

GREKO

GRAJENI EKOSISTEMI

POVZETEK ZA KONČNE UPORABNIKE



PROGRAM
RAZVOJA
PODEŽELJA

Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja Evropa investira v področje



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO

GREKO - GRAJENI EKOSISTEMI - SO V OSUŠEVALNIH JARKIH ZGRAJENE STRUKTURE, KI POSNEMAJO MOČVIRSKA OKOLJA IN NJIHOVO SPOSOBNOST ČIŠČENJA VODE



Greko Grajeni ekosistemi,
Povzetek za končne uporabnike

Avtor: Miran Renčelj, LIMNOS

Soavtorji: Urša Brodnik, LIMNOS, Martin Vrhovšek, LIMNOS, Jure Raztočnik, RA Kozjansko, Milan Vogrin, Društvo za proučevanje ptic in varstvo narave, Luka Žvokelj, Biotehniška fakulteta (Univerza v Ljubljani), Blaž Germšek, Kmetijski inštitut Slovenije, Stanko Kapun, KGZS Murska Sobota, Bernarda Stariha, KGZS Novo mesto

Šentjur, Ljubljana; RA Kozjansko, Limnos d. o. o., 2022

Naklada: 500 izvodov

Financirano s strani Programa razvoja podeželja 2014–2020, 16.5: Podpora za skupno ukrepanje za blažitev podnebnih sprememb

GREKO se uporablja za **razbremenjevanje** oz. čiščenje **odcedne vode** s kmetijskih površin. Grajeni ekosistemi temeljijo na posnemanju samočistilne sposobnosti narave in v našem primeru opravljajo predvsem čistilno funkcijo na način, da zmanjšujejo obremenitve odtoka iz kmetijstva in omogočajo daljše zadrževanje vode ter s tem napajanje podtalnice v kmetijski krajini.

GREKO je kratica za pojem »grajeni ekosistem«. **Grajen** zato, ker je izgrajena struktura, največkrat v osuševalnih jarkih, na odtočni poti odcedne vode. **Ekosistem** pa zato, ker ta izgrajena struktura opravlja ekosistemsko funkcijo razgradnje ter porabljanja in tem odstranjevanja določenih snovi iz odcedne vode. Gre za snovi, ki so sicer naravni del kroženja snovi v vseh naravnih procesih in okoljih. Če pa se pojavljajo v prevelikih količinah, na organizme in vodno okolje delujejo negativno.

Slika 1: Grajeni ekosistem, vzdolžni prerez (dimenzije niso povsem v sorazmerju)

DELOVANJE GRAJENEGA EKOSISTEMA

Procesi, ki v grajenem ekosistemu potekajo, **so enaki kot v naravi oz. v naravnih okoljih** in organizmi, ki te procese omogočajo in opravljajo, so enaki kot v naravnih okoljih. Z domišljeno postavitvijo primernih struktur smo omogočili, da se čim večja množina teh organizmov nahaja na poti vode in opravlja funkcijo razgradnje snovi tam, kjer je to najbolj potrebno.

Glavni nosilci čiščenja so **mikroorganizmi** (v prvi vrsti bakterije), ki prispevajo največji del čiščenja v sistemu. Ta tanka plast, imenovana **prerast** ali **biofilm**, je dejansko prostor, kjer se

zgodijo večina biokemičnih pretvorb, ki pomenijo razbremenitev vode. Če so mikroorganizmi v okolju nameščeni v tanki plasti in voda počasi teče ob tej plasti, je to najučinkovitejši način za zagotovitev stika med bremeni oz. snovmi (ter kisikom) v vodi in mikroorganizmi, ki te snovi razgradijo. Mikroorganizmi, rastoči v prerasti, imajo številne mehanizme, ki omogočajo aktivno lovljenje in vezavo delcev in raztopljenih snovi iz vode.

Tako je **prerast zaslužna za proces, ki mu rečemo »filtriranje«**. Prerast se razvije na vseh omočenih površinah - torej večji kot je stik

vode in prerasti, večja je učinkovitost delovanja bakterij v prerasti. Zato želimo z grajenimi ekosistemi vzpostaviti čim večjo z vodo obliko površino. To v največji meri omogoča substrat grede in korenine rastlin v čistilnih gredah.

Elementi grajenega ekosistema so tako zelo porozne strukture, z veliko površino za razvoj prerasti, ki jo obliva voda, tekoča skozi sistem.

Zelo pomemben del grajenega ekosistema so seveda **rastline**. Rastline neposredno in posredno pripomorejo k učinkovitejšemu razbremenjevanju odcedne vode.

Korenine rastlin imajo veliko površino in so **izredno primerna podlaga za naselitev mikroorganizmov**. Ker je površina korenin velika, se ob kombinaciji korenin rastlin, na njih naseljenih bakterijah in pretoku vode ustvarijo pogoji za učinkoviti potek procesov razgradnje oz. t.i. samočistilnih procesov. Korenine izločajo snovi, ki spodbujajo rast koristnih mikroorganizmov in ovirajo nekoristne mikroorganizme. Izločajo snovi, ki so lepljive oz. mrežaste ali pa elektrostatično delujejo tako, da omogočajo vezavo organskih in anorganskih snovi in delcev, ki jih nato skupaj z mikroorganizmi spremenijo oz. razgradijo. Iz

MOZAIČNOST – GRAJENI EKOSISTEMI PRIPOMOREJO H TVORBI HABITATOV, TOREJ VEČJI MOZAIČNOSTI KRAJINE

Poleg razbremenjevanja vode grajeni ekosistemi nudijo možnost razvoja novih habitatov (živiljskih okolij) oz. ohranitev že obstoječih habitatov. Gre za vodna okolja grajenih ekosistemov, ki nudijo živiljski prostor številnim organizmom, npr. dvoživkam, pticam, žuželkam...

S tem prispevajo k večji mozaičnosti krajine, torej večji habitatni strukturiranosti kar ima vsestranske dobrodejne stabilizacijske učinke,

vode privzemajo anorganska hranila (amonij, nitrat, fosfor) za svojo rast in s tem zmanjšujejo njihove koncentracije v vodi. Prav tako z rastjo vežejo ogljik in ga zmanjšajo v ozračja. Rastline tudi preko korenin v podlago dovajajo kisik ter s tem omogočajo potek aerobnih procesov razgradnje.).

V takih sistemih se večinoma uporablja **navadni trst** (*Phragmites australis*), koristne in dobrodošle pa so tudi druge rastline, ki jim takšno (vlažno) okolje ustreza. S tem se poveča živiljska pestrost kulturne krajine in iz tega sledede dobrobiti.

Grajeni ekosistemi so mesto naselitve **višjih nevretenčarskih organizmov** (poenostavljeno razni »črvi, bavci in ostala mrgolazen« - maloščetinci, ličinke žuželk, rakci). Ti igrajo pomembno vlogo, saj so **izredno učinkoviti pri razgradnji organskih snovi** v vodi in sedimentu. Nekateri živijo tudi v razmerah z nizkimi koncentracijami kisika (npr. maloščetinci iz rodu *Tubifex*) ter tako preprečujejo gnitje na dnu, kar je zelo ugodno – pri gnitju nastale snovi so toksične za skoraj vse organizme in slabšajo delovanje ekosistemov, tudi grajenih.

tudi na kmetijsko proizvodnjo, ter krajino nasploh. Zato se na prvi pogled nesmotrno namenjanje prostora takšnim strukturam tudi ekonomsko splača.

Grajeni ekosistemi poleg drugih funkcij prispevajo k ponovnemu večanju mozaičnosti Slovenije, ki je po njej nekoč že slovela. Takšni habitat lahko pomembni tudi za živalstvo, npr. dvoživke, vodne nevretenčarje...

NAMENJENI SO RAZBREMENJEVANJU VODE, KI JE OBREMENJENA Z BREMENI IZ RAZPRŠENIH KMETIJSKIH VIROV

Odcedna voda s kmetijskih površin je pogosto obremenjena do te mere, da ob izpustu v vodotok povzroči poslabšanje ekološkega stanja zaradi preobremenitve, predvsem s hranili, tako organskimi kot anorganskimi. Organske snovi povzročajo pretirano porabo kisika in anoksične razmere. Anorganske snovi pa pretirano rast alg in rastlin ter nato porabljanje kisika ob njihovem razkroju.

Preobremenjena voda s tem ob takojšnjem izpustu povzroči zmanjšanje živiljske pestrosti, produktivnosti in uporabnosti vodnega okolja in same vode.

Z meritvami smo spremljali učinkovitost delovanja štirih grajenih ekosistemov. Kot merilo smo izbrali pet parametrov:

TSS

(»Total Suspended Solids« - torej vsi lebdeči delci) nam opisuje, kakšna količina neraztopljenih, trdih delcev, anorganskih ali organskih, je v vodi. Ti delci naredijo vodo motno, neprosojno, nebistro in neugodno vplivajo na življenje v vodnem okolju, saj se usedajo na prerast in slabšajo njeno delovanje – jo »dušijo«; isti učinek pa imajo tudi na ostale drobne vodne organizme. S tem se ob pretirani vsebnosti TSS v vodi zmanjšuje samočistilna sposobnost oz. produktivnost vodnega ekosistema.

KPK

(kemijska potreba po kisiku) nam pove, koliko kisika bi bilo potrebnega za razgradnjo vseh organskih snovi, ki so v vodi. Več kot ga je potrebnega, bolj se koncentracija kisika v vodnem okolju niža in pogoji za življenje se slabšajo. Organske snovi vodi dajejo barvo, ki pa je še vedno bistra oz. prosojna. Organske snovi se razgradijo v čistilnih gredah oz. jih razgradijo mikroorganizmi iz prerasti.

Amonij (NH₄)

je prvi razgradni produkt beljakovin in je neposredno strupen za večino organizmov, zato mora biti njegova količina v vodi čim manjša. Mikroorganizmi iz prerasti razgrajujejo oz. spreminjajo amonij v nitrit in nato nitrat.

Nitrat (NO₃)

je hranilo za fotosintetske organizme, alge in rastline,

ki se v vodi z veliko nitrata bujno razvijajo. Ob njihovem propadu in razkrajanju se porablja kisik in pogoji za življenje v vodi se slabšajo. Nitrat se razgrajuje v procesih denitrifikacije, ki poteka v okolju, kjer je koncentracija kisika že zelo nizka. Takšno okolje je npr. v čistilnih gredah s pod površinskim tokom. Tu voda teče pod površino dalj časa, kisika zmanjka in namesto njega mikroorganizmi za dihanje porabljajo nitrat, ki ga spremenijo v plinasti dušik (N₂), ki gre v ozračje. Del nitrata se odstrani tudi s tem, da ga za rast porabljajo rastline v grajenem ekosistemu. S košnjo rastlin se ga lahko pridobi in ponovno koristno uporabi (krma, kompostiranje, bioogljje ...).

Fosfat (PO₄)

je hranilo za fotosintetske organizme, alge in rastline, ki se v vodi z veliko fosforja bujno razvijajo. Ob njihovem propadu in razkrajanju se porablja kisik in pogoji za življenje v vodi se slabšajo. Fosforjeve spojine so manj topne od dušikovih in se jih po navadi znaten del veže na trde oz. neraztopljene delce (količino teh opisuje dejavnik TSS). Skupaj s trdnimi delci se tako v sedimentacijskem bazenu ustavi in iz vode odstrani precej fosforja. Velik del fosforja se odstrani tudi tako, da ga za rast porabljajo rastline v grajenem ekosistemu. S košnjo rastlin se ga lahko pridobi in ponovno koristno uporabi (krma, kompostiranje, bioogljje ...).

Tabela na naslednji strani prikazuje učinkovitost oz. delež odstranjevanja bremen v do sedaj izgrajenih grajenih ekosistemih. Prikazane vrednosti na določenem mestu so povprečje več meritev. Koncentracija merjenih snovi se v GREKO zmanjšuje in voda na iztoku je s temi dejavniki bistveno manj obremenjena kot vtočna voda.

V vseh primerih se je zmanjšala količina trdih delcev v vodi (TSS), učinkovitost pa je bila precej podobna. Za odstranjevanje tega bremena je bil učinkovit že prvi del grajenega ekosistema, t.j. sedimentacijski bazen.

Opazno je, da se vrednosti parametrov v vseh primerih ne zmanjšajo in se torej ne

odstranjujejo vedno. Prav tako pa je očitno, da so v teh primerih vrednosti parametrov razmeroma nizke.

Treba je poudariti, da to ni problematično, saj so v teh primerih že vtočne (kot tudi iztočne) vrednosti bolj ali manj v okviru običajnih vrednosti za takšno vodno okolje. Vrednosti teh parametrov tudi v naravi v času in prostoru nihajo, bistveno za zdravje (ravnotežje) ekosistema oz. pokazatelj tega pa je, da ostajajo v določenih okvirih in se razgrajujejo ter porabljajo približno enako hitro, kot nastajajo.

Le ko so vrednosti parametrov bistveno povečane (kot je v primeru Jabelj),

je njihovo odstranjevanje nujno za preprečitev hujšega poslabšanja stanja okolja. V primerih velikega obremenjevanja ima to največji negativni vpliv na okolje in učinkovitejše zmanjšanje tega velikega bremena bistveno bolj pozitivno vpliva na okolje kot pa zmanjševanje že tako ne previsoke vrednosti parametrov.

Parameter oz. dejavnik	Enota	Lokacija	Število doslej opravljenih meritev	VTOK (povprečna vrednost vseh meritev)	IZTOK (povprečna vrednost vseh meritev)	Učinkovitost [%]
KPK	mg/L	Jablje	4	13718	1299	91
		Ponikva	3	24,5	11,1	55
		Tešanovci	3	14,4	11,4	21
		Ardro	2	3,22	7,9	/
TSS	mg/L	Jablje	4	48,3	27,7	43
		Ponikva	3	560	210	63
		Tešanovci	3	12	14	/
		Ardro	2	5	7	/
N-NH ₄ ⁺	mg/L	Jablje	4	117	26,2	78
		Ponikva	3	0,26	0,18	31
		Tešanovci	3	0,38	0,36	5
		Ardro	2	0,125	0,135	/
N-NO ₃ ⁻	mg/L	Jablje	4	17,5	6,05	65
		Ponikva	3	2,3	4,37	/
		Tešanovci	3	2,73	2,73	/
		Ardro	2	0,25	0,1	60
P-PO ₄ ³⁻	mg/L	Jablje	4	67,4	18,1	73
		Ponikva	3	0,15	0,23	/
		Tešanovci	3	0,42	0,63	/
		Ardro	2	0,3	0,22	25

KJE JE GRAJENE EKOSISTEME SMISELNO UPORABLJATI?

Uporabni so le na območjih z nepropustno geološko podlago, kjer vode odteka površinsko.

Do zdaj se je izkazalo, da so grajeni ekosistemi posebej učinkoviti za odstranjevanje organskih snovi in trdih delcev (parametri KPK, N-NH_4^+ in TSS), nekoliko manj pa za N-NO_3^- ter P-PO_4^{3-} .

To napeljuje na misel, da bi jih bilo najbolj smiselno uporabljati v primeru, kjer se pojavlja večje spiranje organskih snovi. To so živinorejski obrati (takšen primer so Jابلje) in njim pripadajoče površine (pašniki, travniki, njive) ter tiste njivske površine, kjer se uporabljajo večje količine organskih gnojil (gnojnica).

IZGRADNJA GRAJENEGA EKOSISTEMA

GREKO so umeščeni v obstoječe melioracijske oz. osuševalne oz. drenažne **järke**. V preteklosti je bila njihova izgradnja pomemben ukrep za doseganje odvajanja vode s kmetijskih površin. Danes vemo, da se s temi ukrepi le hitro odvaja vodo in se v končne sprejemnike

Po dosedanjih ugotovitvah je umeščanje grajenih ekosistemov toliko bolj smiselno, kolikor večje so obremenitve na lokaciji.

Bolj kot je obremenjena voda na začetku, večja je učinkovitost odstranjevanja oz. se odstrani večji relativni delež bremena.

Onesnaženje je toliko nevarnejše oz. vplivnejše, kolikor je intenzivnejše – višje kot so vrednosti oz. koncentracije bremen, večji del okolja je obremenjen z nevtralizacijo bremen. Če se bo v prihodnosti izkazalo, da to drži, je to zelo dober razlog za širšo uporabo grajenih ekosistemov predvsem tam, kjer so obremenitve, predvsem z organskimi snovmi, izrazitejše.

(vodotoke in vodna telesa) vnaša velike količine sedimenta ter hranil iz obdelovalnih površin. Obstoječi drenažni jarki so zato predelani v grajene ekosisteme tako, da se poveča njihova samočistilna sposobnost.

Slika 2: Ravno kar dokončan grajeni ekosistem, dne 10. 12. 2020. Prvi je sedimentacijski bazen (sredina slike), sledi odsek umetnega meandriranja s košarami, na koncu je čistilna greda; Jابلje (Limnos, 2020).



Slika 3: Izgradnja grajenega ekosistema; od leve sedimentacijski bazen, odsek umetnega meandriranja, čistilna greda; Meja Šentjur, Ponikva (Limnos 2020)

Nihanje gladine vode v grajenem ekosistemu **ni težava**, ampak je celo dobrodošlo. Znižanje gladine vode namreč omogoči prezračenje vseh delov sistema, tudi notranjosti gred in dna. S tem se razgradijo organske snovi, ki se zaradi potopljenosti in pomanjkanja kisika še niso bile razgradile. Tako se izboljša prepustnost in življenjska doba grajenega sistema.

Zelo pomembno je razumeti, da je pri gradnji in uporabi takšnih struktur natančno dimenzioniranje in upoštevanje dimenzij drugotnega pomena.

Bistveno je razumeti osnovne pogoje, ki se jih želi s posamezno strukturo grajenega ekosistema doseči oz. ustvariti. Konkretna dimenzija in velikost sistema se nato prilagaja konkretni lokaciji, velikosti prispevne površine in obremenitvam, ki so prisotne ter obstoječim možnostim za izgradnjo. Seveda velja tudi enostavno naravno načelo – večji kot bo sistem, večja bo učinkovitost, večja bo odpornost sistema na spremenljivost pogojev (pretok, obremenitev) oz. puferska sposobnost. Po potrebi in možnostih pa je grajene ekosisteme zelo enostavno nadgrajevati oz. večati. Zato v skicah večinoma niso podane konkretne dimenzije, ampak približne dimenzije. Bolj je poudarjeno, kakšne razmere se želi v določeni strukturi vzpostaviti.

Grajeni ekosistemi so bolj ali manj preraščeni z rastlinami, ki posredno in neposredno zelo pripomorejo k učinkovitosti sistema in se jih mora zato smatrati za zelo pomemben del grajenega ekosistema. V elementih, kjer je

prisotna površinska voda (npr. sedimentacijski bazen), se na delu strukture odstranjuje rastline, saj je neposredno obsevanje vode del procesa razbremenjevanja. Ob obsevanju s svetlobo npr. razpadajo nekatere težko razgradljive organske snovi. Alge, ki uspevajo svetlih delih, prav tako doprinešajo k raznolikosti procesov in s tem učinkovitosti sistema.

Najpogostejše je sistem zasajen z navadnim trstom (*Phragmites australis*). To je zelo bujno rastoča rastlina, zato je njen prispevek h učinkovitejšemu opravljanju procesov večji. Sicer pa so koristne katerikoli avtohtone rastline, ki jim okolje grajenega ekosistema ustreza in se v njem naselijo. Večja kot je pestrost rastlin, večja je vrednost sistema v smislu mozaičnosti krajine, torej omogočanja in ohranjanja pestrosti vrst in življenjskih okolij.

Sistem grajenega ekosistema je po navadi sestavljen iz več različnih (pod)delov oz. struktur - gred. Vsak del je zasnovan tako, da pogoji v njem omogočajo nekoliko intenzivnejše izvajanje prav določene funkcije. Tako je npr. glavna funkcija sedimentacijskega bazena zadrževanje trdih delcev, da ne mašijo nadaljnjih struktur, saj je prepustnost zelo pomembna za učinkovito delovanje.

Glavni oz. najpogostejše uporabljani deli so naslednji strukturni elementi:

sedimentacijski bazen, čistilna greda s površinskim tokom, čistilna greda s podpovršinskim tokom, odsek umetnega meandriranja in dvostopenjska greda.





9



Slika 7: Grajeni ekosistem 2 meseca po izgradnji, levo sedimentacijski bazen, desno čistilna greda; Ponikva (Limnos 2020)



ČISTILNA GREDA S PODPOVRŠINSKIM TOKOM VODE

je dejansko oz. deluje po principu **rastlinske čistilne naprave s horizontalnim tokom vode** skozi substrat, preraščen z rastlinami. Glavna lastnost je zelo velika površina (pesek, korenine), ki je na voljo za razvoj prerasti mikroorganizmov. Intenzivnost procesov oz. **učinkovitost razbremenjevanja je zato zelo velika.**

Jarek je napolnjen s peskom - najbolj apnenčev lomljenec, lahko tudi gramoz, lomljeni opečni zidaki votlaki ipd. Nasutje sega do take višine, da običajna gladina vode ne presega vrha grede. Tako je zagotovljen podpovršinski tok vode. Dolžina grede je vsaj 20m. Če razmere dopuščajo, je bolje še več in v teh primerih je gredo priporočljivo razdeliti v več delov, med katerimi so krajši odseki

(5-10 metrov) gred s površinskim tokom. Pesek primerne debeline je večjih frakcij, npr. 32/64 mm oz. podobno, da je sistem čimbolj prepusten in odporen na zamašitev in se olajša vzdrževanje. Po celotni gredi so posajene sadike navadnega trstičevja (*Phragmites australis*). V gredi nastanejo pogoji, ki ustrezajo tudi denitrifikacijskim bakterijam. V njih je koncentracija kisika tako nizka, da te bakterije namesto kisika za dihanje porabljajo nitrat in tako nižajo njegovo koncentracijo v vodi.

S kombinacijo obeh tipov čistilnih gred oziroma elementov grajenih ekosistemov, lahko v znatni meri odstranjujemo dušik - amonij (pretvori se v nitrat – v gredah s površinskim tokom) in nitrat (pretvarja se v plinasti dušik).

Slika 8: Prečni prerez grede s podpovršinskim tokom



Slika 9: Grajeni ekosistem, odsek z umetnim meandriranjem, prvo leto po izgradnji, Jablje, 11. 5. 2021 (Limnos 2021).

ODSEK MEANDRIRANJA

sestavljajo prečni objekti, **odbijači**, ki vodo prisilijo, da meandira. Preusmerjajo **tok vode** stran od brežine, ga pospešujejo in **vrtinčijo** ter na ta način mešajo vodo in jo bogatijo s kisikom.

Odsek umetnega meandriranja v osnovi deluje predvsem po principu čistilne grede s površinskim tokom vode, delno pa tudi grede s podpovršinskim tokom. Ustvarjen je tudi pestrejši vodni habitat, ki prispeva k povečanju biodiverzitete, saj odbijači toka jarku povrnejo osnovne funkcije in preprečujejo monotonost toka in s tem različne habitate. Sčasoma bodo za odbijači naravno nastali manjši tolmoni za počivališče in skrivališče organizmov.

Gramozni odbijači so gabioni (samostoječe mrežaste košare) napolnjene s peskom večjih

frakcij (32/64 mm). Prečno po celotni širini se lahko postavi še dodatno košaro, ki prestreže grobe delce pred vtokom vode v čistilno gredo s podpovršinskim tokom vode. Uporaba košar ni nujna. Odbijači so lahko oblikovani naravno, kot nekatere peščine oz. kupi peska, ki segajo z ene strani jarka proti drugi strani. Končajo se na dnu, približno 1/4 širine struge pred nasprotnim bregom.

Število odbijačev na odseku z meandriranjem ni natančno določeno. Več kot jih je, večja je učinkovitost sistema. Pri gradnji dosedanjih sistemov (npr. na Ponikvi, v Jabljah) se je postavilo pet odbijačev. Če prostor dopušča, pa jih je priporočeno postaviti še več.

Slika 10: Prečni prerez odseka z meandriranjem



DVOSTOPENJSKI DRENAŽNI JAREK

je preoblikovanje obstoječega melioracijskega jarka v terase, ki so poraščene in služijo kot poplavne ravnice na vsaki strani globljega osrednjega dela struge. V dvostopenjskem jarku se v času večjih pretokov energija površinskega odtoka razprši, kar preprečuje erozijo brežin. S tem se izboljša stabilnost in kakovost vode obstoječega kanala.

Slika 12: Sedimentacijski bazen (na sliki spodaj), sledi dvostopenjski jarek, nato čistilna greda s površinskim tokom vode.



Slika 9: Prečni prerez odseka z meandriranjem



Izdelovanje grajenih ekosistemov je v Sloveniji še v povojih. Zato še ni povsem natančno znano, kakšne strukture ter v kakšnem zaporedju in razmerju bodo najbolj učinkovite in praktične za uporabo.

Grajeni ekosistem, sestavljen iz sedimentacijskega bazena, odseka z meandriranjem in čistilne grede s podpovršinskim tokom se je do sedaj izkazal kot najbolj učinkovit, zato je predstavljen na slikah celotnega grajenega ekosistema.

Učinkovitost sistema je še večja, če si zaporedoma sledi več čistilnih gred s podpovršinskim in s površinskim tokom vode. Greda s podpovršinskim tokom se torej razdeli na več krajših gred, med katerimi so krajši odseki gred s površinskim tokom vode. Voda se lahko navzame kisika in tako si večkrat zaporedoma sledijo okolja z več in z manj kisika, kar poveča učinkovitost razbremenjevanja vode.



Slika 13: Tloris grajenega ekosistema, pri katerem si sledijo usedalnik, nato odsek meandriranja in na koncu čistilna greda s podpovršinskim tokom vode.

VZDRŽEVANJE

PRIMERNA GOSTOTA RASTLIN

Greda s podpovršinskim tokom naj bodo **zaraščene najgosteje**.

Grede s površinskim tokom (sedimentacijski bazen, greda s površinskim tokom vode, greda z meandriranjem, dvostopenjski jarek) pa naj bodo **zasajene redkeje in neenakomerno**. Na nekaterih delih naj sončna svetloba sije na vodo. Dobro merilo za dovoljšno osvetljenost je prisotnost zmerne količine alg v teh delih. To omogoča večjo vrstno pestrost grajenega ekosistema in s tem tudi večjo učinkovitost.

REDNO LETNO ODSTRANJEVANJE RASTLINSKE BIOMASE

Rastline oz. njihove **suhe ostanke** je smiselno vsako leto **delno odstranjevati**, in sicer **pozimi**, pred začetkom nove rastne dobe. Najbolj praktično je to opravilo takrat, ko je na površini led ali je jarek suh. Pozimi pokošeno biomaso, ki vsebuje relativno malo hranil, je najbolj smotrno uporabiti za bioogljje in porabiti na bližnjih kmetijskih površinah. Biomaso se lahko

uporabi tudi za ogrevanje, za zastirko ipd. Za ohranjanje življenjske pestrosti je treba **del suhih rastlin pustiti neodstranjen**, saj so tudi suha stebela pozimi koristno življenjsko okolje – npr. mnoge žuželke prezimujejo v votlih steblih, ptice in druge živali med suhimi stebli najdejo zavetišče pred zimskimi razmerami, skrivališče in počivališče itd. Nato se naslednje leto trst odstranjuje na tem delu, da se ne nabere preveč odmrle biomase, ki lahko slabi pretočnost sistema.

Če se **rastline** na delu grajenega ekosistema **razrastejo preveč** (pregosto), in se želi njihova količina zmanjšati oz. razredčiti, se jih kosi ali izpuli prej v sezoni. Kosi se poleti (maj, junij), saj se s košnjo med rastno dobo slabi intenzivnost rasti. Rez trstičja pod vodno gladino še posebno oslabi rastline. Sveže trstičje je zelo uporabno kot krma za živino, uporabi pa se ga lahko tudi za druge namene (kompostiranje, zastirka ...).

Še enkrat naj poudarimo, da se poleti rastline odstranjuje le na tistih delih, kjer so pregoste. Pri tem je bolje razredčiti le en del jarka vsako leto. Nujno je potrebno upoštevati, da je priporočen čas za

redčenje sestojev tudi čas, ko je večina vrst živali v obdobju razmnoževanja in odraščanja mladih osebkov. Zato je pri tem opravilu potrebnega čim več opazovanja in občutka – če je očitno, da bi preveč motili ali škodovali prisotnim živalskim vrstam, poseg prestavimo na kasnejši čas, ali pa na drug del grajenega ekosistema. Pozorni smo na ptičja gnezda, mrest, paglavce, sluzaste kupčke na rastlinah (jajčeca raznih nevretenčarjev) in vse druge znake prisotnosti živali.

Če se tekom leta v gredah s stoječo vodo množično razvijejo **alge** (zelene nitaste alge), jih je smiselno odstranjevati. Najenostavnejše je pobiranje z grabljami. S tem se odstrani veliko hranil (dušik, fosfor), kar izboljša učinkovitost sistema. Alge so uporabne za različne namene, saj so zelo hranilno bogate. Lahko se jih uporablja za krmo (race, kure, prašiči...), kompostiranje, gnojenje, zastiranje, bioogljje... Najenostavneje jih je samo odložiti na bližnjo njivo, kjer so dobrodošlo organsko gnojilo.

Podobno kot z algami se ravna z **vodno lečo** (*Lemna sp.*), ki se včasih čez poletje v takšnih habitatih močno razraste na površini vode. Je

izredno **bogata z beljakovinami** in zato **zelo kvalitetna krma** za živali.

ODSTRANJEVANJE SEDIMENTA

V usedalniku se sčasoma nabere **sediment**, ki se ga odstranjuje. Tudi v tem primeru je boljše delno odstranjevanje sedimenta skozi daljše obdobje, torej »vsako leto po malem«. Mulj se odstranjuje v sezoni mirovanja, torej pozimi. Mulj je bogat s hranili, zato ga je najbolj smiselno uporabiti na bližnjih kmetijskih površinah kot gnojilo.

Če se sčasoma zamuljijo grede s podpovršinskim tokom, je potrebno substrat (pesek) izkopati in presejati s pri. To je lažje, če izkopen nekaj časa leži pospravljen v kupih, da se osuši in postane trdnější, ne pa lepljiv kot je mulj.

Nikoli ne izkopljemo vsega substrata grede naenkrat! Naenkrat izkopljemo do polovico grede, ostali del pa še naprej opravljamo funkcijo. Ko pesek presejemo, ga vrnemo v gredo in zasadimo z rastlinami. Pri tem uporabimo korenike rastlin, ki smo jih nabrali v izkopanem substratu.



Slika 14: Zelene nitaste alge (na levi strani) v grajenem ekosistemu. Takšna gostota, kot je na sliki, ima pozitivne učinke. Negativni se začnejo kazati takrat, ko se zaradi velike gostote začne bistveno manjšati mešanje in pretakanje vode. Če se razvijejo v še večjih količinah, kot je vidno na sliki, jih je koristno del odstranjevati.

Več o projektu:



Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta



RAZVOJNA AGENCIJA
KOZJANSKO
ljudje, znanje, razvoj.



Kmetijska gospodarstva Dejan Kücan, Andrej Grabnar, Majda Veselic