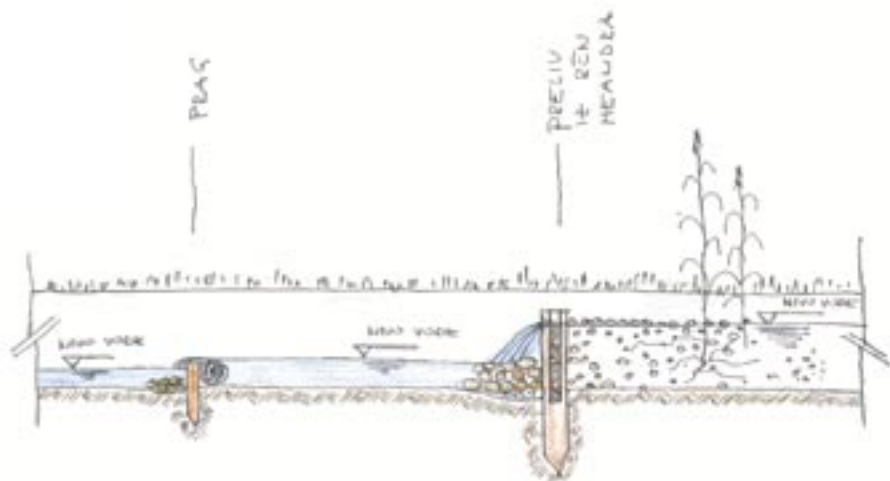
8.5.1. Stranski jarek v Jeruzalemu

Stranski jarki ali meandri vodotokov imajo veliko samočistilno sposobnost ter sposobnost zadrževanja vode. Postavitev meandrov vključujemo tudi v revitalizacije. V meandrih se tok vode umiri, usedejo se večji delci. Ker je zadrževalni čas vode tu večji kot v običajni strugi, se voda lahko očisti. Stranski jarek v Jeruzalemu je namenjen izboljšanju samočistilnih sposobnosti potoka v dolini Jeruzalem – Veličane – Mali Brebrovnik ter kot dokaz, da lahko s sonaravnimi ureditvami degradiranih vodotokov povečamo zadrževanje vode, samočistilno sposobnost in biološko diverziteteto.

Stranski jarek je postavljen v eni od večjih stranskih strug potoka v dolini Jeruzalem – Veličane – Mali Brebrovnik. Potok izvira na začetku doline v obliki več manjših izvirov na močvirnem terenu. Dolvodno

večinoma teče po eni strugi, ob večjih deževjih pa se napolnijo še ostale. Meander vsebuje čistilno prodišče, ki je od ostalega dela ločeno s pregradami, ter dva pragova, ki omogočata menjavanje hitro in počasi tekoče vode. Čistilno prodišče je zasajeno z rastlinami, ki vežejo veliko rastlinskih hranil, pesticide in so hkrati odporne na zunanje dejavnike, so avtohtone in predstavljajo ugoden habitat za vodne in obvodne organizme. Na dnu je pesek ustrezne granulacije (16 - 32 mm in 8 - 16 mm), ki predstavlja substrat, na katerega se bodo vezali onesnaževalci. Na začetku čistilnega mokrišča je postavljena tudi zapornica za stopenjsko doziranje vode v čistilno mokrišče. Na dotoku v stranski jarek pa je postavljen prelivni prag za doziranje vode, visok 30 cm.

Izbrana lokacija služi kot primer, kako se lahko stranski rokav / struga revitalizira za doseg trdnostnosti: čiščenje in zadrževanje vode ter zagotavljanje biodiverzitete. Ker je onesnaženje najbolj izrazito v sušnih obdobjih, ko je pretok manjši, v teh obdobjih vsa voda teče skozi stranski jarek, ob visokih vodah pa se večji del vode pretaka po glavni strugi.



Slika 61: ERM objekti na Mali Krki (Vir: Arhiv LIMNOS).

8.5.2 Jezero Vogršček - vtočni del jezera kot ERM

Vogrsko jezero je akumulacijsko jezero na potoku Vogrščku v bližini vasi Vogrsko v Spodnji Vipavski dolini. Ojezeritev omogoča pregrada pri zaselku Replje vzhodno od naselja Vogrsko. Akumulacija je bila izgrajena z namenom namakanja kmetijskih površin (osnovni namen), zadrževanja visokega vala, bogatenja nizkih voda Lijaka in Vipave, turizma, rekreacije, ribolova in lova. Akumulacija se je začela polniti leta 1988, napolnjena pa je bila leta 1990. Obseg jezera meri okrog 16 km, dolžina je 2000 m, širina do 200 m. Prispevna površina povodja do pregrade je 13,20 km².

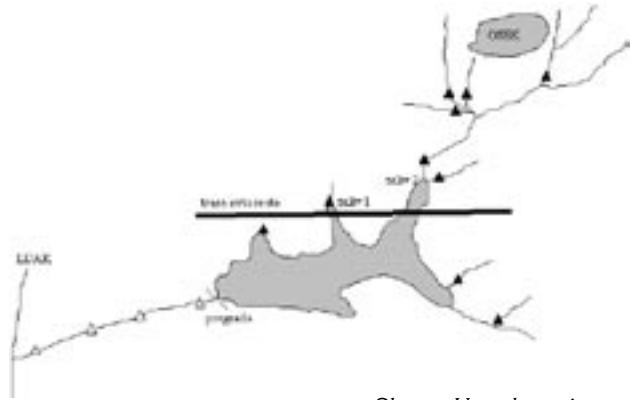
Del akumulacije prečka avtocestni nasip, ki je bil izdelan pred polnjenjem. Tako je v bistvu akumulacija Vogršček sestavljena iz dveh delov: zgornjega manjšega nad avtocesto in spodnjega večjega pod avtocesto. Dolžina akumulacije po vzdolžni osi znaša pri normalni gladini 2,4 km, od tega odpade na zgornji

Slika 62: Slika Vogrskega jezera (Vir: <http://www.moj-album.com/album/2200263/?os=2200362>)



del ojezeritve nad avtocesto 560 m. Površina zgornjega dela pri normalni ojezeritvi je 6,7 ha, obala 1200 m in globina od 9 do 0 m.

Odpadne vode iz naselja Osek in bližnjih manjših zaselkov ter onesnaženje iz kmetijstva onesnažujejo potok Vogršček, ki doteka v zgornji manjši del jezera. Ta del jezera se je razvil v naravni varstveni pas – naravno čistilno napravo. Tu se je bogato razvila vodna vegetacija, ki čisti onesnaženo vodo potoka Vogršček in na takšen način ščiti glavni del jezera pred onesnaženjem iz obdelovalnih in urbanih površin.



Shema Vogrskega jezera

8.5.3 Okolica Hodoškega jezera

Hodoško jezero (imenovano tudi Dolensko jezero) je umetnega izvora. Je 250 m dolgo in 210 m široko ter obsega 5,2 ha površine. Globina jezera je 1 do 3 m. Zgrajeno je bilo kot zadrževalnik v široki dolini Dolenskega potoka jugovzhodno od razloženega obmejnega naselja Dolenci in severovzhodno od obmejnega občestnega naselja Hodoš. Prvotno je bilo jezero namenjeno zadrževanju vode za namakanje kmetijskih površin, povečanju možnosti za lov na vodno perjad,

ekstenzivnemu ribolovu ter zadrževanju visokega vala Dolenskega potoka in bogatenja vodotokov v času nizkih pretokov. Jezero je bilo zgrajeno na naravni zamočvirjeni depresiji kot nadomestilo za vodne površine, izgubljene z melioracijami v osemdesetih in devetdesetih letih 20. stoletja.

Zaradi onesnaževanja iz zaledja je bilo jezero dolgo časa v evtrofnem stanju. Zato je bila na dotoku v Hodoško jezero v sami strugi potoka postavljena rastlinska čistilna naprava, z namenom, da zmanjša dotok fosfatov v jezero in s tem evtrofnost. V iztok iz jezera pa je vgrajena RČN z namenom, da v času temperaturne stratifikacije v jezeru očisti vodo in preprečuje smrad v okolici. Z ERM pristopi se je stanje vode v Hodoškem jezeru in s tem življenjsko okolje za številne vrste živih bitij izboljšalo.



Slika 63: Hodoško jezero (Vir: LUTRA, Inštitut za ohranjanje naravne dediščine)

8.5.4 Mlinščice

Mlinščice, ki so umetne struge, so naši predniki z izredno natančnostjo zgradili že pred več kot 300 leti. Zgrajene so bile izključno za potrebe človeka - obrt. Tako so ob mlinščicah obratovali številni mlini, žage in kovačije.

Številne mlinščice so bile z izginjanjem obrti opuščene. Toda pomen in vrednost tovrstne dediščine raste, zato se jih vse bolj ohranja ali pa obnavlja. Mlinščice postajajo vse bolj vabljive za turiste in izlet-

nike, saj tako spoznavajo način življenja mlinarjev in žagarjev. Poleg tega izredno razvejan sistem mlinščic predstavlja velik potencial za nove vodne biotope, ki bi lahko zadržali veliko vode in za organizme ustvarili nove biotope.

Z relativno majhnimi stroški bi s pomočjo ERM lahko dosegli večnamensko funkcijo določenih delov mlinščic – zadrževanje vode, povečano samočistilno sposobnost ter možnost nastanka novih habitatov.

Legenda:

A - Hidravlična ERM

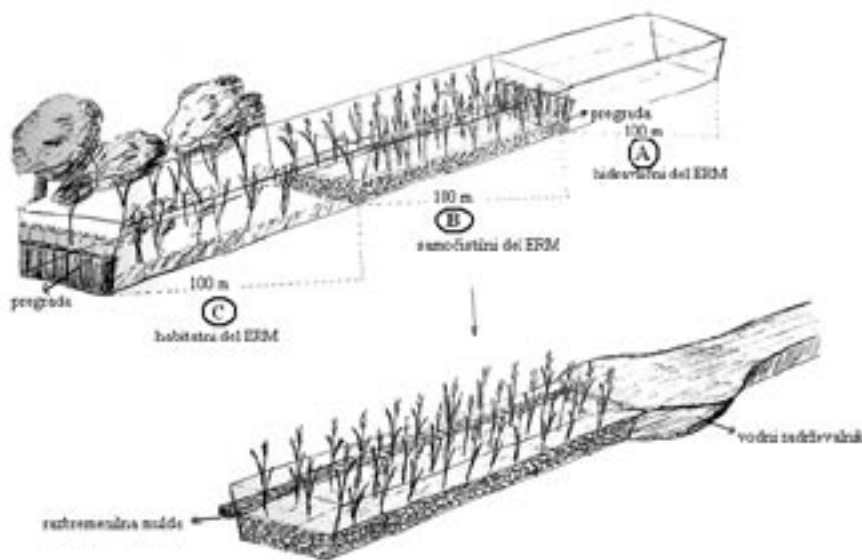
Osnovni namen ureditve mlinščice za optimalizacijo hidravličnih razmer je povečati pretočnost, izdelati sisteme, kjer je z uravnavanjem gladine možno vplivati na vodno bilanco in zmanjšati sedimentacijske in eroziivne procese.

B - Samočistilna ERM

Osnovni namen tega ukrepa je povečati samočistilno sposobnost mlinščice. To bo doseženo z dodajanjem ustreznih frakcij proda in zasaditvijo višjih vodnih rastlin.

C: Habitatna ERM

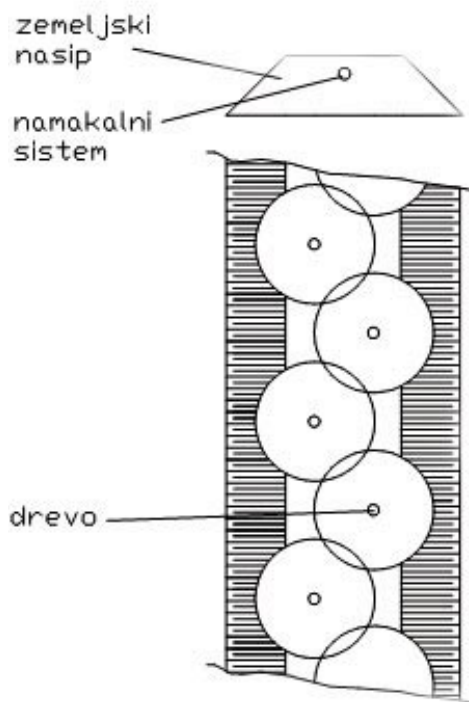
Osnovna funkcija habitatnega dela ERM je povečanje – ohranjanje biološke diverzitete v mlinščici. Z ustrežno ureditvijo obstoječe „naravne“ mlinščice bodo dosežena optimalna razmerja organizmov (rastlin in živali). Brežine mlinščice bodo zasajene z ustreznimi drevesnimi oziroma zelnatimi rastlinami, v sami strugi pa bo vodnim organizmom omogočen prehod s posebej izdelano vodno sedišvalnik.



8.5.5 Vegetacijski pasovi

Primer: Rastlinska protivetrna in protiprašna zaščita na terminalu razsutih tovorov Luke Koper

Območje Luke Koper se uporablja tudi za skladiščenje ter predelavo in dodelavo blaga. Z morskim dostopom in železniško povezavo se tu tako nahaja terminal razsutih tovorov (TRT), kjer je, poleg manjših količin drugih rud, v letu 1998 predstavljalo težišče pretovora železova ruda in premog. Južno od TRT se je začasno nahajal del avtomobilskega terminala. V razdalji nekaj km od TRT (le zaliv vmes, brez višinskih prepek) se nahaja Ankaran, v nasprotni smeri pa mestno jedro Kopra in naravni rezervat Škocjanski zatok. Kot okoljski in ekonomski problem so se občasno pojavljale presežene vrednosti prašnih usedlin navedenih pretovornih materialov. Upoštevajoč vetrovno rožo, meteorološke podatke, okoljske meritve, talni substrat (v celoti le nasutje) in finančne vidike, je bila s strani podjetja Limnos kot najprimernejša rešitev izbrana rastlinska zaščita ob uporabi Arizonske ciprese (*Cupressus arizonica*). Ukoreninjena drevesa in lokalnim razmeram prilagojena mešanica trav so bili ustrezno gosto posajeni na dodani nasip v dolžini 2 km, ob uporabi avtomatiziranega namakalnega sistema. V naslednjih letih se je po isti metodologiji razširila uporaba opisanega ekoremediacijskega sistema tudi na druga mejna območja TRT, kjer sedaj predstavlja učinkovito zaščitno, sanirno in estetsko prostorsko komponento.



Skica: Prikaz idejne rešitve uporabe dreves in namakalnega sistema na nasipu.

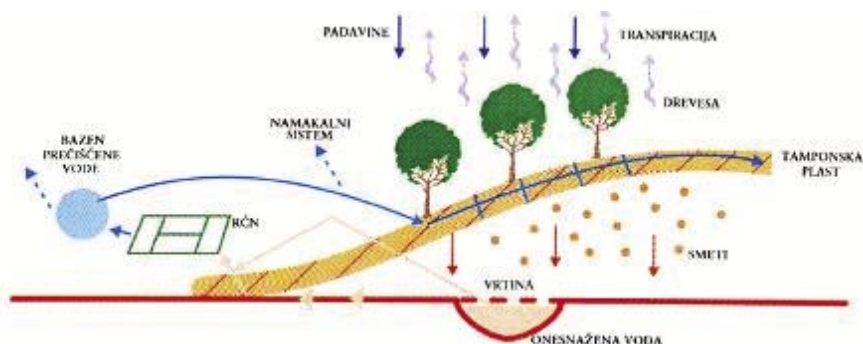


Slika 64: Prikaz rastlinske zaščite v drugem letu rasti (Bogdan Macaroli).

8.6 SONARAVNE SANACIJE DEPONIJ – PRINCIP DELOVANJA

Da bi celovito sanirali odlagališča komunalnih odpadkov, je bila razvita okolju prijazna in učinkovita metoda - t. i. sonaravna bioreaktorska sanacija ali limnotop. Kot je razvidno iz spodnje skice, limnotop sestoji iz ustreznih zaključnih prekrivnih slojev s prekrivno vegetacijo (posajenimi izbranimi lesnimi rastlinami) da bi prestregli meteorne ter v vznožju in spodnjem ravninskem delu tudi izcedne vode, rastlinske čistilne naprave z namenom čiščenja izcedne vode ter namakalnega sistema za ponovno vračanje prečiščene izcedne vode za zalivanje prekrivnih rastlin.

Izbrane lesne rastline intenzivno evapotranspirirajo in skupaj s prekrivnimi sloji zadržujejo padavinsko in reciklirano (izcedno) vodo, v nižjih delih deponije tudi izcedno vodo, medtem ko RČN in namakalni sistem služita čiščenju izcednih voda ter vračanju vode nazaj na deponijo z namenom zaključka hidrološkega in polucijskega cikla v okviru odlagališča samega.



Shema sistema limnotop.

8.7 PREDLOGI PODPROGRAMOV ZA UPORABO ERM ZA AKTUALNE OKOLJSKE VSEBINE

- Podprogram:** Zmanjšanje posledic naravnih ujm: uravnavanje vodnih količin (poplave, suše), plazanja tal, vetroloma.
- Podprogram:** Povečanje samočistilnih sposobnosti okolja (preventivni in kurativni ukrepi).
- Podprogram:** Povečanje oz. ohranjanje biološke raznolikosti.
- Podprogram:** Projekti za zaščito in varovanje voda:
 - reševanje specifičnih problemov povezanih z vodo,
 - reševanje netočkovnega onesnaževanja voda,
 - reševanje onesnaževanja voda zaradi kmetijstva, turizma, industrije itd.,
 - zaščita podtalnice,
 - zaščita pitnih virov in kondicioniranje pitne vode,
 - varovanje zaščiteneh območij (vodovarstvena, naravovarstvena in druga),
 - možnosti recikliranja vode,
 - revitalizacija vodotokov in ostalih degradiranih območij

- uporaba očiščenih vod v industriji in gradbeništvu

Projekt za zaščito tal.

Projekt za zaščito zraka.

- Podprogram:** Uporaba obnovljivih virov energije: vzpostavitev ERM sistemov za pridobivanje obnovljivih virov energije - lesne biomase za energetske namene.
- Podprogram:** Upravljanje in vzdrževanje ERM sistemov (npr. rastlinskih čistilnih naprav, v območjih Natura 2000, revitalizacije vodotokov, mokrišča).
- Podprogram:** Izdelava dolgoročne strategije, ki je razvojni dokument sonaravnega pristopa varovanja okolja in sestavni del upravnih dokumentov kot način ravnanja z okoljem.
- Podprogram:** Vključenost okoljskih vsebin v vse izobraževalne programe s poudarkom na celostnem odnosu do okolja, kar pomeni nadgradnjo sedanjim okoljskim programom. Nujno je razviti sonaravni način razmišljanja, ki bo neposredno vplival na socialni in ekonomski razvoj Slovenije.
- Podprogram:** Promocija varstva okolja v Sloveniji: ohranjeno in zdravo okolje je izraženo v ekonomski vrednosti, zato se moramo takoj zavedati pomena ohranjanja okoljskih sestavin, kajti le sanacija storjenih škod v okolju ne pomeni razvoja. ERM način razmišljanja je treba vgraditi v vse generacije (tudi z vseživljenjskim učenjem, e-izobraževanjem, mobilnimi sistemi promocije in medijsko podporo). Na ta način bomo povečali zavedanje pomena zdravega okolja, s tem pa prispevali k skupnemu varovanju okolja (pristop od spodaj navzgor).
- Podprogram:** Raziskave in razvoj novih ekosistemskih tehnologij: ustanovitev ERM

mednarodnega raziskovalnega centra, ki vključuje tudi pedagoško delo.

11. Podprogram: Izdelava trajnostnega koncepta razvoja območij na osnovi ekonomskega potenciala ohranjene in obnovljene pokrajine (pilotni projekti za nekatere občine)

12. Podprogram: Ekoremediacije kot sistemi za čiščenje onesnaženih zemljin (blato iz ČN. sedimenti in prestrukturiranje rabe tal glede na posledice klimatskih sprememb s poudarkom na kmetijstvu.

13. Podprogram: ERM kot ekonomska kategorija (turizem, zaposlovanje, ekološko pridelana hrana, dolgoročnost učinkov).

14. Podprogram: Ravnanje z opuščenimi nahajališči surovin in okolju neškodljivim gradbenim odpadom.

Nahajališča surovin kot so kamnolomi, glinokopi, rudniki itd. so v naravnem okolju pogosto vidni kot velike »rane« in so potencialna mesta razvoja širših sprememb okolja. Potrebno jih je ali sonaravno konzervirati za bodočo eksploatacijo ali pa jih vrniti v naravno stanje s pomočjo ERM. V celotni Sloveniji je potrebno razviti strategijo ravnanja z nahajališči

9. IZOBRAŽEVANJE ZA EKOREMEDIACIJE

Za varovanje okolja je temeljno izobraževanje. Poznavanje delovanja narave, njenih zakonitosti in razumevanje procesov, ki nenehno potekajo v okolju (tako naravnih kot družbenih), je ključno za ohranjanje in zaščito okolja. Želimo si, da se ne bi bilo potrebno vedno znova pogovarjati o načinih sanacije degradiranega okolja. Pa vendar imamo v Sloveniji kar nekaj območij, ki jih bomo morali sanirati. Razvoj znanosti in vedenja omogoča uporabo sonaravnih pristopov za varovanje okolja in kot najbolj celostni sonaravni pristop se vedno bolj uveljavljajo ekoremediacije. Ekoremediacije so ne le naravne metode za sanacijo degradiranega okolja, ampak tudi način razmišljanja, ki temelji na poznavanju delovanja narave, odnosa do okolja v preteklosti in uvajanju novih možnosti varovanja okolja, kar omogoča razvoj znanosti.



Slika 65: Prenos znanstvenih rezultatov in izkušenj v izobraževanje je steber uspešnega učenja (foto A. Vovk Korže, 2006).

Kljub temu, da evropske smernice dajejo velik poudarek varstvu okolja, le-ta marsikje v praksi ostaja sekundarnega pomena. Razlog za to je pomanjkanje znanja o ustreznem upravljanju okolja, ki hkrati omogoča gospodarske dejavnosti in zaščito okolja. Tako zaradi pomanjkanja izobraževanja lokalnega prebivalstva območja Natura 2000 po sprejetju zaščite večinoma ostajajo brez upravljanja in so podvržena naravni sukcesiji. Pomanjkljiva je tudi obnova območij, prizadetih zaradi intenzivnega kmetijstva. Na teh območjih so uničene številne pomembne strukture v pokrajini, kot so mejice, vodotoki so regulirani in onesnažena je podtalnica. Na številnih območjih v Sloveniji, kjer se izvaja intenzivno kmetijstvo, se kot dodaten problem pojavlja še nezadostna komunalna infrastruktura. Neustrezen pristop k upravljanju kmetijskih področij povzroča nadaljnjo degradacijo habitatov in zmanjševanje biotske in pokrajinske diverzitete. Zaradi degradacije pokrajine so tudi posledice naravnih ujm bistveno večje.

Zaradi nujnosti vključitve širših družbenih skupin v izobraževanje za trajnostni razvoj, je potrebno začeti z aktivnostmi na predšolski stopnji, kjer se že pojavlja okoljska vzgoja kot povezovalna vsebina.

Okoljska vzgoja, pojmovana širše – kot vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj, pridobiva tudi v mednarodnem merilu vse pomembnejše mesto v kurikulumu na vseh stopnjah šolanja. Eden od vzrokov

je prav gotovo ta, da so od človeka povzročene okoljske spremembe dosegle kritično raven; vzgoja in izobraževanje pa naj bi bistveno pripomogla k uresničevanju vizije prihodnosti, ki jo med drugim označuje varstvo okolja in trajnostno gospodarjenje z naravnimi viri. Spodbujala naj bi spremembe v mišljenju, ki bi pripomogle k večji varnosti, zdravju in blaginji našega sveta ter s tem k izboljšanju kakovosti življenja. UNECE (Ekonomsko socialni svet Združenih narodov) je obdobje 2005 - 2014 proglasil za desetletje vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj. Osnovni namen vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj je razvijati in krepiti sposobnost posameznikov, skupin, skupnosti, organizacij in držav za sprejemanje ocen in odločitev v prid trajnostnega razvoja (cit. UNECE). Okoljska vzgoja kot vzgoja za trajnostni razvoj torej širi svoje poslanstvo in s tem prerašča prvotno obdobje, v katerem je bil poudarek na spoznavanju in varovanju naravnega okolja in na skrbi za čisto okolje.

Ob vključevanju ciljev in načel vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj se širi na obravnavanje zapletenih odnosov med naravo, človekom, družbo in ekonomijo, pri čemer mora imeti narava prednost, saj družba in ekonomija dolgoročno ne moreta obstajati brez podpore planeta Zemlje. Ob tem pa se v okoljsko vzgojo nujno vključuje tudi razumevanje in razreševanje problemov in konfliktov, ki jih v odnosu do okolja prinaša spremenjen življenjski slog in družbenoekonomski ter tehnični razvoj. Ti konflikti se kažejo tako na individualni ravni (med nezdržljivimi željami in potrebami – npr. po udobju, prestižu, zdravju...) kot tudi na socialni ravni – med posamezniki in skupinami na lokalni, nacionalni in globalni ravni in končno med silami tržišča in interesi kapitala, med etičnimi načeli, pravnimi normami, političnimi odločitvami ter podjetniškim obnašanjem. Pri tem je velik poudarek na vrednotah, kot so obzirnost, zmernost, solidarnost, spoštovanje soljudi, sebe, narave, okolja in njegovih virov, sedanjih in pri-

hodnjih generacij, biotske in kulturne raznolikosti in našega planeta v celoti.

Vsebine iz ekoremediacij so zastopane v učnih načrtih od vrtca do fakultetne stopnje.

Potreba po tovrstnih študijskih programih izhaja iz ugotovitev, da večini prebivancev Evrope primanjkuje čiste pitne vode, da se njena kvaliteta slabša, da upadajo nivoji podtalnic in da rodovitna zemljišča izgubljam zaradi antropogenih posegov, posledično se zmanjšuje biotska pestrost in s tem samočistilne sposobnosti ekosistemov.

Sedanji načrti upravljanja s porečji niso celoviti in niso sektorsko usklajeni, preskromno je poznavanje okolja na ekosistemski ravni in prav zato predlagamo študijske programe, ki bi navedene verzeli zmanjšal in s časoma odpravil.

Na tržišču v tem trenutku primanjkuje kadrov, ki so usposobljeni za pripravo potrebne dokumentacije in vsebine za pridobitev večjega projekta s področja okolja. Dolgoročni razvoj Slovenije (Strategija razvoja Slovenije, 2005) predvideva, da se ekoremediacije uporabljajo kot način sonaravnega razvoja, kar pomeni, da je nujno potrebno izobraziti kader, ki bo lahko in znal vključevati ekoremediacije v sonaravni regionalni razvoj. Vse dejavnosti danes potrebujejo oceno vplivov na okolje, kar spet pomeni potrebo po poznavanju ekoremediacij, ki so vodilo pri načrtovanju vzdržnega regionalnega razvoja. Ekoremediacije se pojavljajo posredno tudi v Kmetijskem okoljskem programu in v Državnem razvojnem programu, kjer je zapisana potreba po trajnostnem razvoju (ekoremediacije so metoda za udejanjanje takega razvoja).

9.1 EKOREMEDIACIJE V OBSTOJEČIH UČNIH NAČRTIH

Čeprav so ekoremediacije relativno novo področje, temeljijo na preverjenih in praktično preizkušenih spoznanjih, saj delujejo z naravo. Najbolj pomembno pa je, da so ERM metode dostopne tako gospodinjstvom kot uporabne za velike okoljske sanacije in zaščite ekosistemov, saj vnašajo izboljšave od majhnih uporabnikov v vsakdanjem življenju do velikih sprememb v okolju in tako gradijo sistem implementacij od spodaj navzgor. Zaradi specifičnih naravnih danosti so se ERM v Sloveniji izkazale kot izjemno uporabna in primerna metoda za obnovo degradiranega okolja in zaščito naravnih ekosistemov. Vendar takšne rešitve, ki so trajnostni pristop k reševanju naravovarstvene problematike, zahtevajo visoko kvalificiran in izobražen kader. V Sloveniji in tudi po svetu še ne poznamo enovitega študija ekoremediacij, a ERM vsebine vključujejo v svoje študijske programe že marsikatera študijske smeri. Tako npr. na univerzah v Manchestru ("Bachelor" programa Environmental Studies ter Environmental Science in "Master" program Environmental Sciences, Policy and Management), Rostocku (Course of studies on Land Management and Environmental Protection), Portlandu ("Bachelor" program Environmental Studies in "Master" program Environmental Management), Helsinkih ("Master" programa Biological and Environmental Sciences in Ecological and Environmental Sciences) in Cottbusu ("Bachelor" in "Master" program Environmental and Resource Management) svojim študentom v sklopu omenjenih študijskih smeri nudijo predavanja o ekoremediacijah. Tudi univerze v Novem Sadu, Beogradu in Skopju študente določenih smeri seznanjajo s pristopi, metodami in učinki ekoremediacij. V Sloveniji ERM vsebine vključujejo dodiplomski in podiplomski programi na Biotehniški fakulteti v Ljubljani (v sklopu študija Varstvo naravne dediščine - upravljanje z okoljem), Fakulteti za naravoslovje Univerze na Primorskem (modul Varstvo narave in okolja ter Morska biologija), Andragoškem zavodu Maribor (modul Varstvo okolja) in na Visokošolskem središču v Velenju (Varstvo okolja

in ekotehnologije in Ekologija). Ekoremediacije so pri naštetih študijskih smereh posredno ali neposredno vključene v module, vendar povsod le kot eden izmed predmetov in velikokrat tudi kot neobvezen predmet. Tako celovitega vpogleda in razumevanja problematike in posledično učinkovitega pristopa k reševanju okoljskih vprašanj s področja ekoremediacij študentje ne dobijo.

Ekoremediacije povezujejo dognanja s področja kemije, biologije, geologije, ekologije, toksikologije, hidrologije, matematike in fizike, prav tako pa so vključeni sociološki in ekonomski vidiki, okoljevarstvena zakonodaja, inženirske osnove, prostorsko planiranje, ravnanje z odpadki in energetskimi viri. Strokovnjak s tega področja bo prav tako usposobljen za delo z ljudmi, za delo v naravnem in degradiranem okolju kot tudi za monitoringe in analizo biotskih in abiotskih dejavnikov okolja. Reševanje okoljevarstvene problematike tako od strokovnjaka zahteva interdisciplinarno ravnanje in širok spekter znanj, od tod torej potreba po enovitem študijskem programu ekoremediacij (Skruba, 2007).

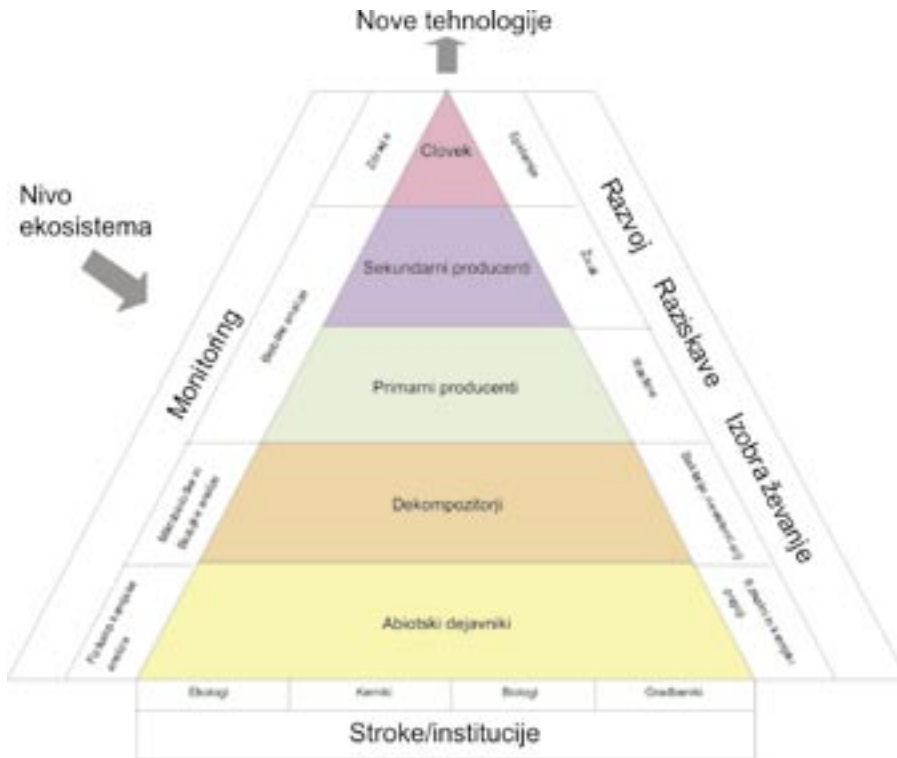
Študij ekoremediacij bo dobil celovito podobo z enovitim študijskim programom, ki bo s sintezno zasnovano ponudil kompleksen študij in ne razdrobljen po predmetih.

S programom se bodo usposobili strokovnjaki za prepoznavanje sestavin okolja, ekosistemov, njihove zgradbe, zakonodaje s področja okolja, tako evropske kot slovenske, sonaravnih tehnologij in aplikativnega dela.

Predlagan univerzitetni program bo potekal kot samostojni študijski program z močnim povezovanjem sodelavcem iz Avstrije, Nemčije, Norveške, Makedonije, Švice, Hrvaške, Bolgarije, Turčije in Srbije. Študijski program bo močna strokovna in organizacijska podpora pokrajinam, ki jim po zakonodaji pripada samostojno vodenje in načrtovanje okoljske politike.

Dolgoročni razvoj Slovenije (Strategija razvoja Slovenije, 2005) predvideva, da se uporabljajo ekoremediacije kot način sonaravnega razvoja, kar pomeni, da je nujno potrebno izobraziti kader, ki bo lahko in znal vključevati ekoremediacije v sonaravni regionalni razvoj. Vse dejavnosti danes zahtevajo oceno vplivov na okolje, kar spet pomeni potrebo po poznavanju

ekoremediacij, ki so vodilo pri načrtovanju vzdržnega regionalnega razvoja. Ekoremediacije se posredno pojavljajo tudi v Kmetijskem okoljskem programu in v Državnem razvojnem programu, kjer je zapisana potreba po trajnostnem razvoju (ekoremediacije so metoda za udejanjanje takega razvoja).



Shema celovitega pristopa izobraževanja na področju ekoremediacij

9.2 EKOREMEDIACIJSKA UČNA POT MALA KRKA

Potok Mala Krka v občini Šalovci je bil revitaliziran v okviru projekta Inerreg III A. Izvajalec revitalizacij je bilo podjetje Limnos d.o.o. Za ponovno oživetev sicer kanaliziranega potoka so vgradili več ekoremediacijskih objektov, z namenom razgibati vodni tok in da se obogati zarast ob vodotoku.

Ekoremediacijska učna pot Mala Krka je nastala z namenom, da se obiskovalci seznanijo z možnostmi ponovnih oživetev vodotokov, ki jih omogočajo ekoremediacije.

Vsebina ekoremediacijske poti poseže v preteklost, ko je voda oblikovala pokrajino, razjedala bregove, poglobljala dno in nanašala sipek material. Obrežje potoka nastaja še danes, saj potok ob visoki vodi akumulira sipek material. Mokrotne prsti so dom higrofilni flori in favni. Tudi ljudje so upoštevali te naravne omejitve, zato se neposredno ob potoku niso naseljevali.



Shema regulirane struge Male Krke



Shema naravne struge
Male Krke

Mala Krka z naravno
strugo

Potok Mala Krka so leta 1973 regulirali. Okoliške površine so iz travniških spremenili v njive. Odstranili so vsa vegetacijo, kar je zmanjšalo biotsko pestrost v strugi vodotoka in ob njem. Z znižanjem dna potoka se je znižala tudi podtalnica, kar je slabo vplivalo na rastlinski pokrov ob vodotoku. Poseg v potok je tako povzročil velike spremembe na vegetaciji in odgnal mnoge živalske vrste.



Slika 66: Reguliran vodotok ima trapezno obliko. Bregova sta simetrična, na obeh straneh potok obdaja poljska pot in nato njive. Zarast v strugi potoka vsaj delno varuje vodo pred okoliškim onesnaženjem (A. Vouk Korže, 2006).

S pojmom revitalizacija vodotokov označujemo vrsto ekoremediacij, ki se izvajajo za sanacijo nepravilnih posegov v vodotokih. To je nov način upravljanja z vodotoki, kjer gre za strukturno in funkcijsko povezanost ekosistemov, s čimer se doseže že dobro ekološko stanje voda. Ker gre za obnovo degradiranih vodotokov, je potrebno vzpostaviti strukturo in funkcijo vodnega ekosistema s primernimi posegi, s katerimi se doseže ohranitev zgradbe in funkcija habitatov vodnega in obvodnega biotopa (Breznik, 2006).

Metodološke značilnosti: Z uporabo ekoremediacij (to je uporabo naravnih metod za obnovo in varovanje okolja na ekosistemski ravni) se je v potok Mala Krka v Prekmurju vrnilo življenje. Projekt prikazuje oživitev nekoč mrtve reke, zato ima raziskovalno, izobraževalno, vzgojno in promocijsko vlogo.

Učna pot poteka blizu madžarske meje, zato je v dvojezičnem območju. Dolina ob Mali Krki je bila regulirana, zato je potok zravnan. Z ERM je Mala Krka postala informacijsko učno središče za spoznavanje preteklosti in sedanosti ob vodotoku. S poznavanjem ekoremediacij na Mali Krki se krepi zavest o pomenu varovanja voda in življenja v njih.

Ekoremediacijska učna pot Mala Krka je vedno na voljo, ni zahtevna, je enostavna za uporabo, značilnosti narave so prikazane v naravnem stanju, pomeni prepoznavni znak za občino Šalovci. Z učno potjo se poveča prepoznavnost regije, krepi se vzgojni učinek, medobčinske povezave in s tem se ustvarja dodana vrednost prostora, pri čemer aktivno sodeluje šola.

Projekt: Interreg III C, Prleška razvojna agencija s partnerji: Goričko park občina Šalovci, Občina Grad in Občina Ormož, Limnos, Inštitut za promocijo varstva okolja.



Slika 65: Tabla Ekoremediacijske ureditve učne poti v občini Šalovci

9.3 VODNA UČNA POT DOBRAVA

Od leta 2005 do 2007 so člani Kulturnega, športnega in turističnega društva Dobrava (KŠTD) in ostali Dobrčani s prostovoljnim delom ter v lastni režiji pričeli z urejanjem poti ob reki Dravi z namenom, da bi jo lahko uporabljali za svoje sprehode in ogleda. V urejanje poti je bilo vložena veliko dela. Opravili so čistilne akcije, delno odstranili rastlinsko odejo, izkopali in utrdili pot, naredili stopnice, zaščitne ograje, obnovili mlake, naredili viseč most, obnovili kapelico in uredili njeno okolico ter čolnarno.

Tehnično že pripravljeno pot ob reki Dravi smo tako opremili še z informativnimi in učnimi tablami, na katerih smo izpostavili naravne značilnosti območja, ekoremediacije kot način odzivanja ekosistemov na vplive človeka, življenje v preteklosti ob reki Dravi, način oskrbe z vodo nekoč ter energetsko koriščenje vodne energije danes. Vodna učna pot Dobrava omogoča spoznavanje delovanja narave, njenih zakonitosti in tudi razumevanje procesov, ki nenehno potekajo v okolju. Poznavanje vodnih značilnosti je osnova za njihovo varovanje, kar pa je tudi prioriteta EU. Vodne učne poti so način prepoznavanja historičnih prilagoditev na naravno dinamiko vode ter izhodišče za načrtovanje sonaravnih oblik rabe vode in dejavnosti ob vodah.



Terensko delo, proučevanje vodnih virov in načinov njihove rabe omogoča mladim raziskovalcem (učencem, dijakom) in tudi širši javnosti bistveno razumevanje pomena in odgovornosti ohranjanja vodnega bogastva in soodločanja o posegih v vodne ekosisteme.

Problematika kakovosti in zadostne količine voda je na začetku 21. stoletja precej bolj zaskrbljujoča, kot je bila v preteklosti. Voda je pomemben naravni vir, ki zahteva spoštovanje treh temeljnih načel, to je načela trajnosti, sonaravnosti in načelo mnogonamenskosti. Načelo trajnosti temelji na gospodarskem razvoju, ki je prilagojen naravnim virom in procesom v lokalnem okolju. Načelo sonaravnosti omogoča izkoriščanje naravnih virov v sožitju človeka in narave. Načelo mnogonamenskosti rabe vode opozarja, da vodo ne uporabljamo človek za svoje številne dejavnosti, ampak da si jo delijo ljudje, živali in rastlinstvo kot del ekosistema. Voda je omejen in ranljiv naravni vir, ki danes vse pogosteje omejuje gospodarski in socialni razvoj držav. Voda postaja ena ključnih omejitev razvoja v 21. stoletju ne le v Afriki. V Evropi je vsako leto več držav, ki jim primanjkuje vode ustrezne kakovosti, npr.: Malta, Romunija, Grčija. Z večanjem števila prebivalstva na Zemlji se povečuje poraba vodnih virov. Kot posledica

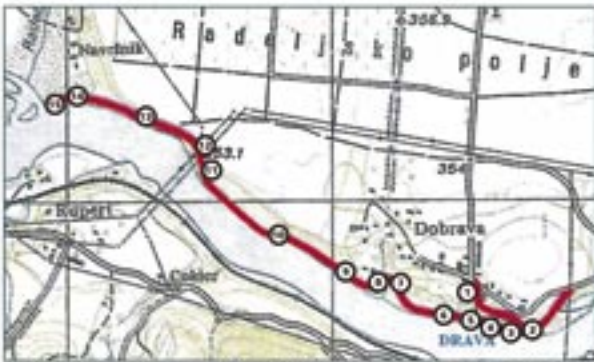
*Slika 66: Iskanje ravnovesja –
preudarnost in modrost nas vodita
v sožitje (foto: A. Vouk Korže)*

vse večjih pritiskov na vodne vire, je prišla zamisel o trajnostnem razvoju in celostnem upravljanju z vodnimi viri. Celostno upravljanje z vodnimi viri je proces, ki omogoča usklajen razvoj in ravnanje z vodnimi in njimi povezanimi viri tako, da se gospodarsko in socialno blagostanje povečuje na način, ki ne ogroža obstoja življenjsko pomembnih ekosistemov. Cilj celostnega upravljanja z vodnimi viri je ujeti ravnotežje med rabo virov in zaščito ter varovanjem vira za ohranitev njegovih funkcij in značilnosti. Učinkovita in finančno ugodna metoda za doseg ciljev celostnega upravljanja z vodami so ekoremediacije. Ekoremediacije (ERM) poudarjajo uporabo naravnih procesov za obnovo in zaščito okolja. Z metodami ekoremediacij lahko zmanjšamo in odpravimo vplive in posledice kmetijskega obremenjevanja, turizma, industrije, prometa, odlagališč in poselitve. Pomenijo delovanje v skladu z

naravo ter na naravni način saniranje človeških napak v naravi in ohranjanje naravnega ravnovesja. Naravni vodni in obvodni ekosistemi (tolmuni, prodni nanosi, trstišča, vegetacijski pas, brzica, stranski rokav...) imajo pomembne funkcije v delovanju narave. Ob močnih nalivih omilijo večje poplave, s samočistilno sposobnostjo preprečujejo posledice vnosa alohtonega materiala in človekove aktivnosti ter so pomemben življenjski prostor različnim vrstam rastlin in živali. S ciljem, da bi človek v sebi prebudil zavest izjemne moči, ko lahko z lastnimi odločitvami vpliva na to, da bo spoštoval naravo, da se bo odrekel pretiranemu potrošništvu, da bo podpiral dobre okoljske odločitve, ponujamo Vodno učno pot Dobrava kot »pot učenja, spoznavanja, uživanja in sprostitve« vsem, ki si to želijo.

Pozicija tematskih didaktično-informativnih tabel ob Vodni učni poti Dobrava
(vir: TTN 1: 25 000, list Vuzenica, 1975)

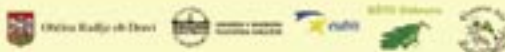
POTEK VODNE UČNE POTI DOBRAVA



- 1 – VODNA UČNA POT DOBRAVA, POTEK VODNE UČNE POTI DOBRAVA
- 2 – MED POHORJEM IN KOZJAKOM, VODNA UČNA POT DOBRAVA
- 3 – ČOLNARNA
- 4 – RASTLINE OB REKI DRAVI ČISTIJO VODO - EKOREMEDIACIJE
- 5 – PRSTI SO KOŽA POKRAJINE
- 6 – ENERGIJA REKE DRAVE
- 7 – MLAKE KOT VIR VODE, RAZGIBANO POVRŠJE
- 8 – KAMNINE SO ODRAZ NASTANKA POKRAJINE
- 9 – VODNJAKI (ŠTEPIHI) S PITNO VODO
- 10 – NAJPOGOSTEJŠE RASTLINE IN ŽIVALI V DRAVI IN OB NJEJ
- 11 – PUPENLUDL (PUŽALUDL)
- 12 – VODNA UČNA POT DOBRAVA, POTEK VODNE UČNE POTI DOBRAVA
- 13 – MED POHORJEM IN KOZJAKOM
- 14 – RIBNIK REŠ, OTOK PRI REŠU
- 15 – VODNA UČNA POT DOBRAVA



ZAVAROVANO OBMOČJE NARAVE



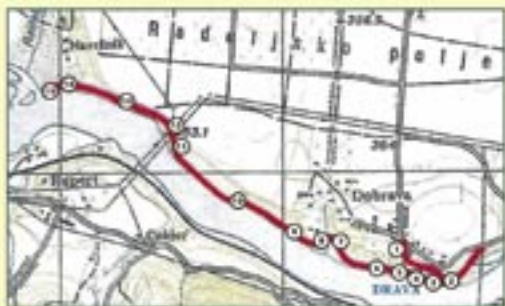
VODNA UČNA POT DOBRAVA

UČNA POT KRAJANOV DOBRAVE

Od leta 2005 do 2007 so člani KŠTD Dobrava in ostali Dobrečani zavihali rokave in s prostovoljnim delom ter v lastni režiji pričeli z ureditvijo Vodne učne poti Dobrava ob reki Dravi, ki je dolga 4 km in kondicijsko srednje zahtevna.

V ureditve poti je bilo vloženega veliko dela. Opravili so čistilne akcije, delno odstranili rastliniko odedo, izkoplali in utrdili pot, naredili stopnice, različne ograje, obnovili mlake, naredili višev moli, obnovili kapelico in uredili njeno okolico ter čišnomo.

Zato iskrena hvala vsem, ki ste kakorkoli pomagali pri ureditvi Vodne učne poti Dobrava in nam tako dali možnost, da se sprehodimo po njej, občudujemo svet ob Dravi in se ob tem tudi marsikaj zanimivega in koristnega naučimo.

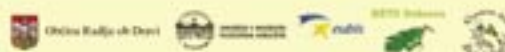


Podoba koreninik s šibakimi odmrznjenimi vejami ob vodni učni poti Dobrava por. 1706 9. 20. 2006, fot. Kuzman, 1970

- | | | |
|---|---|--|
| 1. Vodna učna pot Dobrava, parni Vodna učna pot Dobrava | 8. Energijski vodni Drava | 11. Puharščak (Dobruščak) |
| 2. Mlad Potovanje in Kuzman, Vodna učna pot Dobrava | 9. Mlake kot eno vodno inženjersko postavilo | 12. Vodna učna pot Dobrava, parni Vodna učna pot Dobrava |
| 3. Čišnomo | 10. Kapelica na odru nad mlako potrošnice | 13. Mlad Potovanje in Kuzman |
| 4. Šuštnice ob vodi Drava dolga voda - ekoremediacija | 11. Vinskihli (Hrupčič) s jarko vode | 14. Mlake kot, voda pri Hruči |
| 5. Poti na klate potrošnice | 12. Razpisovnica (vrtine) na Dravi v Dravi in ob njej | 15. Vodna učna pot Dobrava, parni Vodna učna pot Dobrava |



ZAVAROVANO OBMOČJE NARAVE



RASTLINE OB REKI DRAVI ČISTIJO VODO - EKOREMEDIACIJE

Obrežje reke Drave poračajo vlažilne rastline, ki s svojim koreninskim sistemom izpajo dušik in druge elemente, ki s potočno vodo pretekajo v Dravo iz naselja Dobrava. Rastline s koreninskim sistemom izpajo te snovi iz tal in jih s tem čistijo. Uporabo bioničnih in abiotičnih procesov ter njihovih medsebojnih vplivov za čiščenje in vsotovanje narave imenujemo EKOREMEDIACIJE. Sistemi ekoremediacij se uporabljajo tudi za prilagajanje na podnebne spremembe.



Šuštnice trati



Šuštnice trati vzgajajo na reki, vodni drage, kar je ključni ukrep pri ekoremediaciji



Dobrečanski rogovci



9.4 »KNJIGA POJDIMO K POTOKU«

S knjigo »Pojdimo k potoku« želimo ponuditi praktično pot, kako lahko zunaj, v neposredni okolici šole, učenci in dijaki spoznavajo svoje okolje. Zapolniti želimo vrzel terenskega dela pri okoljski vzgoji, katerih vsebine ne spadajo niti samo h geografiji ali kemiji, niti fiziki ali biologiji. Okoljska vzgoja je s svojo interdisciplinarnostjo bogat vir za kompleksno razumevanje okolja. Zato lahko z nalogami, ki so zbrane v knjigi Pojdimo k potoku dosegamo predvsem tiste cilje medpredmetne okoljske vzgoje, ki se nanašajo na neposredno opazovanje, merjenje, preizkušanje in analiziranje. Naloge v tej knjigi lahko uporabljamo pri različnih predmetih tako v osnovni kakor v srednji šoli, bodisi za obravnavo nove učne snovi, za utrjevanje, poglobljanje in eksperimentiranje ali pa za naravoslovni dan, ekskurzijo in terenski dan.

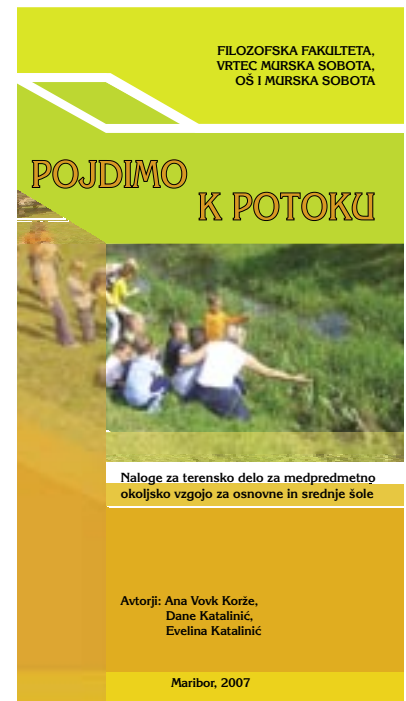
Vsebina knjige na aktualen didaktičen način (z inovativnimi, v učenca usmerjenimi metodami) spodbuja, da okoljska vzgoja zaživi kot učno-vzgojna ustvarjalnost in to v času, ko so prizadevanja za trajnostni razvoj prišla na raven, ko vse bolj postaja jasno, da je prihodnost človeštva odvisna od ravnanja posameznika. Ta knjiga izhaja iz temeljne zahteve kurikula za okoljsko vzgojo in sicer, da naj učenci sami pridejo do spoznanj na podlagi neposrednih izkušenj v naravi in v povezavi z vsakdanjim življenjem.

Naloge v knjigi so tematsko razvrščene v štiri skupine, in sicer s področja vodovja, kamnin, prsti in ekosistemov. Znotraj posameznega vsebinskega sklopa so prilagojene različnim razvojnim sposobnostim otrok. Začetne naloge spodbujajo naravno radovednost otrok, temu sledijo naloge poglobljenega, kreativnega razmišljanja, ki vodijo k ustvarjanju abstraktnega mišljenja. Vsaka naloga pa hkrati razvija specifične vrednote, ki bodo pripomogle k izboljšanju odnosa do okolja, v katerem učenci živijo. Naloge oziroma aktivnosti otrok v knjigi so raziskovalne, izkustvene, problemsko naravnane in otroke navajajo h kritičnemu mišljenju. Knjiga je pripomoček za opazovanje pokrajine, merjenje in primerjave ob potoku, kjer je mnogo možnosti za realizacijo ciljev medpredmetne okoljske vzgoje. Učitelj lahko kot dopolnitev

pouka izbere samo nekatere opazovalne točke, možno je spoznati pokrajino ob potoku in potok sam na interdisciplinarni način pri izbirnih vsebinah.

Knjiga obravnava potok kot primer izvajanja opazovalno–raziskovalnih aktivnosti s ciljem boljšega razumevanja in doživljanja narave, pripomore h kritičnemu odnosu ter spoštovanju zakonitosti narave. Prav potok Mokoš, ki teče od avstrijske meje pri Gederovcih, mimo Bakovcev do mrtvic reke Mure, ponuja neizčrpen poligon idej, metod in raziskovalnih možnosti za mlade, ki morda prav domačega okolja ne poznajo dovolj. Učenci lahko spoznajo izvir potoka, strugo, vegetacijo ob strugi, procese v strugi, značilnosti travnikov, gozdov, živali, rastlin, rabo vode nekoč in danes.

Nadgradnja nalogam v knjigi je Vodna učna pot ob potoku Mokoš, ki je namenjena vsem, ki želijo spoznati ravninski vodotok, se sprehoditi v panonski pokrajini in jo aktivno doživeti.



9.5 EKOREMEDIACIJSKA UČNA POT OB POTOKU MOKOŠ

Potok Mokoš je izvorna učna pot za naravoslovno-fenološki pristop opazovanja in preučevanja od predšolske stopnje do univerze. Potok Mokoš je biotop, v katerem je viden vpliv človeka, in to od manjših posegov do sprememb, ki so izničile izvornost potoka in s tem floro in favno. Temu primerno je ohranjen rastlinski in živalski svet potoka.

Ta učna pot je naravni zapis človekovega poseganja v naravo in tako omogoča številna pojasnjevanja stanja iz rastlinskega in živalskega vodnega in obvodnega sveta potoka Mokoš.

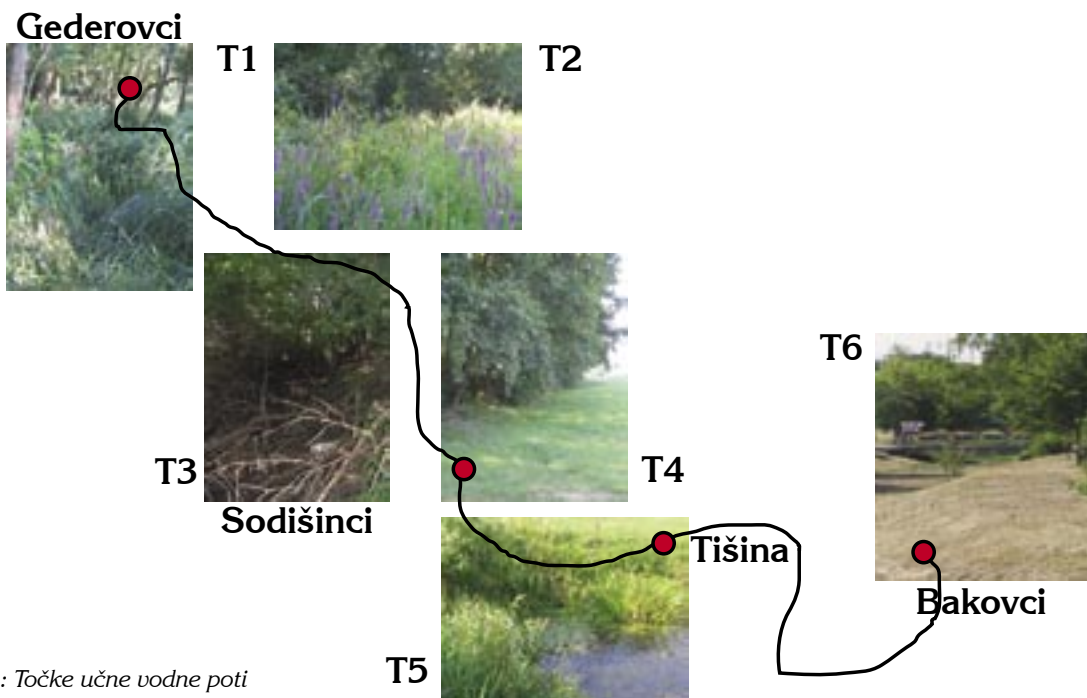
Sama struga potoka Mokoš od izvira do vtoka v rokav reke Mure je naravni zapis stanja. V tem zapisu je didaktično-ekološka vrednota in ta je sporočilna: TAKO SE Z NARAVO NE RAVNA.

Učna pot ponuja opazovalno-preučevalne aktivnosti na vodni učni poti Mokoš s ciljem, da prispevajo k boljšemu razumevanju in doživljanju narave, h kritičnemu odnosu ter spoštovanju zakonitosti narave.

To je učna pot, ki je izvorna in aktualna skozi vse štiri letne čase.

Ekološka vodna pot poteka od izvira Mokoša na gederovskih travnikih v bližini mejnega prehoda Gederovci, se nadaljuje skozi Gederovce, Sodišince, Tišino in Bakovce. Ta učna pot je namenjena širši javnosti. To je izvorna učna pot za naravoslovno-fenološki pristop opazovanja in preučevanja od predšolske stopnje do univerze. Potok Mokoš je biotop, v katerem je viden vpliv človeka, in to od manjših posegov do sprememb, ki so izničile izvornost potoka in s tem floro in favno. Temu primerno je ohranjen rastlinski in živalski svet potoka. Ta učna pot vsebuje šest postaj, oziroma opazovalno-raziskovalnih točk, ki omogočajo številna pojasnjevanja stanja iz rastlinskega in živalskega vodnega in obvodnega sveta potoka Mokoš.

To je potok, ki z ekoremediacijskimi pristopi pridobiva v smislu vračanja v nekdanjo prvobitno stanje.



Karta: Točke učne vodne poti

9.6 REVITALIZACIJA IZVIRNE MLAKE NA MAKOTERJEVEM BREGU V SELU Z EKOREMEDIACIJAMI

PROJEKT JE BIL REALIZIRAN S POMOČJO HELIOSOVEGA SKLADA
Tatjana Kikec in dr. Ana Vovk Korže



Mlaka je v preteklosti pomenila pomemben vir vode za napajanje živine in zalivanje njiv. Polni se s padavinsko vodo ter z majhnim izvirom na dnu. Glinene prsti omogočajo zadrževanje vode.

Mlaka se je z leti deloma zasula in zarasla, s tem pa so bile onemogočene nekatere osnovne ekosistemske funkcije: ni delovala čistilno, zaradi delnega zasipanja je bila onemogočena naselitev določenih rastlinskih in živalskih vrst, s tem pa se je zmanjšala njena biodiverziteteta. Zato smo se odločili mlako obnoviti in ji ponovno vrniti življenje.

Postopek obnove mlake z namenom, da se v njej zadržuje voda:

1. V sušnem obdobju smo ročno odstranili zaraščeno rastlinje. Odstranjeno odvečno zemljo smo po testni analizi (vsebnost Na, P, NO_3 in drugih komponent) odložili na njive.
2. Po očiščenju kotanje mlake smo očistili majhen izvir na dnu, da lahko voda nemoteno priteka na površje. Notranjost mlake smo zatesnili z ilovico, ki je bila položena v več plasteh, da se

zagotovi vodotesnost. Dotok vode je dovolj močan, da se je mlaka samodejno zapolnila z vodo.

3. Mlaka se bo občasno vzdrževala tako, da se bo z grabljami odstranilo suho rastlinje, s čimer se bo lahko v njej zadržalo čim več vode.
4. V okolici mlake smo zasadili vegetacijski pas.



Mlaka je bila urejena v okviru delovnih akcij lokalnega prebivalstva. (Foto: T. Kikec, september 2007)

Za mlake Goričkega je značilna velika rastlinska in živalska pestrost. V njih lahko najdemo navadno ločje (*Juncus effusus*), širokolistni rogoz (*Typha latifolia*), ostri šaš (*Carex gracilis*), navadni skutnik (*Peplis portula*), rumeni blatnik (*Nuphar luteum*) in še mnoge druge vrste.



Ostri šaš



Širokolistni rogoz



Navadno ločje

V in ob mlaki najdemo tudi številne živalske vrste: modrozeleni deva (*Aeshna cyanea*), zelena rega (*Hyla arborea*), veliki pupek (*Triturus carnifex*) obrobljen kozak (*Dytiscus marginalis*) in druge.



Zelena rega



Modrozeleni deva

Zaradi neposredne bližine intenzivno obdelovane njive ter lokalne ceste, smo ob mlaki zasadili vegetacijski pas, ki zadržuje širjenje škodljivih snovi v vodo in tako ohranja dobro ekološko stanje v mlaki.

Vegetacijski pas:

- zavira prehitro odtekanje vode s površine tal,
- razgrajuje pesticide in nitrates v prsteh,
- zmanjšuje hitrost vetra,
- je pomemben habitat rastlin in živali,
- je vizualna obogatitev pokrajine.

Mlaka je bila obnovljena s pomočjo Heliosovega sklada. V projektu so sodelovali: Občina Moravske Toplice, OŠ Fokovci, TIC Moravske Toplice, Društvo geografov Pomurja in Filozofska fakulteta Maribor, Mednarodni center za ERM.



9.7 SEMINARJI STALNEGA STROKOVNEGA SPOPOLNJEVANJA



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT

Utemeljitev predloga posodobitvenega programa

Predlagatelj programa: Dr. Ana Vovk Korže
Ime programa: **Spoznajmo ekoremediacije**

I. Namen in cilji programa:

Na kratko **utemeljite namen in cilje usposabljanja** strokovnih delavcev s predlaganim PSD programom in **navedite**, s katerimi **novostmi** jih želite seznaniti:

Utemeljitev namena in ciljev usposabljanja:

- ekoremediacije so preventivni pristop varovanja okolja in se uporablja v loklanih okoljih kakor tudi v Evropi kot trajnostni način večnamenskega varovanja okolja, saj z ekoremediacijami na eni strani ščitimo npr. vire pitne vode, istočasno omogočamo uspevanje biomase in s tem prispevamo h biotski pestrosti.
- Zaradi krepitve uporabe ekoremediacij v praksi je pomembno, da učitelji poznajo ta kompleksni pristop varovanja okolja, še posebno zato, ker ima Slovenija še mnogo takih območij, kjer so ekoremediacije cenovno najbolj ugoden način za varovanje okolja (npr. namesto kanalizacije na podeželju, kjer zaradi razpršenosti poselitve le ta sploh niti ekonomsko niti okoljsko ne bi bila možna), je veliko bolj umestno uporabiti individualne naravne čistilne naprave, s katerimi preprečimo, da bi se odplake individualnih hiš zlivale v tekočo vodo ali v podtalnico.
- Zaradi izjemnih možnosti, ki jih ekoremediacije dajejo tudi na regionalni ravni v smeri možnosti vključevanja loklanih razvojnih virov v sonaravni razvoj, utemeljujemo, da je smiselno, da seznanimo učitelje in strokovne delavce v šolstvu z ekoremediacijami.

Cilji usposabljanja:

- udeleženci se seznanijo s pojmom ekoremediacije na konkretnih primerih, kjer se ti pristopi že uporabljajo v Sloveniji,
- usposobijo se za prepoznavanje loklanih razvojnih potencialov, ki jih lahko koristno vključimo v sonaravni razvoj regije ali države,
- na terenu si ogledajo že delujoče oblike ekoremediacij in ob njih spoznavajo procese delovanja narave in njihovo vlogo pri varovanju okolja,
- usposobijo se za prepoznavanje možnosti za preventivno varstvo okolja in v ta namen ciljno pridobijo sposobnosti za opazovanje delovanja narave,
- udeležence opozorimo na možnosti zmanjševanja učinkov podnebnih sprememb in na prilaganje na te spremembe z ekoremediacijami.

NOVOSTI:

1. Udeleženci se konkretno seznanijo s sonaravnimi pristopi za preventivnim varstvom okolja.
2. Na konkretnih primerih spoznajo delovanje ekoremediacij in možnosti njihovega prenosa v druga okolja.
3. Z lastnimi meritvami spremljajo delovanje ekoremediacij in ugotavljajo značilnosti delovanja narave.
4. Spoznajo ekoremediacije kot razvojno priložnost Slovenije.

II. Opis oblik in metod dela:

Opišite oblike in metode dela, ki jih boste uporabljali pri izvedbi programa in utemeljite njihovo ustreznost za doseganje ciljev programa:

OBLIKE DELA:

- predavanje s seminarjem: pri razumevanju pojma ekoremediacije bodo udeleženci aktivno sodelovali in vključevali lastne izkušnje v prepoznavanje ekoemediacij v okolju, predvsem tam, kjer živijo,
- seminarsko delo: udeleženci bodo sodelovali pri pripravi nalog, vaj in drugih pristopov, ki jih bomo koristili na terenu.

Metode dela:

- vodene razprave in diskusije o okoljskih problemih in pogledih nanje, o možnih rešitvah, argumentih itd.,
- problemski pristop, ki obsega reševanje okoljskih problemov, odprtih in zaprtih, z danimi podatki in takih, kjer morajo učenci podatke šele poiskati,
- raziskovalne spretnosti in sposobnosti kot so: načrtovanje eksperimentov in raziskav, izvajanje sistematičnih opazovanj, postavljanju zaključkov.

TERENSKO DELO

- Terenske metode dela: obsegajo merjenje fizikalnih lastnosti okoljskih sestavin, to je vode, prsti, površja, podnebja in rastlinskega pokrova,
- v okviru terenskih metod razvijamo nove pristope prepoznavanja stanja okoljskih sestavin kot npr. opazovanje zastopanosti alg v vodah, opazovanje poškodovanosti drevja, analiza zaporedja horizontov v prsti,
- z metodami dela na terenu se bodo udeleženci seznanili z vidka postopkov kakor tudi interpretacije njihovih rezultatov.

Ustreznost oblik in metod dela:

- z aktivnim vključevanjem udeležencev in s primeri dobrih praks udeleženci prepoznajo del okolja, ki jih obdaja in v sebi razvijejo odgovornost do okolja.

III. Reference izvajalcev programa:

1. Na kratko opišite reference izvajalcev programa, in sicer tiste, ki so povezane z vsebino oz. temami priloženega programa (**izpis iz CO-BIS sistema za ta namen ni ustrezen**).
2. Navedite izkušnje izvajalcev z izobraževanjem strokovnih delavcev v vzgoji in izobraževanju.
3. Obvezno navedite ali je izvajalec zaposlen v vzgojno-izobraževalnem zavodu oz. je v vzgojno-izobraževalnem zavodu delal v prejšnjem obdobju svoje poklicne kariere in koliko časa (od leta 1990 do danes).

1. Reference:

Dr. Ana Vovk Korže:

- organizacija in izvajanje stalnega strokovnega popolnjenja s področja okoljske vzgoje od leta 1997 naprej za vse tri stopnje – Okoljska vzgoja I, II in III, izvajanje seminarjev za učitelje v osnovni in srednji šoli s področja prsti, vegetacije, voda,
- sodelovanje pri izobraževanju multiplikatorjev za Trajnostni razvoj in Medpredmetno povezovanje,
- izvajanje seminarjev za maturo v geografiji,
- avtorica učbenikov za spoznavanje okolje 1, 2 in 3,
- priprava strokovnih gradiv s področja okoljske vzgoje,
- predavanja v okviru seminarjev in konferenc na temo okoljske vzgoje,
- mentorica študentom, specializantom in magistrantom s področja okoljskih vsebin,
- članica komisije za prenovo učnih vsebin za okoljsko vzgojo,
- nosilka projektov s področja okoljske vzgoje – mednarodni Comenius 2.1, in domači.

Dr. Danijel Vrhovšek :

- avtor mnogih prispevkov s področja okoljevarstva,
- nosilec mnogih raziskovalnih projektov s področja varstva okolja,
- predavatelj na različnih izobraževalnih institucijah s področja varstva okolja,
- avtor priročnikov, ki se uporabljajo v šolah,
- strokovni sodelavec pri stalnem strokovnem popolnjenju učiteljev Centra za strokovno

spopolnjevanje učiteljev na Univerzi v Mariboru, Pedagoški fakulteti,

- mentor diplomantom, magistrantom in doktorantom s področja okoljevarstva,
- koordinator in vodja številnih mednarodnih projektov, mrež in organizacij.

Dr. Tjaša Bulc:

- nosilka raziskovalnih in pedagoških projektov s področja voda,
- recenzentka učbenikov, delovnih zvezkov in priročnikov s področja okoljske vzgoje,
- avtorica strokovnih in znanstvenih člankov s področja okolja

2. Izkušnje izvajalcev z izobraževanjem s strokovnih delavcev:

- seminarje stalnega strokovnega izobraževanja pripravlja dr. Ana Vovk Korže in jih izvaja od leta 1996 do 2007 in sicer za področja geografija, okoljska vzgoja, kemija,
- evalvacijski vprašalniki izkazujejo visoko kvaliteto dela.

3. Izvajalka red. prof.dr. Ana Vovk Korže je zaposlena v vzgojno-izobraževalnem zavodu (od leta 1990 do leta do danes).

IV. Fazno načrtovanje izvedbe programa

Navedite, ali bo **program izveden v več delih**, in kateri bodo **poudarki v vsebini posameznega dela**. Če je program načrtovan kot eden od večjih nadaljevalnih programov, opišite, **na kakšen način boste nadgrajevali znanje udeležencev v okviru vseh načrtovanih programov**.

Program bo izveden v **enem delu**.

Prvi dan se udeleženci seznanijo z ekoremediacijami in pojem razumejo v smislu, da ga znajo uporabljati, spoznajo zasnovano trajnostnega razvoja in primere dobre prakse. Seznanijo se z mnogimi možnosti povezovanja teh okoljskih vsebin z drugimi predmeti. Terenski dan je namenjen pridobivanju terenskih izkušenj. Vključeni so v praktična merjenja na terenu, v zbiranje podatkov in njihovo interpretacijo. Seznanijo se z novimi pristopi varovanja okolja.

Del aktivnosti opravijo v obliki lastne raziskovalne naloge, kjer povežejo teoretične in praktične izkušnje na primeru domače pokrajine. Opravljeno analizo predstavijo v zaključnem seminarju in tako v skupini izmenjajo primere dobrih praks. Poudarek je na prepoznavanju možnosti, ki jih že nudi narava, da se te uporabijo za varovanje okolja zaradi večnamembnih funkcij, ki jih omogočajo.

S tem pridobijo udeleženci celostno razumevanje trajnostnega razvoja in se praktično seznanijo z nadgradnjo okoljskih vsebin.

Datum:

Podpis koordinatorja programa:

Podpis odgovorne osebe:

M P

10. DRUŽBENO EKONOMSKA SPREJEMLJIVOST EKOREMEDIACIJ

10.1 RAZUMEVANJE ODZIVA ČLOVEKA NA OKOLJSKE PROBLEME

Zgodovina bi morala biti ogledalo naše usode in preživetja človeštva, ugotavlja Jared Diamond (Znanost, Večer – 29. 7. 2006) ko piše, da družbe propadejo zaradi ekoloških kriz, ki jih povzročajo same. Osnovni dejavnik, ki naj bi prispeval k propadu, so po njegovem klimatske spremembe in ekološki problemi ter predvsem nezmožnost družb, da se z njimi spopadejo. Omenjeni avtor tudi piše, da je Majevska civilizacija propadla zaradi lakote in pomanjkanja pitne vode in se sprašuje, zakaj majevski kralji in aristokracija niso razumeli težav, ki so razkrajale njihovo družbo in ukrepali, ko je bilo še mogoče. V nadaljevanju odgovarja, »njihova pozornost je bila usmerjena v kratkoročne skrbi. Zanimalo jih je predvsem lastno bogatenje, vojskovanje, postavljanje spomenikov in pridobivanje hrane.« Skoraj enako naj bi se zgodilo na Velikonočnih otokih, kjer so posekali večino dreves, kar je povzročilo deforestacijo. Zemlja je erodirala, zmanjkalo je hrane, družbo je zajel kaos, otočani so storili ekološki samomor, ugotavlja Diamond. Paralele med Velikonočnimi otoki, Maji in sodobnim svetovm so očitne. V ZDA že dolgo uničujejo naravno okolje in ga spreminjajo. Več kot polovica svetovnega območja gozdov je že spremenjena v druge namene, večina ribjih lovišč naglo pojema, in izginja, okoli tretjina koralnih grebenih je močno poškodovana, ljudje smo doslej močno načeli dosegljive rezerve nafte in naravnega plina.

Varljivi počasni trend je tista okoliščina, zaradi katere se družbe ne znajo odzvati na težave. Vprašanja preživetja so danes odvisna od političnih, socioloških in ekonomskih stališč določene družbe in vlade, ki so zadnji člani v procesu odločanja, ugotavlja Diamond. In kje se po njegovem skrivajo možnosti za rešitev ekoloških problemov, ki so v času globalizacije postali

še bolj vidni? V koreniti spremembi miselnosti, v znanavi problema, v nabiranju izkušenj in predvsem v učenju iz zgodovine.

Jurij Dobravec v prispevku *Filozofija narave in varstvo narave*, ki je izšla v publikaciji *Barja in varstvo narave*, Prispjevki, Trenta 23. – 25. april 2003, ugotavlja, da je jedro problema v človeku samem, v konceptu odnosa do narave. Piše, da danes v varstvu narave govorimo največ o akcijah: o dejavnostih, upravljanju, urejanju, usmerjanju, ukrepih. Zakaj počnemo vse to? Iz katerih razlogov varujemo naravne pojave? Zaradi življenja ali lepote? Ali obstaja splošna podlaga za naravovarstvene dejavnosti? Ali pa je vse odvisno od mišljenja posameznika? Tales v antičnem Miletu je rekel, da je voda zibelka narave in vir življenja. Tudi uporabna je za človeka. Po sedanji paradigmi varstva narave človek naravo uničuje vse bolj, problemi se stopnjujejo na vseh ravneh, od globalnih do lokalnih. Tak način varstva narave ne more biti uspešen. Poseben fenomen so aplikativne stroke, ki se ukvarjajo z naravo in imajo močan, zgodovinsko pogojen miselni vpliv na javno mnenje. To sta gozdarstvo in kmetijstvo, ki se ukvarjata z živimi objekti, vendar gre pri obeh za ekonomije, ki so bile v preteklosti do tistih delov narave, ki na videz niso posegali v njihov delovni prostor, indiferentne. Popolnoma razumljivo je, da so ravno te gospodarske panoge, ki imajo neposreden stik z živim, prve sprevidle potrebnost do drugačnega pristopa do ostale narave. Tu gre seveda spet za ekonomski pritisk, saj bi nadaljevanje prejšnjih načinov izkoriščanja panogo hitro privedlo v kolaps. Bio in sonaravno gospodarjenje lahko primerjamo le z varovanjem gojene narave. Večkrat se izkaže, da je gospodarjenje sonaravno samo v takšni meri, kolikor je to ustrezno trenutni ekonomski naravnosti.

Temeljni problem družbenogospodarskega razvoja, izboljšanja kakovosti življenja in gospodarske blaginje je neizogibno spreminjanje mnogih pojavov v pokrajini. Zaradi naravnih procesov, ki delujejo v pokrajini (večina med njimi je povezana z vodo), imajo spremembe ponavadi nenamerne stranske učinke na obstoječe ekosisteme. Posledice tega so včasih velike razlike v interesih, spori in celo nasilje.

Voda, hrana in surovine, ki zagotavljajo preživetje človeštva, izvirajo iz naravnega okolja, ki obkroža človeška naselja. Teh virov pa se ne da izkoriščati brez spreminjanja pokrajine (kopanje vodnjakov, speljava vode v kanale, gradnja zbiralnikov, krčenje naravne vegetacije za poljedelstvo, krčenje gozdov za les, osuševanje, izravnavna zemljišč) in take spremembe motijo tamkajšnje ekosisteme. Ker je bilo za naraščajoče prebivalstvo potrebno pridelati več hrane, so za povečanje pridelka sprva uporabljali gnojila, kasneje pa še herbicide. Ti ukrepi so imeli škodljive stranske učinke na okolje (eutrofikacija, onesnaževanje vode, zastajanje vode, zasoljevanje prsti in vode). Nekaterim stranskim učinkom se lahko izognemo, druge je težko odpraviti. (Upravljanje voda in ekosistemi, str. 6)

Požarnik, H. (1992). Ekološka etika in znanost. Časopis za kritiko znanosti, 11-18

Angleški termin »sustainable development« se v slovenski literaturi pojavlja v različnih prevodih, saj je pomen izraza »sustainable« večpomenski. Največkrat se prevaja kot »vzdržen«, »uravnovežen« ali »znosen«, lahko pa pomeni tudi »trajen«, »nepretrgan« ali »vzt-rajen«. Ravno zato so različni avtorji ta termin različno prevajali. Barbič, Praper in Verbole naštevajo nekaj primerov: »uravnoveženi razvoj«, »trajno uravnoveženi razvoj«, »sonaravni razvoj«, »vzdržen razvoj«, »uskladen razvoj«, »okolje ohranjujoč razvoj«, »trajnostni razvoj« itd. (Barbič, Praper in Verbole, 1998, str. 41). V nadaljevanju bom uporabljal prevod »trajnostno sonaravni razvoj«, saj se zdi, da na najboljši način opiše bistveni pomen uporabnosti tega angleškega termina.

Barbič, A., Praper, S. in Verbole, A. (1998). Trajnostni razvoj: opredelitev pojma in stanje v Sloveniji. V V. Kolar Planinšič (Ur.), Alpska konvencija v Sloveniji (str. 41-43). Ljubljana: MOP.

Ekocentrično zasnovana etika sloni po mnenju Požarnika na »novejših spoznanjih ekološko zasnovanega naravoslovja, njen cilj pa je zagotoviti ravnotežje v naravi in preživetje oziroma ohranitev vseh živih in neživih stvari kot sestavin vesoljskega sistema«. Torej je temelj te etike »holistični pogled na svet«, kjer je svet žive in nežive narave obravnavan celostno, kot nedeljiva celota (Požarnik, 1992, str. 13). Ekocentrična etika upošteva samo celovite ekosisteme in okoljske združbe, v katerih je človek le eden izmed mnogih neločljivih delov celote in na osnovi tega gledišča gradi moralna načela. Kirn namiguje na dejstvo, da večina okoljskih etikov išče odgovor na vprašanje, kako bi naj človeštvo ocenilo pomen narave. V ospredju je torej dilema, ali naj človeštvo gleda na naravo z vidika intrinzičnega (t.j. avtonomnega, lastnega) pomena, torej njene vrednosti same po sebi ali le kot instrumentalne (t.j. pragmatične, praktično uporabne) vrednosti (Kirn, 1994). Navsezadnje je jasno, da se ekocentrična etika še ni rešila spon antropocentrizma in da bo verjetno minilo še nekaj časa, preden se bomo ljudje zares pripravljene odreči egoističnemu dojetanju okolja, ki nas obdaja.

10.2 TOLERANČNE MEJE EKOSISTEMA IN ČLOVEKA

Vsak ekosistem ima svoje optimalne pogoje pri katerih je v nekakšnem dinamičnem ravnatežju. Seveda pa ima tudi spodnjo in zgornjo mejo tolerance, ki ga opredeljuje zgradba in funkcija ekosistema. Vsaka sprememba tako zaradi naravnih, kot tudi človeških vplivov na zgornjo ali spodnjo mejo tolerance poruši ekološko ravnatežje in ekosistem se spremeni oziroma degradira v neko drugo dinamično ravnatežje oziroma ekosistem z drugačno zgradbo in funkcijo.

Tudi človek, ki posega v ekosistem, ima pri svojih posegih neke optimalne zahteve. Podobno kot ekosistem pa ima tudi poseg svojo zgornjo in spodnjo toleranco. Pod posegi človeka v ekosistem običajno mislimo na ekonomske vrednosti.

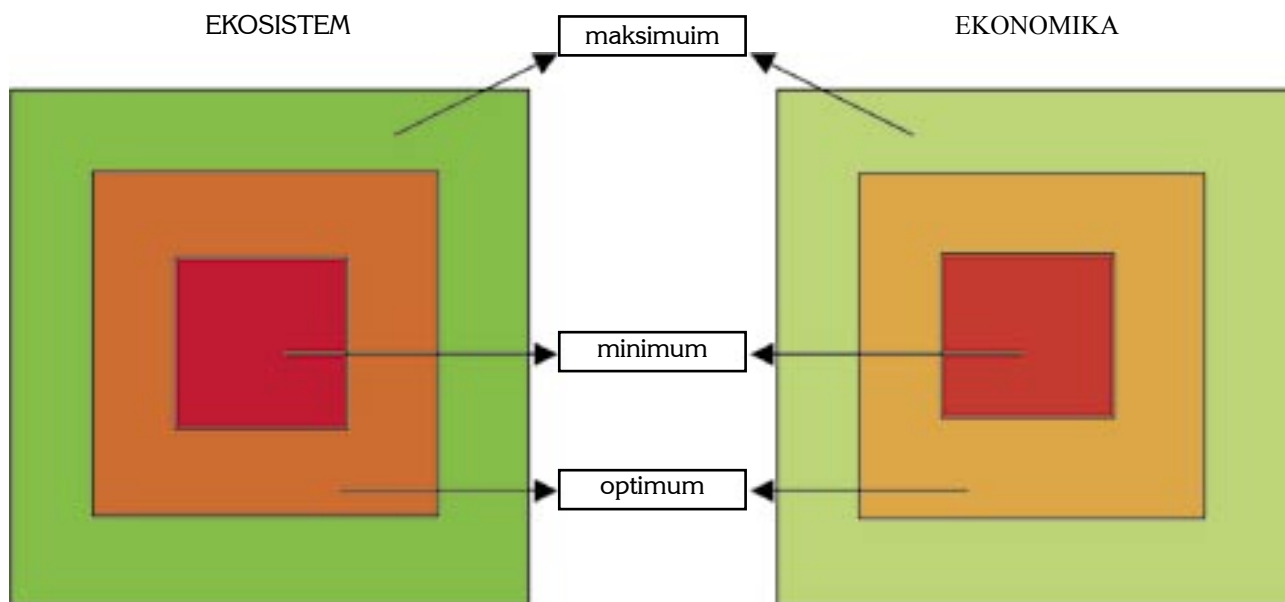
Kot primer navajamo Qes, ki je v slovenski zakonodaji in kompromisno rešuje odvzeme vode iz vodnih teles (vodotoki, jezera, podtalnica) in ekološko ravnatežje teh ekosistemov. Zelo poenostavljena razlaga je naslednja: »Če zaradi odvzema vode iz vodotoka znižamo gladino za cc. 10 cm, bo ekološko ravnatežje v vodotoku še vedno ohranjeno, če pa ga znižamo za 20 cm, pa bo to ravnatežje porušeno«. V primeru da

pride do odvzema celotne vode iz vodotoka pa pride do popolnega porušnja oziroma izginotja ekosistema vsaj za določen čas. Pri človeku oziroma njegovem ekonomskem izračunu je situacija podobna. Pri odvzemu npr. 1 m³/sek se mu celotna investicija in obratovanje npr.: MHE (male hidroelektrarne) še izplača, če pa se zmanjša odvzem na 0,5 m³/sek, pa postane MHE nerentabilna. Podobno je tudi z ostalimi posegi v ekosisteme.

Zaradi tega je že pri samem načrtovanju posegov vnaprej potrebno predvideti, kakšne spremembe bodo nastale v ekosistemu in katere so ekološke tolerance posameznega posega.

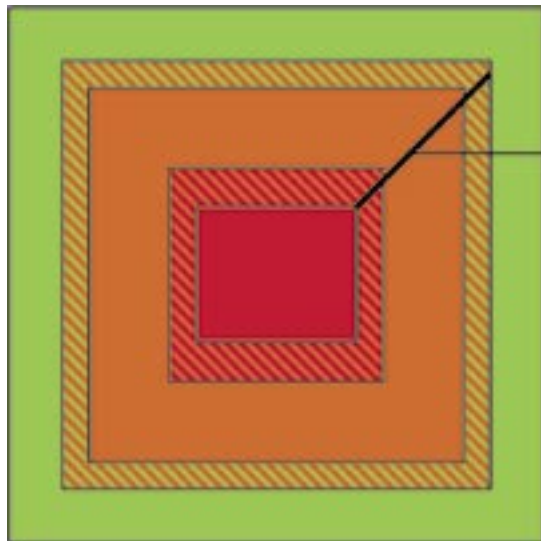
Z ERM je možno posledice, ki nastanejo v ekosistemu ublažiti in na takšen način tolerančno mejo tako ekosistema kot tudi ekonomski izračun posega človeka zmanjšati razlike.

Shema prikazuje tolerančne meje tako ekosistema kot tudi toleranco ekonomskih učinkov. Spremembe tako pri enem kot pri drugem se morajo gibati v mejah oranžne barve (optimum).

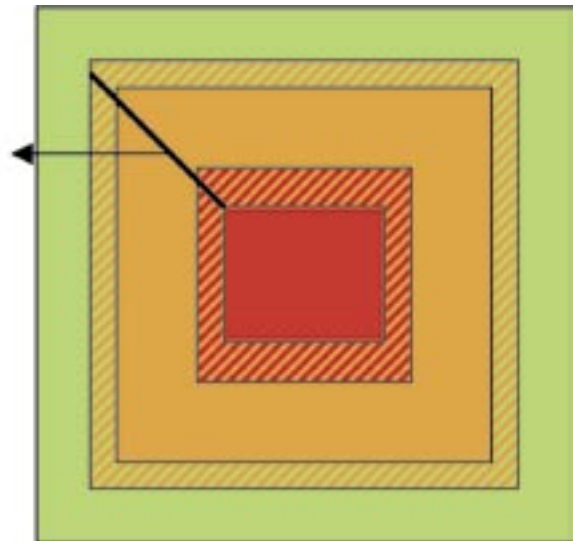


Shema 1: Ekološke in ekonomske tolerančne meje

EKOSISTEM



EKONOMIKA



ERM

Shema 2: Tolerančne meje z uporabo ERM

Kot shematsko prikazuje shema 2, lahko toleranco z uporabo ERM do določene meje spreminjamo, ne da bi s tem porušili ekološko ravnotežje. S pravnimi ukrepi ga lahko celo povečamo, npr.: povečamo zadrževanje vode, samočistilno sposobnost in biodiverzitetu oziroma zaščitimo ogrožene vrste in habitate. Po drugi strani pa s takšnimi ukrepi omogočimo večji ekonomski izkoristek tistega, ki posega v ekosistem.

Razumeti pa moramo, da mnoge procese v ekosistemi niti ne razumemo, kaj šele predvidimo. Zato je pri tem načinu blaženja posledic in povečevanja ekonomskega izkoristka nujno najprej dodobra spoznati zgradbo in funkcijo ekosistema in šele nato določiti velikost posega.

Ob rednem monitoringu nastajajočih oziroma nastalih sprememb pa je potrebno predvideti tudi kurativne ukrepe. Tako v ekosistemu kot tudi pri posegu v ekosistem.

Na osnovi takšnega načina ocenjevanja sprememb ekosistema in posegov lahko ocenimo tudi nastalo ekološko škodo, če se tisti, ki poseže v ekosistem, ne drži predlaganih normativov.

10.3 KAKO NAPREJ NA PODROČJU VARSTVA OKOLJA V SLOVENIJI

Slovenija se uvršča med evropske države s pičlimi neobnovljivimi viri, a veliko porabo naravnih virov na prebivalca. Po sinteznem kazalcu okoljskih dosežkov se uvršča med evropske države, katere označuje: velika samočistilna zmogljivost zaradi velike ekosistemske in geografske pestrosti, močna ogroženost nekaterih rastlinskih in živalskih združb zaradi majhnosti oz. izoliranosti posameznih pokrajinskih ekosistemov, zadovoljivo stanje večine pokrajinskih ekosistemoev zaradi manjšega obsega nepovratnih okoljskih posledic, dokaj skromno izkoriščene zmogljivosti za zmanjševanje pritiskov na okoje, podpovprečna uspešnost okoljske zakonodaje in upravljanja in dejanska odsotnost poznavanja koncepta močne sonaravnosti v javnosti oz. prednosti, slabosti, priložnosti in tveganja, ki ga le-ta prinaša s seboj in posledično zelo šibka hotenja udejanjanja zrelejše sonaravnosti (Plut, 2004).

Na celotnem območju Slovenije je problem pomanjkanja vode občasno prisoten, predvsem v kmetijstvu in vodooskrbi. Dolgoročnega pomanjkanja vode v Sloveniji zaenkrat še ni, vendar nas podnebne spremembe opozarjajo tudi na to možnost. Prav zaradi zavedanja stanja bi morali nemudoma storiti vse, da ne bi s kanali odvajali vode iz zgornjih delov porečij, temveč bi zadrževali meteorno vodo in jo večnamensko koristili.

Na eni strani se zavedamo težav, ki nastajajo zaradi neskladnega odnosa in koriščenja naravnih virov, na drugi strani pa ne spremenimo odnosa do okolja.

Ključni okoljski problemi Slovenije so prekomerno onesnaževanje vodnih virov, velike količine komunalnih odpadkov, snovna neučinkovitost in negativne snovne ter okoljske posledice prekomerne emisije toplogrednih plinov – zaostajanje učinkovitih ukrepov za doseganje ciljev Kjotskega sporazuma, povečanje prometnega obremenjevanja okolja: emisije CO₂, dušikovih oksidov, hrupnost, pozidava prostora in drobljenje habitatov, zmanjševanje pokrajinske in biotske raznovrstnosti – izumiranje in ogroženost

živalskih in rastlinskih vrst zaradi posegov v okolje in sprememb pokrajinske rabe, fragmentacija habitatov, večplastna degradacija okolja v nekaterih večjih industrijsko.rudarskih območjih – prekomerna onesnaženost različnih sestavin okolja v razvojno šibkih območjih.

Skupna okoljsko-razvojna značilnost pa je skromna integracija okojevarstvenih zahtev v sektorske politike in potrošniške vzorce – nezadovoljivo stanje in težnje splošnega, doslednega vgrajevanja varstva okolja in naravi naklonjenih trajnostnih proizvodnih, potrošniških in prevoznih usmeritev ter ukrepov v gospodarstvo, storitve, javne službe vlade in lokalnih skupnosti ter gospodinjstva.

Do leta 2013 so ključni okoljski cilji in prednostne naloge na področju varstva okolja:

izboljšanje in ohranjanje kakovosti vodnih virov, zmanjševanje obremenjevanja okolja s komunalnimi odpadki in povečanje snovne učinkovitosti, zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, umiritev prometnih pritiskov na okolje, ohranjanje pokrajinske in biotske raznovrstnosti, zmanjševanje degradacije okolja v večplastno onesnaženih območjih (Zasavje, Mežiška dolina, urbano območje Celja in Šaleška dolina) in kritično onesnaženih manjših območjih, pospešena integracija okojevarstvenih zahtev v sektorske politike in potrošniške vzorce – integracija in hitrejše vgrajevanje trajnostnih, sonaravnih načel in ukrepov v gospodarstvo, storitvene dejavnosti, javni sektor, gospodinjstva, smotrna in z vidika nosilne sposobnosti okolja primerna raba neobnovljivih in obnovljivih naravnih virov (surovin in energije), omejitev oz. zmanjšanje okoljskih tveganj zaradi razpršenih točkastih virov onesnaževanja, prekinitev povezave med pritiski na okolje in gospodarsko rastjo.

EU se je v 6. okoljskem akcijskem programu (do leta 2010) opredelila za trajnostni razvoj, z naslednjimi prednostnimi nalogami na področju varstva okolja:

- problematika podnebnih sprememb: ključni okoljski cilj Slovenije – zmanjševanje emisij toplogrednih plinov (cilj 3),
- narava in biotska raznovrstnost: ključni okoljski cilj Slovenije – ohranjanje pokrajinske in biotske raznovrstnosti (cilj 5),
- okolje, zdravje, kakovost življenja: ključni okoljski cilji Slovenije – izboljšanje in ohranjanje kakovosti vodnih virov (cilj 1), umiritev prometnih pritiskov na okolje (cilj 4), zmanjšanje degradacije okolja v večplastno onesnaženih širših območjih in kritično onesnaženih manjših območjih (cilj 6),
- naravni viri in odpadki: ključni okoljski cilj Slovenije – zmanjšanje obremenjevanja okolja s komunalnimi odpadki in povečanje snovne učinkovitosti (cilj 2).

10.4 POTREBA PO CELOVITEM PRISTOPU – EKOREMEDIACIJE

Na spletni strani Ministrstva za okolje in prostor je mnogo pozivov, da pomanjkanje vode (suša) vpliva na družbene in gospodarske sektorje ter ogroža trajnostno rabo naravnih vodnih virov. Nadalje je izpostavljeno, da je na strani razvojnih potreb pomembno vzpostaviti politiko in ustrezne programe upravljanja voda z namenom zagotavljanja zadostnih količin vode za rabo, ki vključujejo tako ustrezne tehnologije za racionalno rabo vode, kot tudi ukrepe za zmanjšanje izgub. Poleg tega sta za povečanje razpoložljivosti vode ustrezne kakovosti ključnega pomena zaščita in obnavljanje ekosistemov kot so reke, mokrišča, gozdovi in prsti, ki po naravni poti zajemajo, filtrirajo, hranijo in dovajajo vodo.

Glavni namen je večnamensko in sonaravno gospodarjenje z vodotoki, jezeri in mokrišči, kar prispeva k sožitju človeka in narave ter omili naravne nesreče, če se le-te pojavijo. Zaradi tega so ekoremediacije ekonomsko, ekološko in dolgoročno eden izmed najuspešnejših načinov varovanja okolja današnjega časa.

Predvidevamo, da bo v naslednjih nekaj desetletjih spreminjanje pokrajine še večje zaradi naraščanja prebivalstva, globalizacije, industrializacije in prizadevanj za odpravo revščine in lakote. Zaradi tega je nujno uvesti pametnejše okoljske pristope s pravilno integracijo med seboj povezanih elementov. (Upravljanje voda in ekosistemi, str. 7)

Razdrobljenost obstoječega znanja kakor tudi upravnih institucij se odraža v omejenih pričakovanjih različnih strokovnih skupin in predstavlja intelektualno dediščino iz časov velikega francoskega filozofa Descartesa v 17. stol. Fiziki razumejo predvsem fizikalne pojave, kemiki kemične pojave, biologi biološke pojave. Ker se nazori teh različnih skupin močno razlikujejo, imajo velike težave pri medsebojnem komuniciranju in z oblikovalci politike, tako da je težko doseči enotno razumevanje dilem človekovega okolja.

Z ekoremediacijskimi metodami lahko pripomočemo k celovitejšemu in trajnostnemu upravljanju z vodami, poleg tega pa lahko ohranjamo in/ali obnavljamo redke in ogrožene ekosisteme, habitate ter rastlinske in živalske vrste.

V praksi se ekoremediacije uporabljajo za odpravljanje in preprečevanje dolgotrajnih posledic škodljivih vplivov različnih človekovih aktivnosti v pokrajini, povečanje samočistilnih sposobnosti voda, čiščenje različnih vrst odpadnih voda, odpravljanje posledic sezonskega onesnaževanja, terciarno čiščenje in kondicioniranje pitne vode, zaščito podtalnice in vodnih zajetij, sonaravne sanacije deponij, revitalizacije degradiranih vodotokov, melioracijskih jarkov in jezer, obrežne vegetacijske pasove - blažilna območja, stranski rokavi, umetna močvirja in protihrupne ali protiprašne bariere (Vrhovšek, Istenič in Vovk Korže, 2005).

V nadaljevanju posredujemo nekaj dokaznih gradiv, iz katerih izhaja potreba po takojšnji uporabi ekoremediacij:

Operativni program za krepitev regionalnih razvojnih potencialov za obdobje 2007 – 2013, osnutek, Ljubljana 12. 7. 2006

Okoljske tehnologije znižujejo stroške in povečujejo konkurenčnost gospodarstva s tem, da znižajo porabo energije in drugih naravnih virov, z vidika okolja pa so pomembne predvsem zato, ker zmanjšujejo emisije in producirajo manjše količine odpadkov.

Temeljni cilj varstva okolja je zmanjševanje obstoječih okoljskih problemov in preprečitev nastanka novih. Za njegovo doseganje je potrebno poskrbeti za:

1. izboljšanje stanja bivalnega okolja oz. njegovih sestavin (zrak, voda),
2. sanacijo prekomerno onesnaženih sestavin okoja in degradiranih območij,
3. ohranjanje biotske raznovrstnosti, samočistilnih zmogljivosti okolja oz. njegovih posameznih sestavin,
4. lokalno, regionalno, državno in globalno sprejemljive posege v okolje, ki zagotavljajo zadovoljevanje materialnih potreb, zdravo okolje in naravne vire tudi prihodnim generacijam,

5. sonaravno zasnovano usmerjanje prostorskega razvoja poselitve, infrastrukture in rabe zemljišč v okviru zmogljivosti okolja.

Opredelitev okoljske politke in ciljev ter usmeritev za reševanje ključnih okoljskih problemov Slovenije 2005 - 2013

V obdobju 2005 - 2013 naj bi bili v ospredju razen kurativnih ukrepov (gradenj ČN, zmanjševanje vpliva ustvarjanja odpadkov na okolje) tudi preventivni ukrepi. Med njimi zlasti smernice in ukrepi za stabilizacijo in nato količinsko zmanjševanje snovno-energetskih tokov (zaradi prekomerne rabe sicer pretežno uvoženih fosilnih goriv), hitrejšega prehoda na rabo domačih obnovljivih virov, okrepljena prizdevanja za postopno stabilizacijo deleža odprtega nepozidanega prostora, nadaljnje povečanje zavarovanih površin različne stopnje naravovarstvenih režimov, razglasitev in izvajanje ohranitvenih ukrepov v posebnih varstvenih območjih, pomembnih tudi za EU, ohranjanje obstoječega vzorca poselitve.

Uresničevanje prenovljene strategije EU za trajnostni razvoj v Sloveniji 2007. Prispevek Slovenije k poročilu Evropske komisije o napredku

V poglavju Napredek Slovenije pri ključnih izzivih prenovljene Strategije EU za trajnostni razvoj je v podpoglavju Okoljske tehnologije in eko inovacije poudarjen pomen raziskav na tem področju in prenos v prakso, kar je značilno za ERM. (str. 13)

Danes smo na takšni razvojni stopnji, da moramo moralno omejiti naš odnos do naravnega okolja, saj stalno rastoče število prebivalstva in z njim povezano povečevanje materialnih potreb povzroča nepopravljivo škodo v našem življenjskem okolju. Prehod v ekološko družbo in ekološko kulturo ni mogoč brez temeljite spremembe naše celotne duhovnosti, etike, torej spremembe lestvice vrednot (Kirn, 1994). Po mnenju Pluta moramo izdelati povsem nova vrednotna merila, »vsak od nas se mora zavedati svoje

odgovornosti za današnji in jutrišnji svet. Živeti bo treba bolj razumno in skladno z naravo. Najbolj primerna pot vodi preko spremembe zavesti in okolju prijaznega ravnanja čim večjega števila ljudi. Njena prednost je v tem, da nas do cilja pripeljejo majhni koraki, ne veliki skoki, ki jih večina izmed nas ne zmore« (Plut, 1998, str. 234).

URADNI LIST L 242, 10/9(2002, str. 001 – 0015)

Sklep Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. julija 2002 o šestem okoljskem akcijskem programu Skupnosti:

Po sklepu 1 je Čisto in zdravo okolje nujno za dobro počutje in blaginjo družbe, vendar nenehna rast na svetovni ravni vodi do nenehnega pritiska na okolje. Pod sklepom 6: Pogoj za trajnostni razvoj sta preudarna uporaba naravnih virov in varstvo globalnega ekosistema, kot tudi gospodarska blaginja in uravnotežen socialni razvoj.

Svetovni dan voda 2007 »Obvladovanje pomanjkanja vode«, MOP

Na celotnem območju porečij v Sloveniji je problem pomanjkanja vode občasno prisoten, predvsem v kmetijstvu in v vodooskrbi.

Kot rešitev problematike pomanjkanja vode oz. sušnih obdobij je za Slovenijo zelo pomembno ustrezno upravljanje z vodnimi količinami v smislu umetnega zadrževanja voda, ko je vodnih količin dovolj, predvsem pa v smislu zaščite naravnih območij – mokrišč, kjer se voda po naravni poti zadržuje dlje časa. Na ta način se »napajajo« podzemne vodne zaloge vode in obratno, vzdržujejo pretoki v rekah in potokih tudi v obdobjih, ki ni padavin. Z udejanjanjem tega cilja si bo Slovenija prizadevala preprečiti ogroženost prebivalstva in gospodarskih dejavnosti zaradi sušnih razmer.

11. ZAKLJUČEK

Voda, hrana in surovine, ki zagotavljajo preživetje človeštva, izvirajo iz naravnega okolja, ki obkroža človeška naselja. Teh virov pa se ne da izkoriščati brez spreminjanja pokrajine (kopanje vodnjakov, speljava vode v kanale, gradnja zbiralnikov, krčenje naravne vegetacije za poljedelstvo, krčenje gozdov za les, osuševanje, izravnava zemljišč) in take spremembe motijo tamkajšnje ekosisteme. Ker je bilo za naraščajoče prebivalstvo potrebno pridelati več hrane, so za povečanje pridelka sprva uporabljali gnojila, kasneje pa še herbicide. Ti ukrepi so imeli škodljive stranske učinke na okolje (eutrofikacija, onesnaževanje vode, zastajanje vode, zasojevanje prsti in vode). Nekaterim stranskim učinkom se lahko izognemo, druge je težko odpraviti (Upravljanje voda in ekosistemi, str. 6).

Predvidevamo, da bo v naslednjih nekaj desetletjih spreminjanje pokrajine še večje zaradi naraščanja prebivalstva, globalizacije, industrializacije in prizadevanj za odpravo revščine in lakote. Zaradi tega je nujno uvesti pametnejše okoljske pristope s pravilno integracijo med seboj povezanih elementov (Upravljanje voda in ekosistemi, str. 7).

Ker so ekosistemi in ljudje resnično odvisni, je potreben ekosistemski pristop – to je celostni pristop k zagotavljanju človekovega preživetja in varovanja ekosistemov: vključiti mora prizadevanja za zaščito produkcije bistvenih ekosistemskih dobrin in storitev, od katerih je odvisna družbena blaginja. Pri tem ne smemo pozabiti, da obstajajo številne možnosti človekovega vplivanja na ekosistem, tako neposredno z vplivi na pretok in vodne poti, kakor posredno preko vplivov na prepustnost prsti, vegetacijo in odtekanje. Ker človekove dejavnosti, predvsem raba krajine, pridelava biomase, onesnaževanje in slabšanje kakovosti vode stalno motijo ekološko funkcijo vode, bo ključni izziv postalo soočenje z biotskimi povezavami med krožečo sladko vodo in ekosistemi. Potrebno bo najti kompromis med različnimi funkcijami vode, kar

je še težja naloga kot obstoječa prizadevanja za zagotavljanje vode za ljudi, industrijo in namakanje.

Razdrobljenost obstoječega znanja kakor tudi upravnih institucij se odraža v omejenih pričakovanih različnih strokovnih skupin in predstavlja intelektualno dediščino iz časov velikega francoskega filozofa Descartesa v 17. stol. Fiziki razumejo predvsem fizikalne pojave, kemiki kemične pojave, biologi biološke pojave. Ker se nazori teh različnih skupin močno razlikujejo, imajo velike težave pri medsebojnem komuniciranju in z oblikovalci politike, tako da je težko doseči enotno razumevanje dilem človekovega okolja.

Temeljni problem družbenogospodarskega razvoja, izboljšanja kakovosti življenja in gospodarske blaginje je neizogibno spreminjanje mnogih pojavov v krajini. Zaradi naravnih procesov, ki delujejo v krajini (večina med njimi je povezana z vodo), imajo spremembe ponavadi nenamerne stranske učinke na obstoječe ekosisteme. Posledice tega so včasih velike razlike v interesih, spori in celo nasilje.

V zadnjih desetletjih je človeštvo veliko pridobilo zaradi razvoja[1], ki je obogatil naša življenja. Vendar je bila z večino tega razvoja povezana izguba tako raznolikosti kot tudi razširjenosti naravnih sistemov – biotske raznovrstnosti.[2] Izguba biotske raznovrstnosti na ravneh ekosistemov, vrst in genov je zaskrbljujoča ne samo zaradi pomembne stvarne vrednosti narave, ampak tudi zato, ker povzroča izgubo „storitev ekosistemov“, ki jih zagotavljajo naravni sistemi. Te storitve vključujejo proizvodnjo hrane, goriva, vlaken in zdravil, regulacijo voda, zraka in podnebja, ohranjanje rodovitnosti tal, kroženje hranilnih snovi. V tej zvezi je skrb za biotsko raznovrstnost bistvena za trajnostni razvoj in podpira konkurenčnost, rast ter zaposlovanje in boljše možnosti preživetja.

Nedavna ocena ekosistemov novega tisočletja (MA)[3], za katero je dal pobudo generalni sekretar Združenih narodov, poudarja, da število večine takšnih storitev upada, tako v EU kot na svetovni

ravni. Presoja navaja, da izrabljamo naravni kapital Zemlje in s tem ogrožamo zmožnost ekosistemov, da bi oskrbovali prihodnje generacije. Izgubo lahko spremenimo, vendar samo z občutnimi spremembami v politiki in praksi (COM/2006/0216 končno).

Narava je v svoji zgodovini razvila izjemne prilagoditve na večino ekoloških faktorjev. Med ekološkimi faktorji imajo najbolj močan vpliv svetloba (sevanje), vlaga, kemijski in mehanski faktorji ter toplota. Ekološki faktorji součinkujejo kompleksno, zato je težko ločiti vpliv posameznih.

Vodni in obvodni ekosistemi ter mokrišča, ki pomenijo prehod med kopenskimi in vodnimi ekosistemi, imajo veliko sposobnost uravnavanja vodnih udarov, pa tudi močnih in specifičnih fizikalno-kemijskih ter strupenih onesnaževanj.

V ontogenezi ekosistemov so se razvili tudi takšni, ki so se prilagodili na najbolj neugodne dejavnike. V njih živijo organizmi, ki jih drugje ne najdemo. Takšne pogoje danes ustvarja tudi človek s svojimi dejavnostmi, ki mnogokrat pomenijo odmik od narave.

Ekosistemi imajo namreč veliko pufersko sposobnost in lahko z naravnimi procesi zadržijo, predelajo ali nevtralizirajo številne organske in anorganske polutante. Ekoremediacije izkoriščajo naravne procese v naravnih in deloma tudi v umetnih ekosistemih za zagotavljanje boljšega izkoriščanja vodnih virov, za odstranjevanje škodljivih učinkov onesnaževanja in za ohranjanje biološke raznovrstnosti.

Obnova razvrednotenih ekosistemov z ekoremediacijami pomeni poleg stabilnejših naravnih sistemov tudi boljše stanje naravnih elementov v bivalnem okolju, kar izboljšuje življenje človeka in drugih živih bitij. Predvsem pa ponujajo veliko izobraževalno in vzgojno možnost, kar je morda še pomembnejše od samega tehničnega učinka. Naravni viri so že izčrpani in ker so omejeni, smo jih dolžni varovati in obnavljati, dokler jih je še možno.

Ena najbolj prepoznavnih značilnosti Slovenije je ohranjena narava, zlasti velika biotska raznovrstnost in pokrajinska pestrost, bogato rastlinstvo in živalstvo, raznovrstni habitatni tipi, raznolika geološka zgradba, razgiban relief in pestrost kulturnih pokrajin, kar je posledica lege Slovenije na meji med štirimi velikimi naravnimi enotami v Evropi, to so Alpe, Dinarsko gorstvo, Sredozemlje in Panonska kotlina. Z zakonom o ohranjanju narave smo prebivalci Slovenije dobili podlago za celovito ohranjanje biotske raznovrstnosti in varstva naravnih vrednot kot naše dediščine. V Sloveniji je danes okoli 10 % ozemlja v zavarovanih območjih, 35,5 % pa je varovanega v okviru Nature 2000, status naravne vrednote pa je podeljen 14 901 vrednim delom narave. »Ena naših glavnih nalog, pa tudi odgovornost je, da zavarujemo in ohranjamo rastlinske in živalske vrste, njihove habitate, ter naravne vrednote« (Turk, 2007).

Z uravnavanjem ravnovesja v okolju povečujemo samočistilno sposobnost ekosistemov, ki je bila marsikje prekoračena, zato moramo naravi in okolju pomagati. Z varovanjem in obnovo okolja po naravni poti povečujemo ekosistemsko stabilnost in pomembno doprinašamo k povečanju samočistilnih sposobnosti.

Literatura

Bailey, R.G., 1996: Ecosystem Geography. Springer Verlag New York.

Cilj celostnega upravljanja z vodnimi viri je vzpostavitev ravnovesja med uporabo virov za preživljanje in ohranjanjem virov za bodoče generacije. IWRM vzpodbuja gospodarsko učinkovitost, okoljsko trajnost in družbeno pravičnost, kar predstavlja tri osnovna načela IWRM.

Combining constructed wetlands and aquatic and soil filters for reclamation and reuse of water :C. H. House*, B. A. Bergmann, A. M. Stomp and D. J. Frederick , Ecological Engineering, Jan 1999

Degradation of phenanthrene and hydraulic characteristics in a constructed wetland
T. Machate, H. Noll, H. Behrens and A. Kettrup, Water Research, Mar 1997

Development and research program for a soil-based bioregenerative agriculture system to feed a four person crew at a Mars base : S. Silverstone, M. Nelson, A. Alling, and J. Allen, Advances in Space Research, Jan 2003

Geister, I., 1999: Življenjska okolja rastlin in živali v Sloveniji. Modrijan, Ljubljana, 286 s.)

Lah, A., 2002: Okoljski pojmi in pojavi. Svet za varstvo okolja Republike Slovenije. Zbirka usklajeno in sonaravno. Ljubljana.

Leser H., Haas, H.D., Meier, S., Mosimann, T., Paesler, R., 2005: Diercke Wörterbuch Allgemeine Geographie. Westermann Deutscher Taschenbuch Verlag, München.

Fate of indicator microorganisms, giardia and cryptosporidium in subsurface flow constructed wetlands : Jeanette A. Thurston¹, Charles P. Gerba, Kenneth E. Foster² and Martin M. Karpisak² , Water Research, Apr 2001

The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guidelines
N. Angelakisa, *, M. H. F. Marecos Do Monteb, L. Bontoux^c and T. Asanod , Water Research, Jul 1999

Dobravec, J., 2003: Filozofij narave in varstvo narave, ki je izšla v publikaciji Barja in varstvo narave, Prispevki, Trenta 23. – 25. april 2003 ugotavlja,

Falkenmark, M., 2003: Upravljanje voda in ekosistemi: živeti s spremembami. Svetovno združenje za vode GWP, Tehnični odbor. Slovenski prevod in izdaja 2005.

Jared Diamond (Znanost, Večer – 29. 7. 2006)

Kelley C., Gainther K.K., Baca-Spry A., Cruickshank B.J. 2000. Incorporation of Phytoremediation Strategies into the Introductory Chemistry Laboratory. The Chemical Educator, 5: 140-143.

- Prasad M.N.V. Freitas H.M.O. 2003. Metal hyperaccumulation in plants - Biodiversity prospecting for phytoremediation technology. *Electronic Journal of Biotechnology*, 3n (6): 285-321.
- Kosi G., D. Vrhovšek 1996: Sladkovodne alge. V: Gregori, J. (ur.), Martinčič, A. (ur.), Tarman, K. (ur.), Urbanc-Berčič, O. (ur.), Tome, D. (ur.), Zupančič, M. (ur.). *Narava Slovenije, stanje in perspektive : zbornik prispevkov o naravni dediščini Slovenije*. Društvo ekologov Slovenije, Ljubljana, 143-146.
- Krivograd Klemenčič A. 2002: Mokrišče v Žejni dolini pri Hotedrščici. *Gea* XII(11): 8-9.
- Lovka M., C. Krušnik, G. Kosi, J. Paradiž 2003: Naravna dediščina mokriščnih habitatov. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana. Naročnik Mestna občina Ljubljana. Oddelek za stavbna zemljišča MO Ljubljana. ZVO-12/98. Končno poročilo, Ljubljana, 131 str.
- Paradiž J., M. Lovka, 1999: Pollen grain bioassay for environmental pollution screening. *Phyton* (Horn), Special issue: *Plant Physiology*, 39(3): 175-180.
- Paradiž J., M. Lovka 2000: Chromosome aberration assay in naturally growing plants for environmental biomonitoring. In: Glavač, D., Ravnik-Glavač M. (eds.). 2nd Congress of Genetic Society of Slovenia with International Participation, Bled, Septemeber 13 – 17, 2000. Congress proceedings. Ljubljana, 2000: 365-366.
- Schnoor J.L, 1997, *Phytoremediation, Technology Evaluation Report TE-98-01*. The University of Iowa and Center for Global and Region Environmental Research. Iowa City. st. 1-37.
- Osnutek poročila o zaustavitvi izgube raznovrstnosti do leta 2010 in pozneje (2006/2233(INI)). Evropski parlament. Odbor za okolje, javno zdravje in varnost hrane 18. 12. 2006.
- Tematska strategija o trajnostni rabi naravnih virov, 2005. Sporočilo komisije svetu, evropskemu parlamentu, evropskemu ekonomsko-socialnemu odboru in odboru regij. SEC (2005) 1683 in SEC (2005) 1684.
- Raskin I. 2005. Using plants to remove pollutants from the environment. American Society of Plant Biologists (ASPB), Series on Leading Plant Research.
<http://www.aspb.org/publicaffairs/Briefing/Phytoremediation.cmf> 8.4.2005
- Plut, D.;2004: Varstvo okolja in strategija razvoja Slovenije do 2013 – delovni osnutek 6.
- Paradiž J., B. Druškovič 2001: Assessment of cytogenetic hazard for plants caused by highway traffic. *Acta biol. slov.*, 44(4): 3-12.
- Paradiž J., M. Lovka 2004: Pollen grain bioassay for environmental contamination biomonitoring. *Acta biol. slov.*, 47(2): 75-81.
- Sporočilo Komisije - Zaustavitev izgube biotske raznovrstnosti do leta 2010 in pozneje - Ohranjanje storitev ekosistemov za blaginjo ljudi {SEC(2006) 607} {SEC(2006) 621} /* KOM/2006/0216 končno */ 52006DC0216
- United states Environmental Protection Agency. 2001. A Citizen's Guide to Phytoremediation EPA 542-F-01-002.
<http://www.epa.gov/superfund/sites>. 13.1. 2004.
- Shuiping Cheng, eljka Vidakovic-Cifrek, Wolfgang Grosse and Friedhelm Karrenbrock , *Chemosphere*, Jul 2002

Untying a Lancastrian bundle: valuing ecosystems and ecosystem services for wetland mitigation : John P. Hoehna, Frank Lupia and Michael D. Kaplowitz, Journal of Environmental Management, Jul 2003

Sporočilo Komisije - Zaustavitev izgube biotske raznovrstnosti do leta 2010 in pozneje - Ohranjanje storitev ekosistemov za blaginjo ljudi {SEC(2006) 607} {SEC(2006) 621} /* KOM/2006/0216 končno */

Vrhovšek Danijel, Vovk Korže Ana, 2005: Izobraževalni pomen ekoremediacij pri pouku geografije. Geografija v šoli, 2005.

Vovk Korže Ana., 2005: Sonaravne možnosti sanacije pokrajine zaradi naravnih nesreč. 14. Ilesičevi dnevi, Oddelek za geografijo, Ljubljana.

Vovk Korže Ana, Vrhovšek Danijel, Kako deluje narava? Gradivo za terensko delo 4.6.2005, seminar Okoljska vzgoja, Pedagoška fakulteta Maribor.

Vovk Korže, A., 2005: Kopenske vode. Geografski obzornik. Zveza geografskih društev, Ljubljana.

Vrhovšek, D., Maja Zupančič Justin, 2004: Naravni procesi in kakovost vode. Zbornik Vodna učna pot, FF, urednik Plut, Ljubljana.

Vrhovšek, D. 1983: Evtrofizacija jezer. Življenje in tehnika, letnik 34, št. 5, str. 39 – 43.

Vrhovšek D., D. Istenič, A. Vovk Korže 2005: Varovanje vodnih ekosistemov z ekoremediacijami. V: Vovk Korže, A. (ur.), Prah, K. (ur.). Vodne učne poti - izobraževanje javnosti za varovanje okolja. Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta Maribor, Maribor, 6-15.

Wilfing, H., 1993: Ekologija. Mohorjeva založba, Celovec, Dunja, Ljubljana.

Wraber T., P. Skoberne 1989: Rdeči seznam ogroženih praprotnic in semenovk SR Slovenije. Ljubljana. Varstvo narave, 14-15.

Zupančič M. Vrhovšek D., Bulc T. 2002. Razstrupljanje okolja z naravnii procesi in rastlinske čistilne naprave. Proteus 4 (65): 165-172.

Spletne strani

<http://www.p2pays.org/ref/01/00047/8-14.htm>

<http://www.eic.or.jp>

<http://www.eionet.eu.int/gemet/concept?cp=2796> Concept definition
www.bren.ucsb.edu/academics/courses/209/Lectures/FM-6-ppt

<http://www.eco-efficiency-conf.org/content/home.terminology.shtml>

<http://www.ricoh.com/environment/account/1998.html>

www.econ.no/oslo/econ.nsf/