



Proračun koeficijenta oticaja i hidromodula odvodnjavanja Čuruško-Žabaljskog sliva

Atila Bezdan^a, Radoš Zemunac^{a*}, Milica Vranešević^a, Andrea Salvai^b

^aUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni Fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad, Srbija

^bUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni Fakultet, Student doktorskih studija, Novi Sad, Srbija

*Autor za kontakt: zemunac.rados@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

Najvažniji korak prilikom rešavanja problema odvodnjavanja nekog područja i dimenzionisanja odvodnih sistema, jeste određivanje hidromodula odvodnjavanja. Ovom postupku prethode detaljne analize slivnog područja (hidrološke, hidrogeološke, pedološke, analize o nameni i korišćenju zemljišta i druge). Korišćenje empirijskih formula različitih autora, jedan je od načina određivanja hidromodula odvodnjavanja. Ove formule mogu biti regionalnog karaktera, dok su neke primenjive u različitim delovima sveta. Ipak, konačan izbor metode zavisi od dostupnosti ulaznih podataka. Čuruško-Žabaljski sliv predstavlja područje koje se izdvaja po svojim geomorfološkim i hidrografskim karakteristikama. Zbog svog specifičnog položaja, područje je ugroženo, kako od spoljnih, tako i od unutrašnjih voda. U radu je korišćenjem formula autora Nemeta i Turazza, koje su date u Glavnom projektu odvodnjavanja Čuruško-Žabaljskog sliva iz 1966. godine, izvršen proračun koeficijenta oticaja i hidromodula odvodnjavanja, kao pokazatelja efikasnosti odvodnjavanja područja. Fokus je stavljen na upotrebu savremenih alata i baza podataka o karakteristikama zemljišta, pri korišćenju jedne „tradicionalne“ metode za određivanje hidromodula odvodnjavanja. Dobijeni rezultati pokazuju da je hidromodul odvodnjavanja, koji oslikava aktuelno stanje na slivu veoma blizak onome usvojenom u projektu. Rešenje problema viškova vode, koji ostaju na slivu i posle predviđenih rokova za evakuaciju, treba tražiti u redovnom održavanju melioracionih kanala i primeni dodatnih meliorativnih mera. Kako je na zemljištima „težeg“ mehaničkog sastava otežano proceđivanje vode, u takvim situacijama treba razmotriti primenu horizontalne cevne drenaže ili biodrenaže. Uzimajući u obzir kompleksnost odvodnjavanja Čuruško-Žabaljskog sliva, uz postojeću infrastrukturu i sprovođenje mera u cilju unapređenja stanja sliva u meliorativnom smislu, može se očekivati maksimalna iskorišćenost poljoprivrednog potencijala ovog područja.

KLJUČNE REČI: Čuruško-Žabaljski sliv, odvodnjavanje, koeficijent oticaja, GIS

Uvod

Vojvodina, nekada uglavnom močvarno-barsko područje, danas je glavni proizvodni region u Republici Srbiji i šire. Da bi to postala, potrebno je bilo izvršiti opsežne hidro-meliorativne radove, koji su pre svega obuhvatali odvodnjavanje prevlaženih, močvarnih terena, čime su stvoreni uslovi za razvoj poljoprivredne proizvodnje. Regulacija vodnog režima na ovom području vršena je izgradnjom odvodnih kanala, kao vid zaštite od unutrašnjih voda i izgradnjom nasipa duž velikih reka, kao vid zaštite od spoljnih voda. Krunu meliorativnih radova u Vojvodini predstavlja izgradnja hidrosistema Dunav-Tisa-Dunav, sa čijom je realizacijom omogućeno odvodnjavanje oko million hektara zemljišta (Kolaković i Trajković, 2006).

Čuruško-Žabaljski sliv se nalazi u jugoistočnom delu Bačke i sa hidrografskog aspekta predstavlja jedinstvenu celinu. Sa topografske tačke gledišta, ovo područje je podeljeno na dve karakteristične celine: lesnu terasu, koja se prostire na zapadnom delu područja i rit (Žabaljski podsistem), koji se nalazi na istočnom delu područja, uz reku Tisu (Pantelić, 1966). Rit je zbog svoje specifične pozicije ugrožen kako unutrašnjim, tako i spoljnim vodama, stoga sa aspekta odvodnjavanja zahteva kompleksniju analizu.

Najvažniji korak prilikom rešavanja problema odvodnjavanja nekog područja i dimenzionisanja odvodnih sistema, jeste određivanje hidromodula odvodnjavanja. Ovom postupku prethode detaljne analize slivnog područja (hidrološke, hidrogeološke, pedološke, analize o nameni i korišćenju zemljišta i druge). Hidromodul odvodnjavanja svojom veličinom karakteriše potrebu odvodnjavanja nekog područja, i u direktnoj je proporciji sa investicionim ulaganjima u izgradnju ovakvih sistema (Avakumović, 2005; Kolaković i Trajković, 2006). Klimatski i hidrološki uslovi koji vladaju u Vojvodini, opsežni meliorativni radovi koji su vršeni na ovom području, kao i ranija iskustva projekatata ovakvih sistema, doprineli su stavu da se kao merodavna vrednost za dimenzionisanje elemenata sistema za odvodnjavanje koristi višak vode zimskog perioda. Međutim, ova vrednost u velikom broju slučajeva nije maksimalna količina vode koja se pojavljuje na sistemu za odvodnjavanje. U takvim slučajevima,

prihvatljivo je kao merodavnu veličinu koristiti količinu vode koja je rezultat padavina velikog intenziteta. Pojava kratkotrajnih padavina velikog intenziteta na području Vojvodine, po pravilu je prisutna u vegetacionoj sezoni, kada kanalska mreža i nadizdanska zona zemljišta imaju prostora za prihvat značajnih količina vode, za razliku od zimskih viškova koji se obrazuju u uslovima kada je zemljište vlažno i nivo prve izdani visok (Belić et al., 1995).

Korišćenje empirijskih formula različitih autora, jedan je od načina određivanja hidromodula odvodnjavanja. Ove formule mogu biti regionalnog karaktera, dok su neke primenjive u različitim delovima sveta. Ipak, konačan izbor metode zavisi od primenjivosti i dostupnosti ulaznih podataka (Kang et al., 2013). U radu je korišćenjem niza empirijskih formula, koje su date u Glavnom projektu odvodnjavanja Čuruško-Žabaljskog sliva iz 1966. godine, izvršen proračun koeficijenta oticaja i hidromodula odvodnjavanja, kao pokazatelja efikasnosti odvodnjavanja područja. Fokus je stavljen na upotrebu savremenih alata i baza podataka o karakteristikama zemljišta, pri korišćenju jedne „tradicionalne“ metode za određivanje hidromodula odvodnjavanja. Dobijeni rezultati treba da ukažu na to da li ovaj sistem za odvodnjavanje zadovoljava svojim kapacitetom pri aktuelnim uslovima na slivu, pedesetak godina nakon projektovanja i izgradnje.

Materijal i metod rada

Opis područja

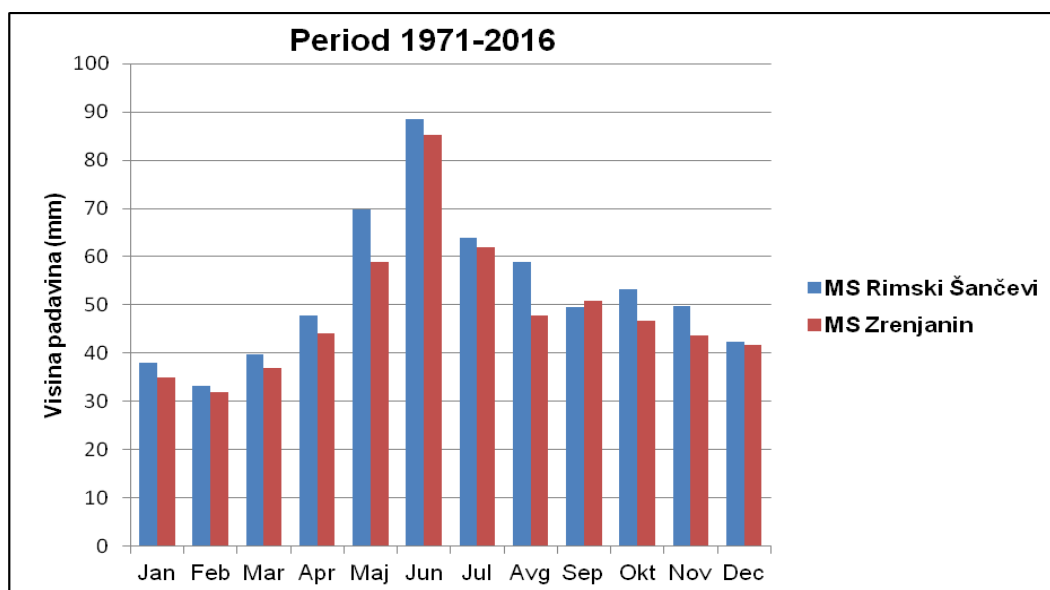
Čuruško-Žabaljski sliv zahvata površinu od 20.736 ha i smešten je u jugoistočnom delu Bačke. Ovaj sliv je sa istočne strane ograničen rekom Tisom, sa juga kanalisanim vodotokom Jegrička, sa zapada takođe Jegričkom i granicom atara naselja Nadalj i sa severa Mrtvom Tisom i granicom atara naselja Bačko Gradište. U topografskom, geološkom i hidrogeološkom pogledu, Čuruško-Žabaljski sliv je podeljen na dve karakteristične celine (Pantelić, 1966):

- (1) Zapadni deo područja površine 11.236 ha, koju čini lesna terasa na prosečnoj nadmorskoj visini od oko 81,00 mnm, sa nivoom podzemne vode u amplitudi 76,00–77,00 mnm.
- (2) Istočni deo područja površine 9.437 ha, koji čini Čuruško-Žabaljski rit na prosečnoj nadmorskoj visini od oko 74,00 mnm, koji je zaštićen od velikih voda reke Tise odbrambenim nasipom.

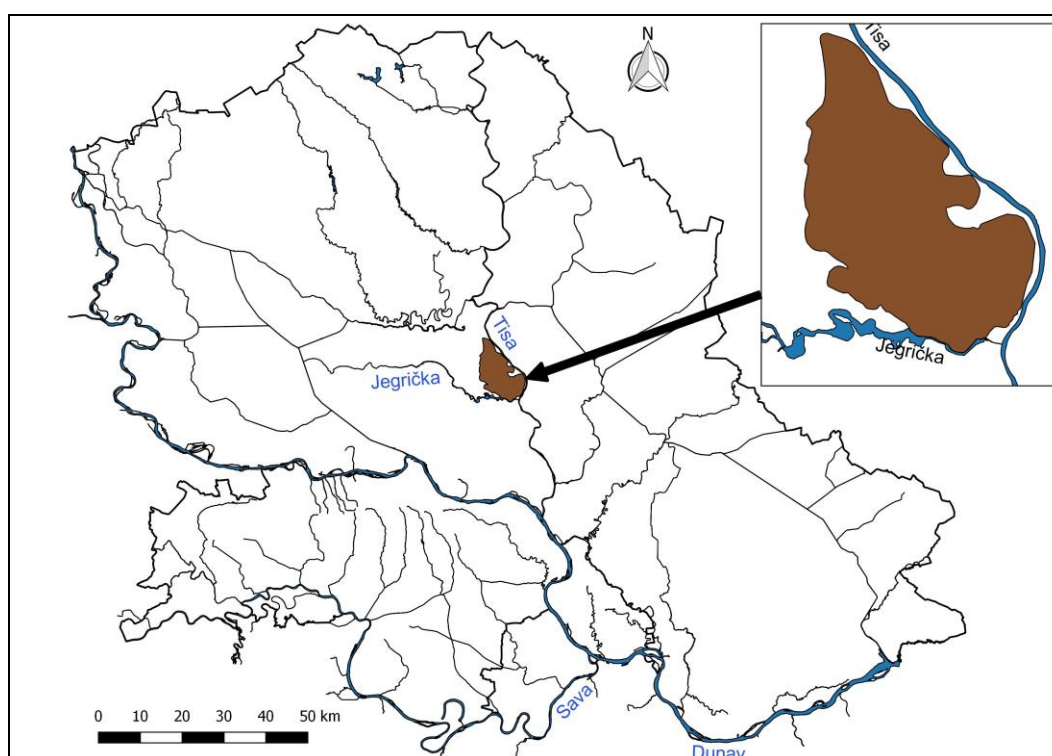
Sa pedološkog aspekta, zemljište lesne terase je černoziem na lesnoj podlozi, a zemljište rita koje je nekad bilo plavno područje reke Tise, formirano je od rečnog nanosa, najčešće glina i ilovača, dok su dublji slojevi od sitnog peska, mestimično prošaranog sočivima i proslojcima slabije propustljivog materijala. Na znatnoj površini rita nivo podzemne vode je visok, a u proleće velike površine zemljišta su duže vreme prekrivene stajaćom vodom. Loš hemijski sastav podzemne vode dovodi zemljište u proces degradacije i gubitka proizvodnog potencijala. Nepovoljan topografski smeštaj sliva, čije se vodopropusno zemljište puni tuđom podzemnom vodom i to: sa visoke lesne terase i iz Jegričke stalno, a iz Tise i Mrtve Tise povremeno, dovodi do prekomernog vlaženja aktivnog sloja rizosfere, što ometa poljoprivrednu proizvodnju i pravovremeno izvršavanje agrotehničkih mera na parcelama.

Klima ovog područja je umereno kontinentalna, sa srednjom godišnjom visinom padavina oko 610 mm. Ova vrednost je dobijena na osnovu osmotrenih visina padavina na obližnjim meteorološkim stanicama Rimski Šančevi i Zrenjanin, u periodu 1971-2016 godine. Za isti period, na Slici 1 su predstavljene i srednje mesečne visine padavina osmotrene na ovim meteorološkim stanicama. Područje je izrazito ruralnog karaktera, 83% površine je pod oranicama, a u poljoprivrednoj proizvodnji su najzastupljenije ratarske kulture.

U radu je izvršena analiza istočnog dela sliva - rita (Žabaljski podsistem), koji je zbog svog topografskog položaja ugrožen unutrašnjim i spoljnim vodama. Žabaljski podsistem se odvodnjava jednom crpnom stanicom, ukupnog kapaciteta $9,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (5 crpnih agregata, kapaciteta $1,90 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$). Pri vodostajima reke Tise ispod kote 72,00, evakuacija se vrši gravitaciono pomoću cevne ustave $2 \times \varnothing 90 \text{ cm}$. Odvodnu kanalsku mrežu predstavljaju otvoreni neobloženi kanali, trapeznog poprečnog profila. Pri odabiru poprečnog profila kanala vodilo se računa da ne dođe do taloženja većih količina nanosa, kao ni do erozije korita kanala. Prema Glavnom projektu, ukupna kanalska mreža iznosi 172,6 km. Analizom je obuhvaćena površina područja od 9.367 ha. Na Slici 2 je prikazana prostorna pozicija Čuruško-Žabaljskog sliva, odnosno njegovog istočnog dela, koji je predmet analize.



Slika 1. Srednje mesečne visine padavina
Figure 1. Mean monthly precipitation



Slika 2. Pozicija Čuruško-Žabaljskog sliva
Figure 2. Position of the Čurug-Žabalj catchment

Koeficijent oticaja i hidromodul odvodnjavanja

U Glavnom projektu odvodnjavanja Čuruško-Žabaljskog sliva iz 1966. godine, u svrhu određivanja koeficijenta oticaja i hidromodula odvodnjavanja, korišćene su formule autora Nemeta i Turazza. Ova metoda se ne pojavljuje u savremenoj literaturi, ali je činjenica da je ona svojevremeno korišćena prilikom analize slivova i projektovanja sistema za odvodnjavanje na području Vojvodine i Mađarske. U nastavku je predstavljen niz relacija koje su korišćene prilikom analize Čuruško-Žabaljskog sliva (Pantelić, 1966).

Polazna jednačina za proračun srednjeg hidromodula odvodnjavanja glasi:

$$q_s = 0,1157 \cdot \frac{\alpha \cdot h}{t + \tau} \quad (1)$$

Gde su: q_s - srednji hidromodul odvodnjavanja ($l \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$), α - koeficijent oticaja, h - merodavna visina padavina (mm), t - trajanje merodavne kiše (dani), τ - vreme doticaja kišne kapi sa najudaljenije tačke sliva do recipijenta (dani).

Pantelić (1966) dalje navodi da se množenjem prethodne jednačine sa koeficijentom koji predstavlja odnos maksimalnog i srednjeg proticaja, i koji za Mađarske uslove iznosi 1,7 (primenjivo i za teritoriju Vojvodine), dobija maksimalni jedinični hidromodul odvodnjavanja q_{max} ($l \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$):

$$q_{max} = 0,1157 \cdot \frac{\alpha \cdot h}{t + \tau} \cdot 1,7 \quad (2)$$

Koeficijent oticaja igra važnu ulogu u određivanju hidromodula odvodnjavanja. Njegovo određivanje zahteva poznavanje faktora, kao što su: propustljivost, nagib i način obrade zemljišta, kao i vrstu zemljišnog pokrivača. U glavnom projektu sistema za odvodnjavanje Čurug-Žabalj (Pantelić, 1966) se navodi da je u studiji „Količine unutrašnjih voda za odvodnjavanje“ od Dr J. Bogardija data funkcionalna promena koeficijenta oticaja po mesecima u funkciji:

- (1) pada terena (α_1);
- (2) propustljivosti zemljišta (α_2);
- (3) obraslosti zemljišta (α_3).

Za određivanje ovih parcijalnih koeficijenata oticaja, daju se vrednosti u Tabelama 1, 2 i 3, gde se za određeni sliv, definisan nagibom, propustljivošću i obraslošću terena nalaze odgovarajuće vrednosti. Koeficijent oticaja jednak je zbiru tri faktora:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \quad (3)$$

Tabela 1

Parcijalni koeficijent oticaja u funkciji pada terena (α_1)

Table 1

Partial runoff coefficient in the function of terrain slope (α_1)

Nagib terena	Koeficijent α_1
>35 %	0,22 – 0,25 – 0,30
11 – 35 %	0,12 – 0,18 – 0,20
3,5 – 11 %	0,06 – 0,08 – 0,10
<3,5 %	0,01 – 0,03 – 0,05

Tabela 2

Parcijalni koeficijent oticaja u funkciji propustljivosti zemljišta (α_2)

Table 2

Partial runoff coefficient in the function of soil permeability (α_2)

Propustljivost zemljišta	Koeficijent α_2
Vrlo nepropusno zemljište	0,22 – 0,26 – 0,30
Srednje propusno zemljište	0,12 – 0,16 – 0,20
Propusno zemljište	0,06 – 0,08 – 0,10
Vrlo propusno zemljište	0,03 – 0,04 – 0,05

Tabela 3Parcijalni koeficijent oticaja u funkciji obraslosti zemljišta (α_3)**Table 3**Partial runoff coefficient in the function of vegetation cover (α_3)

Obraslost zemljišta	Koeficijent α_3
Za neobraslo zemljište	0,22 – 0,26 – 0,30
Za rit i pašnjake	0,17 – 0,21 – 0,25
Za kultivisano zemljište	0,07 – 0,11 – 0,15
Za šume i zemljišta labave strukture (peskovi)	0,03 – 0,04 – 0,05

U svrhu određivanja parcijalnog koeficijenta α_2 , korišćena je Pedološka karta zemljišta Vojvodine (Živković et al., 1972). Koeficijent α_2 dobijen je na osnovu procentualne zastupljenosti različitih tipova zemljišta na ovom području i njihovih drenažnih karakteristika. U radu je, prema Miljkoviću (2005), izvršena podela zemljišta na drenažne klase, na osnovu prosečnih graničnih vrednosti njihovih vodnih konstanti i glavnih hemiskih parametara. Tako su zemljišta podeljena na pet drenažnih klasa, sledećih karakteristika:

- (1) I drenažna klasa - zemljišta koja su prirodno vrlo slabo drenirana, te su njihove površine visokog stepena ugroženosti od suvišnih voda;
- (2) II drenažna klasa - zemljišta koja su prirodno slabo drenirana, te su njihove površine srednjeg stepena ugroženosti od suvišnih voda;
- (3) III drenažna klasa - zemljišta koja su prirodno nedovoljno drenirana, te su njihove površine umerenog stepena ugroženosti od suvišnih voda;
- (4) IV drenažna klasa - teksturno lakša zemljišta, koja su prirodno umereno drenirana, te su njihove površine niskog stepena ugroženosti od suvišnih voda;
- (5) V drenažna klasa - teksturno laka zemljišta, koja su prirodno dobro drenirana, te njihove površine nisu ugrožene od suvišnih voda i ne zahtevaju odvodnjavanje.

Vrednost koeficijenta α_3 dobijena je analizom karte zemljišnog pokrivača CORINE Land Cover 2012 (EEA, 2012). Ova karta sadrži bazu sa podacima o korišćenju zemljišta i pripadajućim površinama. Podaci o zemljišnom pokrivaču, mogu se dobiti na osnovu koda iz baze podataka i korišćenjem CORINE nomenklature (Nestorov i Protić, 2006). Analiza ovih prostornih podataka i izrada karata područja, izvršena je korišćenjem GIS alata.

Bilo da se radi o pojedinačnoj lokaciji ili širem području, određivanje visine efektivnih padavina, koje se koriste prilikom predviđanja poplavnih talasa, posebno u determinističkim metodama, mora biti zasnovano na trajanju padavina visokog intenziteta (olujne padavine) ili vremenu koncentracije sliva (Gericke and Plessis, 2011). Vreme koncentracije sliva (τ) je ključni vremenski parametar odziva sliva, potreban za predviđanje maksimalnih zapremina oticaja (Perdikaris et al., 2018). Vreme koncentracije sliva (τ) predstavlja vreme doticaja kišne kapi od najudaljenije tačke sliva do njegovog recipijenta, i ono je u Projektu (Pantelić, 1966) određeno jednačinom Venturija, gde je izraženo u funkciji površine sliva:

$$\tau = 0,315 \cdot \sqrt{F} \quad (4)$$

Gde je F - površina sliva u km^2 .

Merodavna visina padavina, dobijena je korišćenjem klimatske funkcije Montanarija, koja se izvodi za svako analizirano područje posebno, i glasi:

$$h = a \cdot t^n \quad (5)$$

Gde su: h – merodavna visina padavina (mm), a i n - konstante koje zavise od hidroloških svojstava analiziranog područja, dok t predstavlja trajanje padavina (dani).

Rajić i Josimov-Dunđerski (2009) navode da za područje Vojvodine važe vrednosti koeficijenta $a=64$ (što predstavlja prosečnu jednodnevnu maksimalnu visinu padavina za područje Vojvodine) i $n=0,415$, pa tada Montanarijeva funkcija dobija oblik:

$$h = 64 \cdot t^{0,415} \quad (6)$$

Na osnovu funkcije Montanarija i vremena koncentracije sliva (τ), Nemet daje formulu za vreme trajanja merodavne kiše:

$$t = \frac{n}{1-n} \cdot \tau \quad (7)$$

U projektu (Pantelić, 1966), trajanje merodavne kiše je usvojeno na osnovu analize dijagrama padavina u vremenu t i doticaja kišne kapi u vremenu τ . Za jedan određeni sliv karakteristična su tri slučaja:

- (1) Vreme trajanja kiše jednako je vremenu doticaja ($t=\tau$);
- (2) Vreme trajanja kiše je veće od vremena doticaja ($t>\tau$);
- (3) Vreme trajanja kiše je manje od vremena doticaja ($t<\tau$).

Dalje se navodi da se maksimalni jedinični proticaj javlja u slučaju kada je trajanje merodavne kiše veće ili jednako od vremena doticaja kišne kapi sa najudaljenije tačke sliva, odnosno $t \geq \tau$. U projektu je nakon analize višednevnih uzastopnih padavina vegetacionog perioda, usvojeno da trajanje merodavne kiše bude $t=3$ dana. Ovu vrednost merodavne kiše su projektanti koristili prilikom daljeg proračuna hidromodula odvodnjavanja.

Rezultati i diskusija

Određivanje koeficijenta oticaja i modula odvodnjavanja, korišćenjem empirijskih formula autora Nemeta i Turazza, izvršeno je na osnovu analize aktuelnih uslova koji vladaju na slivu. Najzahtevniji deo metode predstavlja što preciznije određivanje parcijalnih koeficijenata oticaja, koji su dati u funkciji pada terena (α_1), propustljivosti zemljišta (α_2) i obraslosti zemljišta (α_3).

Analizom projektne dokumentacije, na osnovu podužnih profila Glavnog kanala, koji sve vode sa analiziranog sliva vodi do crpne stanice „Žabalj”, određen je srednji pad kanala, koji iznosi 0,011%. Na osnovu ove vrednosti i činjenice da je u pitanju izrazito ravničarsko područje, za koeficijent u funkciji pada terena, usvojena je minimalna vrednost iz Tabele 1, $\alpha_1=0,01$.

Parcijalni koeficijent u funkciji propustljivosti zemljišta (α_2), dobijen je na osnovu tipova zemljišta zastupljenih na ovom području i njihovih drenažnih karakteristika. Određivanje kompleksne vrednosti koeficijenta α_2 , predstavljeno je u Tabeli 4. Na osnovu procentualnog učešća različitih tipova zemljišta i dodeljivanih vrednosti iz Tabele 2, dobijena je vrednost koeficijenta u funkciji propustljivosti zemljišta koja važi za ceo sliv i iznosi $\alpha_2=0,22$.

Parcijalni koeficijent u funkciji obraslosti zemljišta (α_3), dobijen je analizom CORINE Land Cover 2012 baze podataka, koja sadrži informacije o nameni i karakteristikama zemljišnog pokrivača. Zastupljenost površina različite namene i vrste zemljišnog pokrivača predstavljena je na Slici 3.

Analiza podataka o nameni i karakteristikama zemljišnog pokrivača pokazuje da je na području podsistema Žabalj najzastupljenije nenavodnjavano obradivo zemljište sa udelom od preko 85%. Zastupljenost ostalih tipova površina i određivanje kompleksne vrednosti koeficijenta α_3 , prikazano je u Tabeli 5. Usvojena vrednost koeficijenta u funkciji obraslosti zemljišta, koja važi za ceo sliv iznosi $\alpha_3=0,11$. Na osnovu formule (3), dobijen je i ukupni koeficijent oticaja analiziranog područja, koji iznosi $\alpha=0,34$. Ova vrednost koeficijenta oticaja je manja u odnosu na onu usvojenu projektom iz 1966. godine, koja je za tadašnje uslove iznosila $\alpha=0,43$.

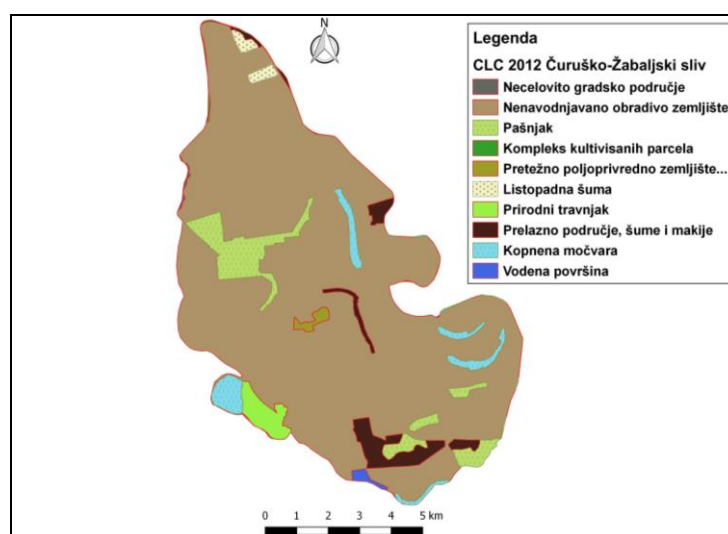
Tabela 4

Proračun parcijalnog koeficijenta u funkciji propustljivosti zemljišta (α_2)

Table 4

Estimating the partial runoff coefficient in the function of soil permeability (α_2)

Tip zemljišta	Udeo (%)	Drenažna klasa	α_2	Kompleksna vrednost koeficijenta α_2
Aluvijalno zemljište na ritskoj crnici	25,45	II	0,16	0,04072
Aluvijalno peskovito zemljište	3,74	III	0,08	0,00299
Aluvijalno zaslanjeno zemljište	4,98	II	0,16	0,00797
Ritska crnica karbonatna zaslanjena	0,46	I	0,26	0,00119
Ritska smonica	38,92	I	0,26	0,10119
Ritska smonica zaslanjena i alkalizovana	1,30	I	0,26	0,00339
Livadaska crnica karbonatna na lesnoj terasi	0,01	IV	0,04	0,00000
Ritska crnica beskarbonatna	13,73	I	0,26	0,03569
Černozem solonjecasti	0,85	III	0,08	0,00068
Solonjec	0,22	I	0,26	0,00058
Černozem beskarbonatni	0,72	IV	0,04	0,00029
Černozem sa znacima oglejavanja u lesu	0,22	IV	0,04	0,00009
Močvarno glejno zemljište	9,38	I	0,26	0,02439
Solončak	0,01	I	0,26	0,00003
Černozem karbonatni (micelarni) na lesnoj terasi	0,02	V	0,05	0,00001
$\Sigma=$	100			0,21921



Slika 3. Karta CORINE Land Cover 2012 - namena i karakteristike zemljišnog pokrivača Čuruško-Žabaljskog sliva

Figure 3. CORINE Land Cover 2012 map - purpose and characteristics of land cover of Čurug-Žabalj catchment

Tabela 5Proračun parcijalnog koeficijenta u funkciji obraslosti zemljišta (α_3)**Table 5**Estimating the partial runoff coefficient in the function of land growth (α_3)

Opis površine	Udeo (%)	α_3	Kompleksna vrednost koeficijenta α_3
Necelovito gradsko područje	0,09	0,30	0,00026
Nenavodnjavano obradivo zemljište	85,26	0,11	0,09379
Pašnjak	5,50	0,21	0,01154
Kompleks kultivisanih parcela	0,11	0,11	0,00013
Pretežno poljoprivredno zemljište sa većim područjima prirodne vegetacije	0,41	0,11	0,00046
Listopadna šuma	0,66	0,04	0,00026
Prirodni travnjak	1,54	0,21	0,00323
Prelazno područje, šume i makije	3,36	0,04	0,00134
Kopnena močvara	2,78	0	0
Vodena površina	0,28	0	0
$\Sigma=$	100		0,11102

Na osnovu formule (4), izračunato je vreme koncentracije sliva (τ) koje iznosi 3,06 dana. Računski dobijeno vreme trajanja merodavne kiše, na osnovu formule (7) iznosi:

$$t = \frac{0,415}{1 - 0,415} \cdot 3,06 = 2,2 \text{ dana} \quad (8)$$

Sledeći pretpostavku da se maksimalni jedinični proticaj javlja u slučaju kada je trajanje merodavne kiše veće ili jednako od vremena koncentracije sliva, odnosno $t \geq \tau$, u daljem proračunu je usvojeno da je $t = \tau$, odnosno $t = 3,06$ dana.

Na osnovu funkcije Montanarija, i koeficijenta koji važe za područje Vojvodine, formulom (6) izračunata je merodavna visina padavina, koja iznosi $h = 101$ mm. Upotrebom formule (2) izračunat je i hidromodul odvodnjavanja, koji oslikava aktuelno stanje na slivu:

$$q_{\max} = 0,1157 \cdot \frac{0,34 \cdot 101}{3,06 + 3,06} \cdot 1,7 = 1,1 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1} \quad (9)$$

Uredni prikaz dobijenih novih vrednosti sa vrednostima usvojenim u Glavnom projektu odvodnjavanja Čuruško-Žabaljskog sliva (Pantelić, 1966) prikazan je u Tabeli 6. Dobijeni rezultati pokazuju da je hidromodul odvodnjavanja od $q_{\max} = 1,1 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, koji predstavlja aktuelno stanje na slivu, veoma blizak modulu usvojenom u projektu, koji je iznosio $q_{\max} = 1,0 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$.

Tabela 6

Uporedni prikaz vrednosti iz projekta i dobijenih novih vrednosti

Table 6

Comparative overview of values from the project and obtained new values

Parametar	Vrednosti iz projekta (Pantelić, 1966)	Nove vrednosti	Jedinica
α_1	0,01	0,01	-
α_2	0,25	0,22	-
α_3	0,17	0,11	-
α	0,43	0,34	-
t	3	3,06	dani
T	3,06	3,06	dani
h	71,6	101	mm
q_{max}	1,0	1,1	$l\ s^{-1}\ ha^{-1}$

Zaključci

Iako smešten u centralnom delu vojvođanske ravnice, sa svim karakteristikama kulturne stepe i monotonije pejzaža, Čuruško-Žabaljski sliv predstavlja područje koje se izdvaja po svojim geomorfološkim i hidrografskim karakteristikama. Zbog tog svog specifičnog položaja, ovo područje je od davnina bilo ugroženo, kako od spoljnih voda reke Tise, tako i od unutrašnjih voda, koje su se ovde zadržavale i zbog kojih je ovo područje poznato i kao Čuruško-Žabaljski rit. Problem zadržavanja viškova voda i spuštanje nivoa voda prve izdani na ovom području rešeno je izgradnjom sistema za odvodnjavanje, čime je omogućena intenzivna poljoprivredna proizvodnja. Pored postojećeg sistema za odvodnjavanje i relativno velike kanalisnosti, na ovom području se i dalje povremeno javljaju vodoleži, koje onemogućavaju pravovremenu primenu agrotehnike i utiču na smanjenje prinosa gajenih kultura. Stoga je u ovom radu sproveden proračun koeficijenta oticaja i hidromodula odvodnjavanja, na taj način što su sadašnji uslovi na slivu i veličine za dimenzionisanje odvodnog sistema upoređeni sa onima koji su predstavljeni u Glavnom projektu odvodnjavanja Čuruško-Žabaljskog sliva. Analiza je obuhvatila donji deo sliva uz reku Tisu (Žabaljski podsistem), jer je ovo područje zbog svog visinskog položaja najugroženije unutrašnjim vodama.

Dobijeni rezultati pokazuju da je hidromodul odvodnjavanja, koji oslikava aktuelno stanje na slivu veoma blizak onome usvojenom u projektu. U takvoj situaciji, brojke govore da sistem svojim kapacitetom zadovoljava i u sadašnjim uslovima na slivu. Rešenje problema viškova vode, koji ostaju na slivu i posle predviđenih rokova za evakuaciju, treba tražiti u redovnom održavanju melioracionih kanala i primeni dodatnih meliorativnih mera. Kako je na zemljištima „težeg” mehaničkog sastava otežano proceđivanje vode, u takvim situacijama treba razmotriti primenu horizontalne cevne drenaže ili biodrenaže (Vranešević et al., 2017). Uzimajući u obzir kompleksnost odvodnjavanja Čuruško-Žabaljskog sliva, uz postojeću infrastrukturu i sprovođenje mera u cilju unapređenja stanja sliva u meliorativnom smislu, može se očekivati maksimalna iskorišćenost poljoprivrednog potencijala ovog područja.

Zahvalnica

Rad predstavlja rezultat istraživanja na projektu Interreg - IPA CBC Hungary - Serbia (HUSRB/1602/11/0057): WATERatRISK - Improvement of drought and excess water monitoring for supporting water management and mitigation of risks related to extreme weather conditions, kofinansiran od strane Evropske unije.

Literatura

- Avakumović, D. 2005. Hidrotehničke melioracije - Odvodnjavanje. Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet. Beograd.
- Belić, S., Conić, J., Škorić, M., Stojšić, M., Šević, Đ., Stojiljković, D., Zdravić, M., Nešković-Zdravić, V. 1995. Zaštita zemljišta od suvišnih unutrašnjih voda - Odvodnjavanje. In: Belić, S. (Eds.): Monografija Hidrotehničke melioracije u Vojvodini. Institut za uređenje voda. Novi Sad.
- Gericke, O.J., du Plessis, J.A. 2011. Evaluation of critical storm duration rainfall estimates used in flood hydrology in South Africa. Water SA. Vol. 37. No. 4: 453-470.
- Miljković, N. 2005. Meliorativna pedologija. Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, JVP Vode Vojvodine. Novi Sad.
- Несторов, И., Пphttps://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/corine-land-cover-2012. European Environment Agency. Corine Land Cover 2012. Pristupljeno 04.10.2018.
- отић, Д. 2006. Имплементација CORINE Land Cover пројекта у Србији и Црној Гори. Геодетска служба. 105: 25-29.
- Kang, M.S., Goo, J.H., Song, I., Chun, J.A., Her, Y.G., Hwang, S.W., Park, S.W. 2013. Estimating design floods based on the critical storm duration for small watersheds. Journal of Hydro-environment Research 7: 209-218.
- Kolaković, S., Trajković S. 2006. Hidrotehničke melioracije - Odvodnjavanje. Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu.
- Pantelić, P. 1966. Odvodnjavanje Čuruško-Žabaljskog sliva (Glavni projekat). Hidrozavod: Projektni biro direkcije za izgradnju hidrosistema Dunav-Tisa-Dunav. Novi Sad.
- Perdikaris, J., Gharabaghi, B., Rudra, R. 2018. Reference Time of Concentration Estimation for Ungauged Catchments. Earth Science Research. Vol. 7. No. 2: 58-73.
- Rajić, M., Josimov-Dunderski, J. 2009. Opšta hidrologija. Univerzitet u Novom Sadu. Poljoprivredni fakultet. Novi Sad.
- Vranešević, M., Belić, S., Kolaković, S., Kadović, S., Bezdan, A. 2017. Estimating suitability of localities for biotechnical measures on drainage system application in Vojvodina. Irrig. and Drain. 66: 129–140.
- Živković, B., Nejgebauer, V., Tanasijević, Đ., Miljković, N., Stojković, L., Drezgić, P. 1972. Zemljišta Vojvodine. Institut za poljoprivredna istraživanja. Novi Sad.

Calculation of the runoff coefficient and drainage hydromodule of the Čurug-Žabalj catchment

Atila Bezdan^a, Radoš Zemunac^{a*}, Milica Vranešević^a, Andrea Salvai^b

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

^bUniversity of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Ph.D. student, Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: zemunac.rados@polj.uns.ac.rs

ABSTRACT

The most important step in solving the problem of drainage of some area and dimensioning of drainage systems is the determination of drainage hydromodule. This procedure is preceded by detailed analyzes of the catchment area (hydrological, hydrogeological, pedological and land use analyzes). The use of empirical formulas of different authors is one of the methods for determining the drainage hydromodules. These formulas can be of regional character, while some are applicable in different parts of the world. However, the final choice of the method depends on the availability of input data. The Čurug-Žabalj catchment represents an area that is distinguished by its geomorphological and hydrographic characteristics. Due to its specific position, the area is endangered, both from outside and from internal waters. In the paper, using the formulas of authors Nemet and Turazzo, the calculation of the runoff coefficient and drainage hydromodul was performed. The main focus is on the use of modern tools and databases on soil characteristics in order to determine the drainage hydromodule using a "traditional" method. The obtained results show that the drainage hydromodule, which reflects the current state of the catchment is very close to the one that was adopted in the project. The solution to the problem of excess water kept on the catchment after the scheduled evacuation deadlines should be sought in the regular maintenance of the drainage channels and the application of additional ameliorative measures. As water percolating is difficult on the "heavy" soils, in such situations the use of horizontal pipe drainage or biotechnical measures should be considered. Taking into consideration the complexity of the drainage of the Čurug-Žabalj catchment, using the existing infrastructure and implementation of measures in order to improve the condition of the catchment in a meliorative sense, maximum agricultural potential utilization of this area can be expected.

KEY WORDS: Čurug-Žabalj catchment, draining, runoff coefficient, GIS

Primljen: 26.11. 2018.

Prihvaćen: 26.12. 2018.