



Modelovanje plavljenja u postupku revitalizacije vlažnih staništa na zaštićenom području „Bara Trskovača“

Laslo Galamboš^{a*}, Pavel Benka^b

^aUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, student doktorskih studija, Pokrajinski zavod za zaštitu prirode, Novi Sad, Srbija

^bUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad, Srbija

*Autor za kontakt: laszlo.galambos@pzzp.rs

SAŽETAK

Bara Trskovača je primer drastičnih promena prirodnih staništa izazvanih zahvatima na odvodnjavanju, koje su sprovedene u drugoj polovini 20. veka. Cilj ovih zahvata je bio dobijanje dodatnih površina za poljoprivrednu proizvodnju, što je dovelo do gotovo potpunog nestanka prirodnih vrednosti na ovom području. Nakon stavljanja područja pod zaštitu 2011. godine, pristupilo se sprovođenju aktivnosti na revitalizaciji područja sa ciljem unapređenja vodnog režima i ponovnog formiranja vodenih površina. Definisan je novi režim rada crpne stanice za odvodnjavanje na osnovu reproduktivnih potreba ciljnih (indikatorskih) vrsta zaštićenog područja. Radi tačnog utvrđivanja delova zaštićenog područja (i njegove neposredne okoline) koji će biti plavljeni pri određenim (povišenim) vodostajima, bilo je potrebno izraditi odgovarajuću podlogu za prikaz promene u nivoima vode. Za ove potrebe je u softverskom paketu ArcGIS 10.0 izrađen digitalni model terena, preko kojeg je vršeno modelovanje plavljenja kroz promene nivoa vode.

KLJUČNE REČI

Zaštićeno područje, revitalizacija, GIS, digitalni model terena, vodni režim, modelovanje plavljenja

Uvod

Bara Trskovača je prirodna depresija (nekadašnja bara) u ataru sela Platičevo, na području opštine Ruma, koje je udaljeno od Šapca oko 10 km, a od Rume 23 km. Bara je dužine oko 3 km i najveće širine oko 750 metara, i pruža se u pravcu istok zapad. U prošlosti je predstavljala depresiju ispunjenu vodom, koja se pri pojavi većih količina vode spajala sa vodotokom Vranj, i time je bila sastavni deo prirodnih tokova koji su presecali šire područje pre uređenja toka reke Save.

Sedamdesetih godina prošlog veka, u cilju povećanja površina pogodnih za poljoprivrednu proizvodnju, pristupilo se prevođenju područja bare u obradive površine. Za potrebe isušivanja u koritu bare je projektovan i delimično izrađen podsistem za odvodnjavanje – podsliv „Trskovača“ i izgrađena je crpna stanica koja je služila za ispumpavanje vode iz depresije bare (Čanković i sar., 2016). Među iskopanim kanalima za odvodnjavanje u podslivu Trskovača, kanali pod oznakama TRS 2, TRS 2-1, TRS 2-2, kao i K-3, K-4, K-5 i K-6 su imali najveći uticaj na izmenu vodnog režima. Podsliv „Trskovača“ prihvata i odvodi suvišne vode i iz samog naselja Platičevo, kao i sa poljoprivrednih površina u njegovoj neposrednoj okolini. Uprkos sprovedenim meliorativnim radovima, vlažnost zemljišta nije omogućavala neometanu obradu, što se negativno odražavalo na uzgoj poljoprivrednih kultura na području bare. Samim tim je i procenat obrađenih površina sve više opadao tokom godina. Analizom podataka o nameni zemljišta (Panjković i sar., 2011), utvrđeno je da je početkom 21. veka na Trskovači čak 90% površina bilo pod oranicama loše klase (uglavnom V. i VI. klasa), 9% pod kanalima i barskom vegetacijom i svega 0,15% pod livadama. Navedeni meliorativni radovi prekinuli su i nekadašnje tradicionalno korišćenje područja bare Trskovače od strane stanovnika okolnih naselja (ribolov, ispaša, košenje, seča trske i navodnjavanje okolnih obradivih površina na okolnim višim terenima).

Sprovedene aktivnosti su rezultovale i gubitkom same bare. Pod uticajem promena vodnog režima, kao i obradom zemljišta, tokom vremena značajno je izmenjen predeoni izgled. Došlo je do značajnih promena u tipovima i sastavu vegetacije (prelazak od akvatičnih ka terestričnim), kao i smanjenja brojnosti autohtonih vrsta riba karakterističnih za nizijska vlažna staništa i njihovih populacija (Mijić-Oljačić i sar., 2016). Prirodni procesi sukcesije, koji su dodatno ubrzani odsustvom vode, doveli su do intenzivnog obrastanja Trskovače zajednicama žbunastih i drvenastih biljaka. Došlo je i do prodiranja invazivnih biljnih vrsta sa okolnih poljoprivrednih površina. Nakon prestanka korišćenja područja u poljoprivredne svrhe nisu postojali uslovi za ponovno započinjanje vršenja tradicionalnih aktivnosti.

Ciljevi revitalizacije područja

Područje je, nakon istraživanja i izrade Studije zaštite od strane Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode, Odlukom Skupštine opštine Ruma broj 06-122-13/2011-III od 30.09.2011. godine („Službeni list opština Srema“, broj 26/11) stavljeno pod zaštitu zbog svojih vrednosti i potencijala, značajnih barskih i močvarnih ekosistema i prirodnih mrestilišta retkih autohtonih vrsta riba, linjaka (*Tinca tinca*) i zlatnog karaša (*Carassius carassius*), sa ciljem očuvanja i revitalizacije prirodnih staništa. Ustanovljenisu režimi zaštite II stepena (42,81 ha) i III stepena (125,34 ha). Za upravljača je određena Turistička organizacija opštine Ruma. Zaštićeno stanište „Bara Trskovača“, ukupne površine 168,15 ha, obuhvata kompleks vlažnih staništa, koja predstavljaju ostatak nekadašnjih bara, livada i pašnjaka, koji su se protezali od Platičeva do vodotoka Vranj.

Proglašenjem zaštićenog područja, stekli su se uslovi za sprovođenje aktivnosti na revitalizaciji staništa, poboljšanje vodnog režima (povišavanje nivoa vode kroz izmenu rada crpne stanice) i primenu aktivnih mera zaštite na unapređenju stanja populacija prisutnih strogo zaštićenih i zaštićenih vrsta. Ove mere i aktivnosti su propisane Odlukom o proglašenju zaštićenog područja i Planom upravljanja ZS „Bara Trskovača“. U cilju obnavljanja bare (ponovno uspostavljanje vlažnih staništa i plavljenih površina), radi poboljšavanja stanišnih uslova za postojeće populacije zaštićenih i ugroženih vrsta, napravljen je plan revitalizacije područja. Identifikovani su ključni radovi i zahvati, kao i površine unutar Bare Trskovače na kojima ih je potrebno sprovesti (Galamboš i sar., 2015).

Formiranje vodenih površina na području depresije nekadašnje bare povišanjem nivoa vode je moguće postići kroz izmenu režima rada crpne stanice i izmuljivanje (odnosno produbljivanje) delova korita bare. Proces usaglašavanja interesa zaštićenog područja i sektora vodoprivrede, sa glavnim ciljem promene režima rada crpne stanice, je započet tokom 2015. godine, i rezultovao je izradom „Studije upravljanja vodnim režimom u funkciji zaštite prirode i odbrane od poplava“ (Čanković i sar., 2016). Studija je urađena od strane nadležnog vodoprivrednog preduzeća u saradnji sa Pokrajinskim sekretarijatom za urbanizam, graditeljstvo i zaštitu životne sredine, Pokrajinskim zavodom za zaštitu prirode, Turističkom organizacijom opštine Ruma (upravljačem zaštićenog područja) i JVP „Vode Vojvodine“. Prikazani su trenutno stanje i način upravljanja vodama u Bari Trskovači, kao i potrebna dinamika promene vodostaja po pojedinim mesecima i godišnjim dobima u skladu sa najvišim mogućim vodostajem, što omogućava upravljanje vodama na način da se izbegne plavljenje naselja Platičevo i okolnog poljoprivrednog zemljišta, uz istovremeno obezbeđivanje integriteta crpne stanice. Ujedno su ostvareni i poboljšani uslovi za opstanak i unapređenje populacija ugroženih i zaštićenih vrsta. Takođe, utvrđene su mogućnosti planiranja i sprovođenja aktivnosti na revitalizaciji područja radi ponovnog uspostavljanja barskih i močvarnih staništa i povećanja biodiverziteta (uspostavljanje dinamike vodostaja koja je slična prirodnoj, izmuljavanje delova nekadašnjeg korita Trskovače sa ciljem formiranja plitkih depresija, povezivanje vlažnih staništa, formiranje barsko-močvarne vegetacije).

U skladu sa najvišim mogućim vodostajem u podslivu koji je utvrđen Studijom, prioritet je bio uspostavljanje dinamike vodostaja koja je slična prirodnoj, odnosno koja prati dinamiku vodostaja reke Save koja je najvodnija u prolećnom i zimskom periodu, dok je letnji malovodan ili sušan (RHMZ: Hidrološki godišnjaci). Vodni režim je određen na osnovu ekoloških potreba indikatorskih životinjskih vrsta ovog područja, odnosno tipičnih predstavnika nizijskih barsko-močvarnih staništa: vrste riba zlatni karaš (*Carassius carassius*) i linjak (*Tinca tinca*), kao i ptica bukavac (*Botaurus stellaris*) i belobrka čigra (*Chlidomas hybridus*).

U cilju tačnog utvrđivanja delova zaštićenog područja (i njene neposredne okoline) koji će biti pod vodom pri određenom vodostaju, neophodno je bilo pripremiti odgovarajuću podlogu na kojoj je moguće na jednostavan način prikazati plavljenje i utvrditi površine koje se nalaze pod vodom. Pregledom literature (Lathrop and Bogнар, 2001; Alexandridis et al., 2007; ESRI, 2007; Qiusheng, 2018), utvrđeno je da (na osnovu raspoloživih podataka) najbolje rešenje predstavlja izrada digitalnog modela terena u GIS.

Primena GIS je veoma široka i između ostalog može se koristiti i za kartiranje staništa, praćenje distribucije pojedinih vrsta, kao za analizu hidroloških promena, pa čak i pri kompleksnim metodama za planiranje restauracije i /ili revitalizacije određenih područja, odnosno utvrđivanje uspešnosti ovih aktivnosti (upoređivanje stanja pre i posle). GIS predstavlja važan alat prilikom donošenja odluka u postupku zaštite vlažnih staništa (Eiseman et al., 2013). Omogućava korišćenje i kombinaciju različitih terenskih informacija o vlažnom staništu, kao i podataka prikupljenih daljinskom detekcijom (npr. topografija, vegetacija, hidrologija) u postupku planiranja i utvrđivanja ciljeva revitalizacije nekog područja (Alexandridis et al., 2007; Qiusheng, 2018). GIS i daljinska detekcija imaju primenu i u mapiranju različitih elemenata i pojava na vlažnom staništu, kao i u izradi trodimenzionalnih modela (Lathrop et al., 2000; Lathrop and Bogнар, 2001; Martínez-Graña and Rodríguez, 2016).

Material i metod rada

U postupku pripreme za izradu modela, analizirane su raspoložive podloge područja (topografske: TK 5000 i TK 25000, vodoprivredne, satelitski snimci i ortofoto snimci, tematske karte iz Studije zaštite i dr.). Obuhvat analiziranog područja je utvrđen na osnovu spoljašnjih granica ZS „Bara Trskovača“ utvrđenih Studijom zaštite (Panjković i sar., 2011). Korišćeni postupci za modelovanje su definisani na osnovu McCoy et al., 2004; Findlay, 2005; Vizireanu et al., 2016; i Ameli and Creed, 2017.

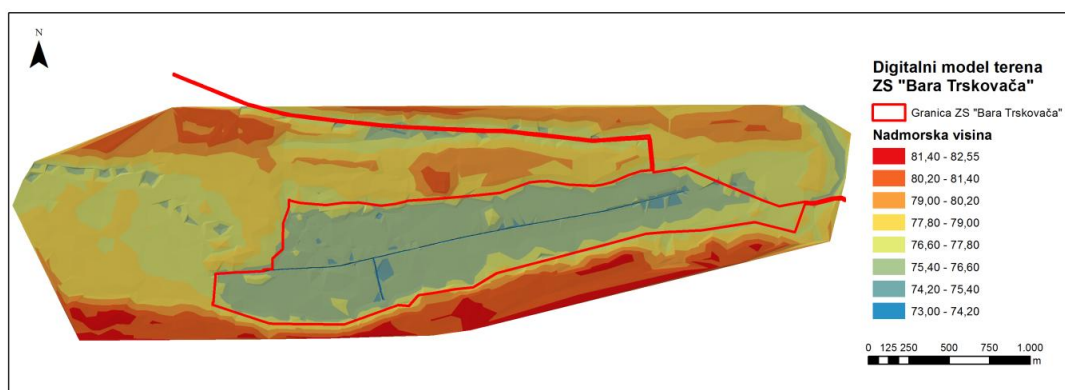
Izvršeno je georeferenciranje skeniranih topografskih karata TK 5000 analiziranog područja (listovi: Hrtkovci-48, Hrtkovci-49, Šabac-8, Šabac-9, Šabac-10, Ašanja-1), što predstavlja osnovu za izradu georeferencirane mape u koordinatnom sistemu MGI Balkans 7. Za potrebe izrade modela terena, sa topografske karte su vektorizovane samo visinske tačke. Kote korita kanala za odvodnjavanje su preuzete iz Geodetskog snimanja stanja kanala na području ZS „Bara Trskovača“ (Geo-projekt SM, 2012). Podaci o kanalskoj mreži (trasa kanala i lokacija i visinske kote crpne stanice) su preuzeti i vektorizovani sa karte podsistema za odvodnjavanje – podsliv „Trskovača“ (Čanković i sar., 2016). Na osnovu ovih tačaka opisanih prostornim koordinatama (x, y, z) dat je prikaz terena istraživanog područja. Model terena je izrađen u aplikaciji ArcMAP (ESRI ArcGIS 10.0), korišćenjem alata iz 3D Analyst Tools. Reljef je prikazan mrežom nepravilnih trouglova (TIN) koja je izrađena na osnovu vektorizovanih tačaka. Postoje više modela interpolacije koji se mogu koristiti za dobijanje digitalnog modela terena koje mogu da budu determinističke (npr. interpolacija IDW) ili geostatističke (kao što je metoda Kriging). Primena geostatističkih metoda zahteva utvrđivanje funkcije prostorne zavisnosti korišćenjem variograma. Primenjena metoda TIN je najbliža klasičnoj metodi interpolacije izohipsi na geodetskim planovima. Nedostatak ove metode jeste da su dobijene izolinije izlomljene, što odstupa od stvarnog stanja na terenu i vizuelno ne daje lepu glatku površ. Dobijeni TIN je potom alatom iz 3D Analyst Tools konvertovan u raster. Uz pomoć alata iz Spatial Analyst Tools na rasteru su iscrtane izohipse na svakih 0,2 m nadmorske visine. Postupkom Selection by attribute obeležene su površine po pojedinačnim nadmorskim visinama planiranih vodostaja (73,90; 74,90; 75,10; 75,80; 76,20; 76,50; 76,80). Alatom iz Data Management Tools su napravljeni poligoni pojedinačno za svaki vodostaj.

Trodimenzionalni prikaz modela i plavljenja su dati u aplikaciji ArcSCENE (ESRI ArcGIS 10.0). Na osnovu podataka sadržanog u rasteru koji je napravljen iz TIN, je napravljen 3D prikaz reljefa (u tab-u Base Heights). Radi boljeg prikaza reljefa analiziranog područja, izvršeno je prenaplašavanje visinskih vrednosti sa faktorom 3), kao i senčenje modela. U cilju prirodnijeg prikaza topografije, raster je preklopljen sa digitalnim ortofoto snimcima rezolucije 40 cm (preuzeti iz dokumentacije Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode), načinjeni aerofotogrametrijskim snimanjem u periodu 2007-2010. godine.

Vodene površine su definisane kao pojedinačni lejeri konstantne nadmorske visine. Plavljene površine su utvrđivane presekom lejera vodenih površina pri utvrđenim nadmorskim visinama i digitalnog modela terena. Na osnovu dobijenih površina iz preseka (3D Analyst Tools – Surface Volume), utvrdene su površine koje se plave (u m²), kao i zapremine vode (u m³) koje bi se plavljenjem zadržale na području Bare Trskovače. Dobijeni podaci su korišćeni za analizu područja, kao i za procenu uticaja povećavanja nivoa vode na neposrednu okolinu zaštićenog područja.

Rezultati i diskusija

Ukupna površina analiziranog područja iznosi 621,17 ha. Raspon kota terena na ovom području, posmatrajući i korito kanala, kreće se u opsegu od 73-82,55 m, a samog područja Bare Trskovače od 73-77,92 m. Naselje Platičevo se nalazi na delu terena sa nadmorskom visinom iznad 80 m.



Slika 1. Digitalni model terena prikazan sa granicama zaštićenog područja
Figure 1. Digital terrain model with the borders of the protected area

Analizom reproduktivnih perioda indikatorskih vrsta riba i ptica, utvrđen je širi (optimalni) vremenski period (15. mart-15. avgust) u kom je na području Bare Trskovače potrebno postojanje mozaika vlažnih staništa (plitka vodena okna, stalne bare koje presušuju jedino pri ekstremnim meteorološkim prilikama) različitih površina i dubina (u rasponu od najmanje 0,3-0,5 m, do najviše 1,5 m). Ove uslove nije moguće u potpunosti obezbediti na terenu, pošto tehničke karakteristike crpne stanice trenutno ograničavaju najviši mogući nivo vode. Stoga su definisani parametri (vremenski periodi i nivoi vode) koji predstavljaju prelazno-kompromisno rešenje do konačnog rešavanja statusa odvodnjavanja područja Bare. U cilju obezbeđivanja što povoljnijih uslova za opstanak indikatorskih vrsta, u periodu od 01. aprila do 20. juna je potrebno zadržati nivo vode na koti 75,80 m, a nakon toga, u periodu do 15. septembra, nivo vode u kanalskoj mreži u podslivu Trskovača je potrebno postepeno spuštati za oko 0,7-0,9 m, tako da najniži vodostaj bude od početka meseca avgusta sve do kraja oktobra, nakon čega je potrebno obustaviti ispumpavanje sve dok se prirodnim putem ponovio ne postigne najviši mogući vodostaj.

Za potrebe utvrđivanja plavljenja, korišćeno je sedam ranije definisanih vrednosti vodostaja, od kojih svaki ima određeni značaj za upravljanje vodnim režimom na području Bare Trskovače. Na osnovu dobijenog modela terena, izvršeno je modelovanje plavljenja, a izračunate su i površine koje bi se plavile kao i količine vode na ovim površinama (Tabela 1).

Najviši projektovani nivo vode u podslivu „Trskovača“ je iznosio 73,90 m. Pri ovoj koti, koja je bila važeća do 2011. godine, vode je bilo samo u kanalima. Kote 74,90 m, odnosno 75,10 m predstavljaju vodostaje koje je potrebno održavati u periodu kasno leto-rana jesen na osnovu ekoloških potreba indikatorskih vrsta. Predstavljaju nivoje koji su za 0,7-0,9 m niži od najvišeg mogućeg vodostaja. Pri ovim kotama, plavi se 2,3 odnosno 2,9 ha površine analiziranog područja. Zapremina vode koja se razliva iznosi 16175 i 21389 m³.

Tabela 1

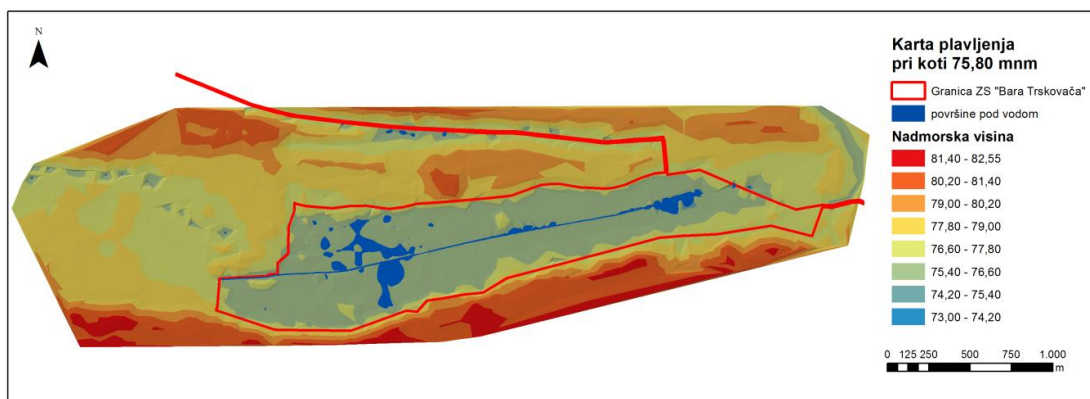
Vrednosti površine i zapremine izračunate na osnovu digitalnog modela terena

Table 1

Area and volume values calculated based on the digital terrain model

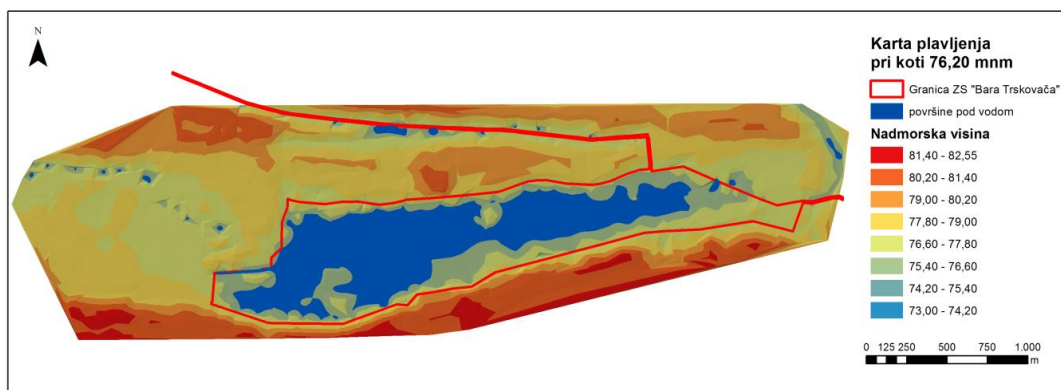
Nadmorska visina (m)	Površina 2D (m ²)	Površina 3D (m ²)	Zapremina (m ³)
73,90	6.671	7.035	1.842
74,90	22.999	24.835	16.175
75,10	29.502	31.642	21.389
75,80	424.852	427.876	98.323
76,20	1.126.813	1.129.978	435.910
76,50	1.365.904	1.369.172	811.033
76,80	1.580.141	1.583.556	1.223.767
Ukupna površina analiziranog područja (m ²)	6.211.707		

Vodostaj na 75,80 m predstavlja najviši mogući vodostaj utvrđen Studijom. Pri ovoj koti, koja se na terenu primenjuje od 2016. godine, plavljeni su centralni delovi bare (rubovi postojećih kanala za odvodnjavanje) i površine na nižim nadmorskim visinama na severozapadnom delu zaštićenog područja. Pod vodom se nalaze površine od 42,5 ha, a zapremina vode iznosi 98323 m³.



Slika 2. Prikaz plavljenja pri koti 75,80m
Figure 2. Flooded surfaces at 75,80 meters above sea level

Sa stanovišta potreba indikatorskih vrsta, najoptimalniji uslovi staništa bi postojali pri koti 76,20 m, kada se plavi površina od 113 ha, a zadržava se 435910 m³ vode. Ova kota ujedno je inajviši vodostaj zabeležen od uvođenja izmenjenog režima rada crpne stanice (2011. godine), koji je izmeren 22.05.2014. godine. Predstavlja posledicu ekstremno velike količine atmosferskih padavina u kratkom vremenskom intervalu, u kombinaciji sa specifičnostima sliva za odvodnjavanje.



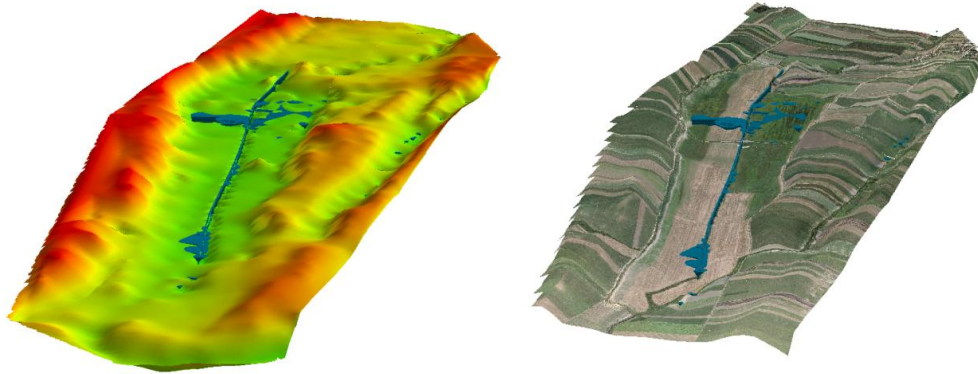
Slika 3. Prikaz plavljenja pri koti 76,20m
Figure 3. Flooded surfaces at 76,20 meters above sea level

Za potrebe dalje procene plavljenja Bare Trskovače pri višem vodostaju, uzeta je kota 76,50 m, na kojoj se plavi oko 2/3 površine zaštićenog područja. U tom slučaju, plavljena površina bi iznosila 137 ha, a količina zadržane vode 811033 m³.

Postoje na kom se nalaze agregati crpne stanice je na nadmorskoj visini 76,80 m. Ukoliko bi se teoretski omogućilo plavljenje na ovoj koti, skoro celo područje depresije bi bilo pod vodom, plavilabi se površina od 158 ha, a količina vode u depresiji bi iznosila 1223767 m³.

Osim direktnog uticaja izmenjenog režima rada crpne stanice, odnosno plavljenja pri koti 75,80m, na terenu su zabeleženi i dodatni pozitivni uticaji na ekosistem Bare Trskovače. Pri opadanju nivoa vode u kanalskoj mreži usled rada crpne stanice, dolazi do blagog kašnjenja oticanja vode sa plavljenih površina u odnosu na vodu u kanalima. Još jedna pozitivna posledica plavljenja, koja ostaje po povlačenju vode, je i zadržavanje određene količine vode u samoj depresiji u vidu povremenih i stalnih jezeraca i bara. Ova pojava se dešava usled postojanja lokalnih depresija na području Bare Trskovače (ulegnuća tla i dr.), kao i površinskih formacija koje mogu da zadrže vodu (promene u reljefu usled nekadašnjih antropogenih uticaja, prisutne vegetacije, kao i ostataka suve biljne materije). Postojanje ovih vlažnih mikro staništa ima veliki značaj za opstanak mnogih zaštićenih biljnih i životinjskih vrsta ovog područja.

Na osnovu dobijenih karata koji prikazuju raspored vlažnih staništa (odnosno plavljenje), moguće je u budućnosti planirati i njihovo povezivanje u funkcionalnu hidrološku celinu, koja se neće nalaziti pod direktnim uticajem kanalske mreže i crpne stanice.



Slika 4. Trodimenzionalni prikaz plavljenja (radi boljeg prikaza reljefa analiziranog područja, izvršeno je prenaplašavanje visinskih vrednosti sa faktorom 3)

Figure 4. Three-dimensional display of flooding (in order to enhance the relief visualization of the analyzed area, a vertical exaggeration factor 3 was applied to the z-values)

Zaključci

Modeliranje reljefa, kao jednog od ključnih elemenata predela, sve češće predstavlja sastavni deo u istraživanjima i planiranju u oblasti zaštite prirode. Geografski informacioni sistemi (GIS) i digitalizacija terena se koriste za vršenje mnogih geoprostornih i hidroloških analiza, uključujući i analizu slivnih područja, sistema za odvodnjavanje, predviđanje plavljenja i definisanje aktivnih mera zaštite.

Digitalnim modelom terena dat je trodimenzionalni prikaz površine analiziranog područja. Na osnovu ove podloge izvršeno je modelovanje plavljenja područja ZS „Bara Trskovača“ sa neposrednom okolinom pri definisanim vodostajima. Rezultat su karte kojima je na jednostavan i pregledan način dat prikaz površina pod vodom, i koji sadrže podatke o prostornom rasporedu plavljenih površina, kao i zapremini vode.

Na osnovu dobijenih podataka, utvrđeno je da se raspon kota terena na ovom području, posmatrajući i kanale, kreće u opsegu od 9,55m (područje Bare Trskovače od 4,92 m). Naselje Platičevo se nalazi na delu analiziranog područja sa najvišom nadmorskom visinom, te se ne nalazi pod uticajem promena nivoa vode u depresiji Bare Trskovače. Pojava površinskih voda, koje bi bile rezultat nivoa vode pri kotama iznad 75,80 m, neće plaviti okolne obradive površine. Uticaj podzemnih voda i vlaženja zemljišta usled podizanja nivoa površinskih voda nije vršen u ovom radu.

Površine plavljenih područja na kotama 75,10 i 74,90 m su zanemarljive, ali nakon snižavanjanivoa vode na ove kote, obezbeđuju se suva staništa koja je moguće održavati prema Planu upravljanja zaštićenim područjem. Analizom područja koja se plave pri koti 75,80m, utvrđeno je da su to relativno male površine u odnosu na veličinu zaštićenog područja (6,8%). Površine pod vodom većinom su locirane uz rubove postojećih kanala za odvodnjavanje, kao i na severozapadnom delu Bare Trskovače. U slučaju plavljenja pri kotama 76,00 i 76,20 m, na zaštićenom području bi se formirao mozaik vlažnih staništa različitih površina i dubina, čime bi se obezbedili optimalniji uslovi za ciljeve očuvanja i unapređenja prirodnih vrednosti zaštićenog područja. Modelovanjem je utvrđeno, da plavljenje područja pri kotama iznad 76,20 m nije svrsishodno sa stanovišta ciljeva upravljanja zaštićenim područjem „Bara Trskovača“.

Za potrebe očuvanja i unapređenja prirodnih vrednosti zaštićenog područja (prvenstveno odabranih indikatorskih vrsta), potrebno je vršiti dalje povećanje površina pod vodom. Stoga je u narednom periodu potrebno sagledati mogućnosti dodatnog podizanja nivoa vode (najviše do kote 76,20 m) i/ili vršiti uklanjanje slojeva sedimenta u koritu depresije Bare Trskovače sa ciljem formiranja novih vodenih površina (odnosno produbljivanja korita).

Kota 75,80 m predstavlja trenutno najviši mogući vodostaj, te karta plavljenja dobijena modelovanjem predstavlja osnov za dalje planiranje aktivnosti utvrđenih Planom upravljanja ZS „Bara Trskovača“. Model terena sa kartom plavljenja predstavlja bazu podataka, koja pruža potrebne informacije za određivanje površina na kojima će se dalje sprovoditi aktivne mere zaštite (revitalizacija vlažnih staništa, održavanje ribljih plodišta, izmuljivanje, povezivanje izolovanih vodenih površina), prostorno lociranje turističkih sadržaja (edukativne šetne staze, info table, osmatračnice za ptice, uređenje mesta za ribolov), određivanje prostornog rasporeda za vršenje tradicionalnih delatnosti (košenje, torovi za držanje domaćih životinja, ispaša), kao i za usklađivanje lovnih aktivnosti sa režimima zaštite i ciljevima upravljanja zaštićenim područjem.

Potrebno je redovno vršiti usklađivanje ove baze sa planiranim i/ili sprovedenim radovima, aktivnostima, kao i drugim promenama zaštićenom području (zajedno sa utvrđenim vremenskim i prostornim atributima), kako bi postojale ažurne informacije i pregled stvarnog stanja, što će doprineti integralnom upravljanju ZS „Bara Trskovača”.

Literatura

- Alexandridis, T.K., Takavakoglou, V., Crisman, T.L., Zalidis, G.C. 2007. Remote Sensing and GIS Techniques for Selecting a Sustainable Scenario for Lake Koronia, Greece. *Environmental Management* 39: 278-290.
- Čanković, M., Stojančević, I., Borić, I., Roljić, M., Vranić, A., Jovanović, M. 2016. Studija upravljanja vodnim režimom u funkciji zaštite prirode i odbrane od poplava na području Zaštićenog staništa „Bara Trskovača”. Vodoprivredno privredno društvo „Galovica“ d.p., Zemun.
- Eiseman, M., Lawrence, P.L., Walters, T., Crowell, H., Kusnier, J. 2013. GIS Based Decision-Making Model for the Identification of High Priority Wetland and Stream Restoration Sites. In: Lawrence P. (eds): *Geospatial Tools for Urban Water Resources. Geotechnologies and the Environment*, vol 7. Springer, Dordrecht.
- ESRI (2007): *GIS Best Practices - GIS for the Conservation of Woodlands and Wetlands*, New York.
- Findlay, D. 2005. *Working with Digital Elevation Models and Digital Terrain Models in ArcMap 9*. Geospatial Centre, University of Waterloo, Canada.
- Galamboš, L., Puzović, S., Stojanović, T. 2015. Zaštićeno stanište „Bara Trskovača”. U: Puzović, S., Panjković, B. (urednici): *Upravljanje prirodnom baštinom u Vojvodini. Pokrajinski sekretarijat za urbanizam, graditeljstvo i zaštitu životne sredine i Pokrajinski zavod za zaštitu prirode*, Novi Sad, str. 142-147.
- Geo-projekt SM d.o.o., Sremska Mitrovica 2012. *Geodetsko snimanje stanja kanala na području ZS „Bara Trskovača”*.
- Lathrop, R.G., Cole, M.B., Showalter, R.D. 2000. Quantifying the habitat structure and spatial pattern of New Jersey (U.S.A.) salt marshes under different management regimes. *Wetlands Ecology and Management* 8: 163-172.
- Lathrop, R. G., Bognar, J.A. 2001. Habitat Loss and Alteration in the Barnegat Bay Region. *Journal of Coastal Research* SI 32: 212-228.
- Martínez-Graña, A.M., Rodríguez, V.V. 2016. Remote Sensing and GIS Applied to the Landscape for the Environmental Restoration of Urbanizations by Means of 3D Virtual Reconstruction and Visualization (Salamanca, Spain), *ISPRS International Journal of Geo-Information*, Vol. 5, Issue 1.
- McCoy, J., Johnston, K., Kopp, S., Borup, B., Willison, J., Payne, B. 2004. *Using ArcGIS Spatial Analyst*. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA.
- Mijić-Oljačić, I., Galamboš, L., Čuić, M. 2016. Prvi koraci u revitalizaciji Zaštićenog staništa „Bara Trskovača”. 2. Simpozijum o zaštiti prirode sa međunarodnim učešćem „Zaštita prirode – iskustva i perspektive”, zbornik radova, Pokrajinski zavod za zaštitu prirode, Novi Sad, 393-405.
- Panjković, B., Stanišić, J., Banjac, M., Čalakić, D., Pil, N., Galamboš, L., Branković, S., Sekulić, N., Dobretić, V., Stojnić, N., Delić, J., Mijović, D., Simić, S., Bošnjak, T., Sabadoš, K., Majkić, B. 2011. Zaštićeno stanište „Bara Trskovača” – Predlog za stavljanje pod zaštitu kao zaštićeno područje III kategorije. Pokrajinski zavod za zaštitu prirode, Novi Sad.
- Republički hidrometeorološki zavod: *Hidrološki godišnjaci- 1. Površinske vode (za period 1991-2016. godine)*, Republika Srbija, Beograd. http://www.hidmet.gov.rs/latin/hidrologija/povrsinske_godisnjaci.php.
- Odluka o proglašenju zaštićenog staništa „Bara Trskovača” („Službeni list opština Srema”, broj 26/11).
- Qiusheng, W. 2018. GIS and Remote Sensing Applications in Wetland Mapping and Monitoring. In: Bo Huang (ed.): *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, Volume 1 GIS methods and techniques. 140–157.
- Vizireanu, I., Slave, C., Benciu, S.S. 2016. The Importance of using GIS in Hydrological Models for Flood Prediction: A Case Study at Danube Meadow, Romania. *International Journal of Academic Research in Environment and Geography*, Vol. 3, No.1.

Flooding modeling for the purposes of wetland revitalization in Trskovača Pond Protected habitat

Laslo Galamboš^{a*}, Pavel Benka^b

^aUniversity of Novi Sad, Faculty of Agriculture, PhD Candidate, Institute for Nature Conservation of Vojvodina Province, Novi Sad, Serbia

^bUniversity of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Water Management, Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: laszlo.galambos@pzzp.rs

ABSTRACT

Trskovača Pond is an example of drastic changes in natural habitats caused by drainage activities that were carried out during the second half of the 20th century. The aim of these activities was to obtain additional areas for agricultural production, which almost caused the complete disappearance of natural values in this area. After the establishment of the protected area in 2011, the implementation of activities on revitalization of the area was initiated with the aim of improving the water regime and creating new open water surfaces. A new regime for the drainage pumping station has been defined based on the reproductive needs of the target (indicator) species of the protected area. In order to accurately determine which parts of the protected area (and its immediate surroundings) will be flooded at certain higher water levels, it was necessary to create an appropriate base map for displaying changes in water levels. For these purposes, a digital terrain model was developed in ArcGIS 10.0 software package, which was then used as a foundation for the modeling of flooding through changes in water level.

KEY WORDS

protected area, revitalization, GIS, digital terrain model, water regime, flooding modelling

Primljen: 12.11.2017.

Prihvaćen: 16.07.2018.