

dr. Alenka ŠAJN SLAK *

dr. Nataša SMOLAR-ŽVANUT *

prof. dr. Danijel VRHOVŠEK*

mag. Aleksandra KRIVOGRAD KLEMENČIČ*

EKOMORFOLOŠKE STROKOVNE PODLAGE IN IDEJNE REŠITVE Z EKOREMEDIACIJO V ZGORNJEM POVODJU LEDAVE

POVZETEK

V članku so predstavljeni delni rezultati projekta Interreg IIIA (Slovenija – Avstrija) kjer so bile na osnovi ekohidroloških podlag izdelane idejne rešitve za ekoremediacijo (ERM) v zgornjem povodju Ledave. Reka Ledava in potok Lukaj sta onesnažena z organskimi snovmi, s spojinami dušika – predvsem amonija in s fosfati. Pojavljajo se tudi obremenitve s pesticidi. Glede na vrednost saprobnega indeksa smo oba vodotoka v letu 2006 uvrstili v 2. kakovostni razred oziroma beta mezosaprobnostno stopnjo. Po indeksu RCE spada Ledava na posameznih odsekih v III. do IV. razred, potok Lukaj pa v III. do V. razred, kar kaže na morfološko obremenjenost teh vodotokov. Ledavsko jezero kaže na močno eutrofnost stanje. Vzrokov za tako stanje je več: regulacije v preteklih obdobjih, intenzivna kmetijska dejavnost in neprečiščene odpadne vode. V članku so predlagani ekoremediacijski ukrepi za blažitev teh obremenitev.

1. UVOD

V letih 2006 in 2007 smo v okviru projekta Interreg III A (Slovenija-Avstrija) z naslovom: »Strokovne podlage za načrt urejanja Ledave in jezera« izdelali ekohidrološke strokovne podlage in idejne rešitve za ekoremediacijo v zgornjem povodju Ledave.

Reka Ledava izvira v Avstriji kot Lendva Bach. Ko se ji z leve pridruži mejni Klavžni potok, doseže Slovenijo med vasema Serdica in Sotina, ter nadaljuje pot proti jugu kot Ledava. V Ropoči se skupaj z Lukaj potokom izlije v umetno ustvarjeno Ledavsko jezero. Edini iztok Ledavskega jezera je v Kraščih spet Ledava. Kmalu za tem se tok obrne proti jugovzhodu, kjer z večinoma levimi pritoki teče skozi Mursko Soboto in Lendavo. Ko se ji z leve pridruži največji pritok Velika Krka, svojo pot konča kot levi pritok Mure.

Obravnavano območje, to je reka Ledava s pritoki nad Ledavskim jezerom in jezero samo, ležijo v zavarovanem območju Krajinskem parku Goričko. Območje je tudi del evropskega omrežja Natura 2000 po ptičji in habitatni direktivi. Žal je ekološko stanje vodotokov tu slabo, vzrokov za to pa je več: regulacije v preteklih obdobjih, intenzivna kmetijska dejavnost in neprečiščene odpadne vode.

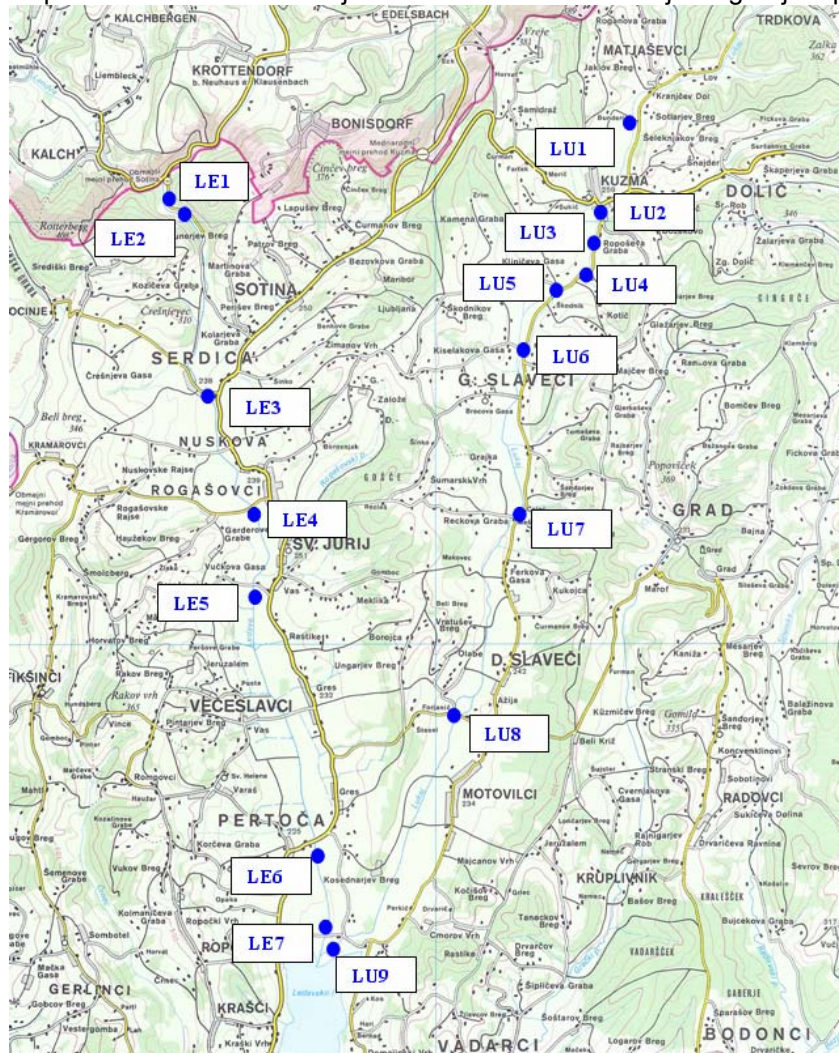
2. METODE DELA

Analizirali smo osnovne hidrološke, biološke in fizikalno-kemijske podatke o Ledavi, Lukaju in Ledavskem jezeru ter zbrali podatke o točkovnem in razpršenem onesnaževanju. Na Ledavi in Lukaju smo ocenili morfološko stanje vodotoka (ekomorfološko kartiranje na osnovi indeksa RCE), vzorčevali fitobentoške alge, merili osnovne fizikalne in kemijske parametre ter opravili analizo bilance hranilnih snovi.

* dr. Alenka ŠAJN SLAK univ.dipl.biol., dr.Nataša SMOLAR-ŽVANUT univ.dipl.biol.,prof. dr. Danijel VRHOVŠEK, univ.dipl.biol., mag. Aleksandra KRIVOGRAD KLEMENČIČ, univ.dipl.biol. Limnos, podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o., Podlimbarskega 31, Ljubljana;

Na vodotoku Ledava smo izbrali 6 mest, ki si sledijo vzdolž toka od meje z Avstrijo do izliva v Ledavsko jezero (LE1 do LE6). Preiskovani mesti LE1 in LE6 sta bili hkrati tudi odvzemni mesti za alge, na preiskovanih mestih LE1, LE4, LE5 in LE6 smo izvedli RCE analizo. Preiskana mesta na vodotoku Lukaj si sledijo vzdolž toka od izvira do izliva v jezero (LU1 do LU9). Preiskovani mesti LU1 in LU9 sta bili hkrati tudi odvzemni mesti za alge, na preiskovanih mestih LU1, LU4, LU7 in LU9 smo izvedli RCE analizo.

Na osnovi zbranih podatkov smo izdelali idejne rešitve za ekoremediacije v zgornjem povodju Ledave.



Slika 1: Odvzemna mesta na Ledavi in potoku Lukaj

3. REZULTATI

3.1. Stanje vodotokov in jezera

Redni monitoring MOP-ARSO in dodatne analize so pokazale, da sta reka Ledava in potok Lukaj onesnažena z organskimi snovmi, s spojinami dušika – predvsem amonija in s fosfati. Pojavljajo se tudi obremenitve s pesticidi.

V vodotoku Ledava smo na obeh odvzemnih mestih skupaj določili 49 različnih taksonov alg, od tega na odvzemnem mestu LE1 29 in na odvzemnem mestu LE6 32. Prevladovale so kremenaste alge, sledile so zelene alge in cianobakterije. Najpogosteje se je pojavljala kremenasta alga *Melosira varians*, za katero je značilno da se masovno pojavlja v plitvih, počasi tekočih, nižinskih vodotokih, kjer prerašča dno v obliki dolgih rjavih nitastih kosmov. Med kremenastimi algami je bilo prisotnih veliko taksonov značilnih za evtrofne vode s povišano elektroprevodnostjo: *Navicula gregaria*, *Cyclotella meneghiniana*, *Caloneis amphibaena*, *Navicula viridula*, *Nitzschia sigmoidea* in *Nitzschia tubicola*. Na

obeh odvzemnih mestih je bila prisotna tudi *Nitzschia palea*, ki je indikatorska vrsta za organsko onesnažene vode (alfa-mezosaprobna do polisaprobna stopnja onesnaženja), strpna pa je tudi do različnega industrijskega onesnaženja. Na obeh odvzemnih mestih prevladujejo indikatorji beta mezosaprobne stopnje. Tudi glede na vrednost saprobnega indeksa spada vodotok Ledava na obeh odvzemnih mestih v 2. kakovostni razred oziroma beta mezosaprobno stopnjo.

V vodotoku Lukaj smo na obeh odvzemnih mestih skupaj določili 26 različnih taksonov alg, od tega na odvzemnem mestu LU1 12 in na odvzemnem mestu LU9 18. Prevladovale so kremenaste alge, sledile so cianobakterije in Zygnematophyceae. Vsi taksoni so se pojavljali le posamično, razen kremenaste alge *Nitzschia linearis*, ki je bila pogosta na odvzemnem mestu LU9. Prisotne so bile vrste značilne za eutrofne vode s povišano elektroprevodnostjo: *Navicula gregaria*, *Navicula protracta* in *Nitzschia acicularis*. Na obeh odvzemnih mestih je bila prisotna tudi kremenasta alga *Nitzschia palea*. Na odvzemnem mestu LU1 prevladujejo med vrstami indikatorji beta mezosaprobne stopnje, na odvzemnem mestu LU9 pa indikatorji betamezo alfamezosaprobne stopnje. Glede na vrednost saprobnega indeksa spada vodotok Lukaj na obeh odvzemnih mestih v 2. kakovostni razred oziroma v beta mezosaprobno stopnjo.

Glede na vrednost saprobnega indeksa spadata vodotoka Ledava in Lukaj na obeh odvzemnih mestih dne 19.10.2006 v 2. kakovostni razred oziroma beta mezosaprobno stopnjo.

Ekomorfološko kartiranje je pokazalo, da spadata odseka LE1 (197) in LE4 (188) na vodotoku Ledava po indeksu RCE v III. kakovostni razred, kar pomeni, da je stanje vodotoka na teh dveh mestih dobro, potrebni so le manjši ukrepi. Odseka LE5 (127) in LE6 (108) spadata v IV. kakovostni razred, kar pomeni da je stanje vodotoka na teh dveh odsekih le še zadovoljivo, potrebni so večji ukrepi.

Glede na vrednosti Indeksa RCE (107) sodi odsek LU1 na vodotoku Lukaj v IV. kakovostni razred, kar pomeni, da je stanje vodotoka zadovoljivo, v strugi in okoli nje so potrebni večji ukrepi. Glede na vrednosti Indeksa RCE (35) spada odsek LU4 v V. kakovostni razred, kar pomeni, da je stanje vodotoka nezadostno in je potrebna popolna prenova rečnega koridorja. Odseka LU7 (184) in LU9 (184) spadata v III. kakovostni razred, stanje vodotoka je na teh dveh odsekih dobro, potrebni so le manjši ukrepi.

Tabela 2: Vrednost Indeksa RCE na posameznih odsekih v Ledavi in Lukaju.

odsek	skupno število točk	razred	stanje vodotoka	priporočljivi ukrep
LE1	197	III	dobra	potrebni so manjši ukrepi
LE4	188	III	dobra	potrebni so manjši ukrepi
LE5	127	IV	zadovoljiva	potrebni so večji ukrepi
LE6	108	IV	zadovoljiva	potrebni so večji ukrepi
LU1	107	IV	zadovoljiva	potrebni so večji ukrepi
LU4	35	V	nezadostna	popolna prenova rečnega koridorja
LU7	184	III	dobra	potrebni so manjši ukrepi
LU9	184	III	dobra	potrebni so manjši ukrepi

Ledavsko jezero se po OECD kriterijih uvršča med hiperevtrfna jezera (vir ARSO). Eutrofno in hiperevtrfno stanje se izkazuje tudi na nivoju primarnih producentov. V jezeru so prisotne cianobakterije in v poletnem času je prihajalo tudi do cvetenja le-teh. Dejstvo je, da stanje jezera slabo in da so ukrepi za njegovo zaščito in sanacijo nujni.

Osnovna funkcija jezera, ki je bilo zgrajeno leta 1975, je zadrževanje vode in s tem obvarovanje nižje ležečih krajev, med njimi tudi mesta Murska Sobota pred poplavami. Osnovni rabi so se pridružile še druge, t.i. sekundarne rabe. Ledavsko jezero je zanimivo z naravovarstvenega stališča. Posebno vtok v jezero predstavlja raj za ornitologe. Najpogosteje srečamo race mlakarice, liske, sivke, labode, čaplje, rečne galebe, čopaste črnicice, zelenonoge tukalice, čopaste ponirke... Našteli so blizu 25 različnih vrst ptic. Priča ohranjenosti narave in lepih okoliških gozdov so prostoživeče lisice, jeleni, srne in divji zajci, obiskovalec jezera in okoliških potokov je tudi vidra.

Na Ledavskem jezeru je razvit športni ribolov, regionalni razvojni plani pa predvidevajo tudi razvoj turizma. Ob planiranju rabe prostora in postavljanju razvojnih ciljev se je potrebno zavedati, da je raba jezera (tudi če je to objezerski turizem) močno odvisna od njegovega stanja. Zato je s preventivnimi in

sanacijskimi ukrepi najprej potrebno poskrbeti za boljše ekološko stanje jezerskega ekosistema. Predlog ekoremediacijskih ukrepov podajamo v naslednjem poglavju.

V nalogi smo identificirali in kvantificirali tudi vire onesnaženja. Največji del slovenskega povodja Ledave do pregrade na jezeru zavzemajo njive in vrtovi (41%), sledita jim gozd (34%) in travniki (12%). Pri oceni izpiranja hranilnih snovi s kmetijskih površin smo uporabili standarde po Jorgensenu (1980). Po pričakovanju se največ dušika in fosforja izpere s pridelovalnih površin (36 ton N in 2,6 ton P na leto). Na podlagi podatkov Statističnega urada RS o vrsti živine (Popis kmetijskih gospodarstev v RS v letu 2000) smo izračunali potencialno obremenitev okolja zaradi neprečiščenih komunalnih odpadnih voda in zaradi vzreje živine. Privzeli smo, da 1 PE letno prispeva v okolje 4,56 kg dušika in 1,095 kg fosforja. V opisanem primeru je letna obremenitev Ledave 184,6 ton dušika in 44,3 ton fosforja.

3.2. Predlogi za izboljšanje stanja z uporabo ekoremediacij

Kot edina učinkovita zaščita jezerskih ekosistemov in ekosistemov v vodotokih pred razpršenim onesnaženjem in eutrofikacijo se v svetu uveljavljajo ekoremediacije (ERM): močvirja na vtokih, blažilna območja na brežinah, vegetacijski pasovi ob kmetijskih območjih v zaledju, rastlinske čistilne naprave za čiščenje odpadnih voda... Tudi v zgornjem povodju Ledave bi bila implementacija ERM ekološko in ekonomsko utemeljena. V nadaljevanju podajamo idejno zasnovo imeplementacije ERM na tem območju.

Ledava je na vtoku v Slovenijo onesnažena, zato predlagamo izgradnjo obtočne struge s čistilno gredo. Na tem območju Ledavo dodatno obremenjujejo usedline iz kamnoloma.

Na celotnem povodju Ledave predstavljajo problem neprečiščene odpadne vode iz naselij, ozek obrežni pas, črna odlagališča odpadkov in neposredna bližina cest. Za ublažitev teh obremenitev predlagamo izgradnje rastlinskih čistilnih naprav za naselja, nujna je razširitev obrežnega pasu in umik kmetijske dejavnosti s tega pasu, sanacija črnih odlagališč ter sonaravna ureditev cestnih drenaž.

V spodnjem toku (pred vtokom v Ledavsko jezero) je Ledava kanalizirana, morfološki obremenitvi pa se pridružijo še obremenitve zaradi kmetijske dejavnosti. Nujna je vzpostavitev obrežnega pasu in vegetacijskih barier, predlagamo ureditev trstičnih gred v melioracijskih jarkih, reaktiviranje starih meandrov ter ERM struge in obrežnega pasu.

Za zaščito in sanacijo Ledavskega jezera pa bi izpostavili naslednje ukrepe:

a) Čiščenje odpadnih voda v zaledju: Neprečiščene komunalne odpadne vode v vodotoke in v jezero vnašajo hranilne snovi (dušikove in fosforjeve spojine), ki so generatorji eutrofikacije. Proces eutrofikacije potekajo v zadrževalnikih veliko hitreje kot v naravnih jezerih, kar je ob definiranju uporabe zadrževalnikov in gospodarjenja z njimi potrebno upoštevati.

b) Izgradnja ekoremediacij na dotoku in na brežinah jezera: V ERM potekajo učinkoviti samočistilni procesi, zato so lahko učinkovito orodje za zaščito jezera pred razpršenim onesnaženjem. ERM pa imajo poleg zmanjševanja onesnaževanja še številne druge zelo pomembne učinke kot so:

- utrjevanje brežine in zmanjševanje erozije,
- ustavljanje sedimentov,
- povečanje infiltracije in zadrževanja vode,
- obnavljanje in ustvarjanje ekosistemov in večanje biološke diverzitete.

c) Odstranitev sedimenta oz. spiranje: Problem Ledavskega jezera je zasipavanje s sedimenti. Problem zamuljenja v prihodnosti lahko omilimo z ekoremediacijo, obsežnim mokriščem na vtoku v jezero. Proučiti pa bi bilo potrebno tudi možnost odstranitve obstoječih sedimentov iz jezera. Učinkovita metoda sanacije je ob dejstvu, da se ob pogojih anoksije v hipolimnijski sloj sproščajo fosfati iz sedimenta, tudi spiranje sedimenta s selektivnim izpustom. Za ta ukrep bi bilo potrebno preurediti zapornični objekt in sicer tako, da bi omogočal kombiniran izpust na različnih višinah pregrade.

Pomembne obremenitve

- slaba kakovost vode
- kamnolom
- neprečiščene odpadne vode
- ozek obrežni pas
- odlagališča odpadkov
- neposredna bližina cestnih odsekov
- kmetijska dejavnost
- morfološka obremenjenost regulacija
- dotok onesnažene vode v jezero
-
- evtrofno stanje jezera



Predlagani ukrepi

- obtočna struga s trstično gredo
- trstična greda z usedalnikom
- RČN
- razširitev obrežnega pasu
- sanacija odlagališč odpadkov
- sonaravna ureditev drenaž
- obrežni pas, vegetacijske bariere
- trstične grede v melioracijskih jarkih
- reaktiviranje starih meandrov
- ekoremediacije struge in obrežnega pasu
- čiščenje odpadnih voda v zaledju
- vzpostavitev ERM na dotoku in na brežinah
- odstranitev sedimenta oz. spiranje

Slika 2: Pomembne obremenitve in predlagani ERM ukrepi v zgornjem povodju reke Ledave.

4. ZAKLJUČKI

ERM so doma in po svetu učinkovite metode za zaščito vodotokov in jezer pred razpršenim onesnaženjem. Reka Ledava od slovenske meje do izliva v Ledavsko jezero pa bi lahko postala vzorčni model za implementacijo ERM v povodja.

5. VIRI

- ARSO (2005). Monitoring kakovosti površinskih vodotokov v Sloveniji v letu 2005. Medmrežje: www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%c4%8dila/porocilo_reke_2005.pdf
- MOP-ARSO (2005). Monitoring kakovosti jezer za leto 2005. Medmrežje: www.arso.gov.si/vode/jezera/jezera_2005.pdf
- Jørgensen, S. E. (1980). Lake Management. Oxford, Pergamon Press Ltd., s. 110.
- Limnos, (2007). Ekohidrološke strokovne podlage in idejne rešitve za ekoremediacijo v zgornjem povodju Ledave. Interreg projekt III A Slovenija Avstrija.
- OECD (1982). Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control, Paris.
- Pantle R. in Buck H. (1955). Die biologische der Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas-u. Wasserfach 96, 204.
- Petersen, R. C., Jr. (1992). "The RCE: a Riparian, Channel, and Environmental Inventory for Small Streams in the Agricultural Landscape." Freshwater Biology 27: 295 - 30