

UPRAVLJANJE POPLAVAMA NA VELIKIM REKAMA KROZ ISTORIJU I NOVE STRATEGIJE U SVETLU KLIMATSKIH PROMENA

Srđan KOLAKOVIĆ, Slobodan KOLAKOVIĆ
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

Sandor KOVACS
Central Tisza Regional Directorate of Water Management, Szolnok, Hungary

REZIME

Vrlo često su inženjeri spremni da istorijat hidrotehničkih radova na nekom području vezuju za period u kome su oni strvarali. Međutim, istorijat razvoja vodoprivrede na ovim područjima datira još od kraja XVI veka. Naročito se ukazuje na aspekt zaštite od velikih voda, faktički strategija u ovoj oblasti vodoprivrede je uspostavljena u prvoj polovini XIX veka, primenjuje se i danas. Ona se sastoji od izgradnje i stalnog nadvišenja nasipa uz reke bez mogućnosti upravljanja poplavnim talasom. Napredak geoprostornih tehnologija (Global Positioning System (GPS), daljinskog očitavanja (Remote Sensing (RS)) i Geografski informacionog sistema (GIS) omogućili su prikupljanje podataka i analize poplava, mapiranje rizika, na mnogo brži i precizan način. Analiza godišnjih maksimalnih vodostaja od 1876.g., kad su počela organizovana merenja na vodomernim stanicama, ukazuje da se kod Dunava ne mogu uočiti trendovi povećanja kao posledice klimatskih promena. Kod Tise je to izražajnije ali su veći uticaj imale morfološke promene. Činjenica je da je u zadnjih 15 godina došlo do učestalije pojave većih „pikova“ međutim taj period je kratak da bi se donosili dugoročni zaključci.

Ključne reči: poplave, klimatske promene

1. UVOD

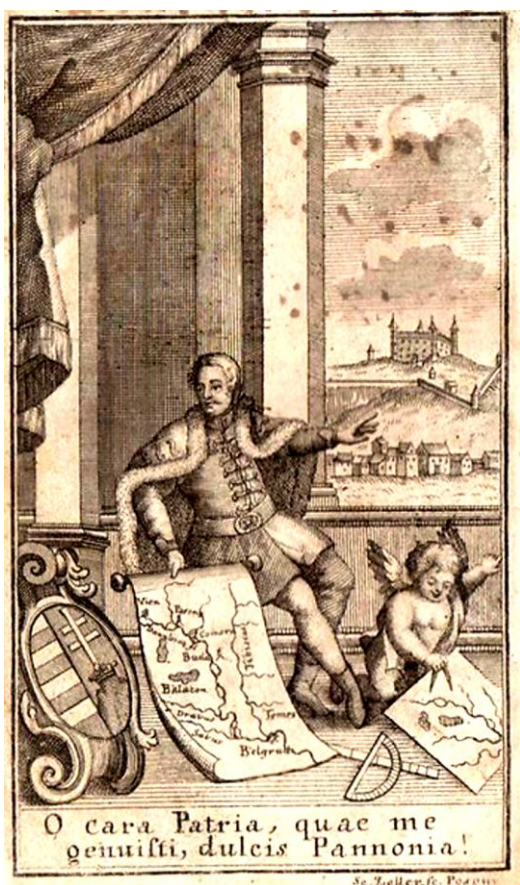
Vodoprivreda delatnost na ovim područjima datira iz kraja XVI veka, tačnije njeni začeci vezani su za zakonski akt o vodama iz 1569. g. Ovaj akt doneo je Ugarski sabor i odnosi se na obavezu čišćenja rečnih korita od prepreka koje su ometale plovību ali i prolazak poplavnih talasa. Posle ovog zakonskog akta,

koji se nije toliko precizno bavio merama i aktivnostima na odbrani od poplava, mnogo je značajniji Dekret iz 1780. g. “O plovīdbi i hidrotehničkoj službi”, koji je donela Marija Terezija posle velikih poplava na Dunavu 1770. g. Ovo je prvi zakonski akt koji je sadržao 14 tačaka i regulisao problematiku organizovanja plovīdbe ali i odbrane od velikih voda. Sa aspekta odbrane od poplava najvažnija je tačka 4., koja definiše da inženjer odgovoran za svoju deonicu mora najmanje dva puta godišnje (a obavezno posle poplava i prolaska leda) da obiđe svoju deonicu i da zabeleži sve promene ali naročito da izmeri sve promene u rečnom koritu i dubinu vode. U 12-oj tački se direktno naređuje da nadležni inženjeri imaju zadatak da preduzmu mere za zaštitu od poplava niskih inundacija, kao i da daju predloge kako da ove površine koje su močvare i baruštine pretvore u oranice. Kad se pogledaju karte Dunava iz tog perioda može se uočiti da sve do kraja XVIII veka nije bilo većih hidrotehničkih zahavata na izgradnji nasipa.

Ovde je važno napomenuti i naredbu Josifa II (naslednik Marije Terezije) iz 1785. g. o kartiranju reka. Ova aktivnost je bila unutar mnogo šire aktivnosti premeravanja zemljišta i stvaranja katastra u Austro-Ugarskoj monarhiji. Treba naglasiti da je tvorac moderne kartografije na ovim prostorima bio Samuel Mikovini (1700-1750), slovak, koji je završio studije matematike i geometrije u Jeni. Pošto je u tadašnjoj Ugarskoj bila česta mađarizacija ostalih naroda koji su živeli u njoj tako ga i Slovaci i Mađari smatraju **prvim slovačko-mađarskim inženjerom** (Slovak-Hungarian polymath) [9][14]. Slobodno možemo reći i prvim hidrotehničkim inženjerom koji je stvarao na ovim našim područjima. Interesantno je da su se tada mladi ljudi školovali iz matematike i geometrije a kasnije su

kroz praksu postajali stručnjaci za pojedine tehničke grane, pa i za hidrotehniku.

Makovini 1735.g. postaje kraljevski inženjer bez obzira što je bio matematičar, jer tada još nije postojala inženjerska škola. Formira Rudarsku školu i postaje prvi profesor *matematike, mehanike, hidraulike i geodetskih metoda*. Njegov najvažniji poduhvat, sa aspekta hidrotehnike, je prva upotrebljiva hidrotehnička karta Dunava 1735-1750, jer je poznatija Marsiljjeva karta Dunava (1726. g.) bila dosta netačna i samim tim neupotrebljiva za projektovanje i izgradnju hidrotehničkih objekata.



Slika 1. Portret Samuela Makovnog sa hidrografskom kartom Dunava, Drave, Save i Tise i natpisom „*Oh, draga Domovino, koja si me rodila, slatka Panonijo*“ [14]

Tokom XVIII veka nije bilo nekih značajniji zahvata na izgradnji zaštitnih objekata od velikih voda, više su se radovi svodili na čišćenju major korita od vegetacije i glavnog korita od zaostalih prepreka. Dokaz za to je

karta Dunava koju su koristila braća Kiš (*Kiss József* i *Kiss Gabor*) za projektovanje „Franc Jozefovog kanala“ ili „Velikog bačkog kanala“ koji je spajao Dunav i Tisu od Bačkog Monoštora do Bečeja.



Slika 2. Karta Dunava iz 1792. g. sa ucrtanim planom kanala B. Monoštor-B.Gradište [13]

2. POČECI ŠKOLOVANJA HIDROTEHNIČARA

Za problematiku stvaranja uslova za izgradnjom hidrotehničkih objekata na velikim rekama, na ovom području Evrope, kao što su Dunav, Tisa i Sava, bilo je neophodno izškolovati kvalitetne kadrove koji će to značajki uraditi. U vremenu o kojem se govori, kao začetku izgradnje hidrotehničkih objekata na pomenutim rekama, važno je napomenuti da je veliki broj kadrova završio Inženjersku vojnu akademiju koja je u Beču osnovana 1717. g. na inicijativu vojvode Eugena Savojskog. Ovu akademiju su završili i tvorci „Velikog Bačkog kanala“ (Kanala Dunav-Tisa 1795-1802) braća

Kiš. Za kasnije njihove radove bitno je napomenuti da je Jožef Kiš posle završetka Inženjerske vojne akademije 1768.g. bio na studijskom boravku u Velikoj Britaniji gde je i prikupio neophodna znanja za kasnije hidrotehničke radove na našim područjima. U Bačkoj se Jožef Kiš pojavljuje oko 1780.g., gde već 1785.g. pravi projekat i kopa kanal Kula-Vrbas do Crne Bare da bi se odvodnjavalo okolno zemljište. Ovo je začetak kasnije izgrađenog Velikog Bačkog kanala.

Najznačajniji momenat na školovanju hidrotehničkih stručnjaka, koji će tokom XIX veka izgraditi mnogobrojne objekte za zaštitu od poplava, je osnivanje Geometrijskog instituta 30.08.1782. g. u sklopu Univerziteta u Budimpešti. Vrlo brzo ova visokoškolska institucija će dobiti naziv "Institutum Geometricum et Hidrotehnicum", koja 1850.g. prerasta u Građevinski fakultet. **Ovaj Institut se smatra prvom tehničkom školom univerzitetskog nivoa u Evropi.**

Interesantno je obrazloženje Josifa II za potpisivanje dekreta o osnivanju ove škole: „Pošto prvenstveno u Ugarskoj, i u **priključenim provincijama** postoji potreba za merničkim, hidrotehničkim i tehničkim naukama, jer su ... posedovni odnosi prilično zamršeni i **postoje velike površine pod vodom i močvarama**, gde su mlinske ustave prilično rđavo konstruisane, gde su javni putevi zapušteni, očigledno je potrebno negovanje tih nauka“ [13].

Ovu školu, dok nije prerasla u Građevinski fakultet, je do 1850. g. završilo 1275 hidrotehničkih inženjera, odnosno 20-setak godišnje, koji su se isključivo bavili uređenjem reka na ovim područjima i **postavili strategiju koja se provlači sve do današnjih dana.**

U to vreme se građevinarstvo i hidrotehnika još smatraju veštinama, sama reč inženjer potiče od latinske reči **ingeniosus** što u prevodu znači talentovan, sposoban da pronade nešto novo, novo rešenje. Vremenom ova veština sa iskustvom ali uz poznavanje matematike, geometrije i fizike prerasta u tehničke nauke.

3. ISTORIJAT HIDROTEHNIČKIH RADOVA NA ODBRANI OD POPLAVA

Arheološki podaci ukazuju da je Dunav nekad tekao ispod zapadne i južne padine Telečke visoravni, otprilike trasom današnjeg kanala Beždan-Bečej. Kasnije je polako menjao trasu prema jugu dok nije 'udario' o padine Fruške Gore [6]. Dokaz za ovo je i

Laciusova karta iz 1556.g. gde se vidi da Dunav još u potpunosti nije "udario" u Frušku goru.



Slika 3. Karta Dunava („Laciusova karta“) iz 1556.g. [1]

Ako izuzmemo manje zahvate na izgradnji nasipa pored Dunava, to se odnosi i na faktički prve lokalne nasipe izgrađene u Novom Sadu posle velikih poplava 1770.g., za prve veće zahvate smatraju se periodi oko 1804. g. Kada je građen nasip Kolut-Bezdan-Bački Monoštor kao i 1844–1871 kada su građeni nasipi Bogojevo-Karavukovo-Vajska. Dokaz za ovu tvrdnju je i karta koju su uradila braća Kiš 1792.g. prikazana na Sl.2.

Može se reći da su tek 1860.g. počeli veliki organizovani radovi na izgradnji nasipa pored Dunava i Tise i oni su većinom završeni do I svetskog rata [4]. Tadašnji normativi su predviđali da se nasipi grade od glinovitog koherentnog materijala, kota krune je bila 1,0 m **iznad do tada najveće zabeležene vode**, nagib nebranjene kosine prema vodi 1:3 a branjene kosine 1:2, sa širinom krune od 4,0 m.

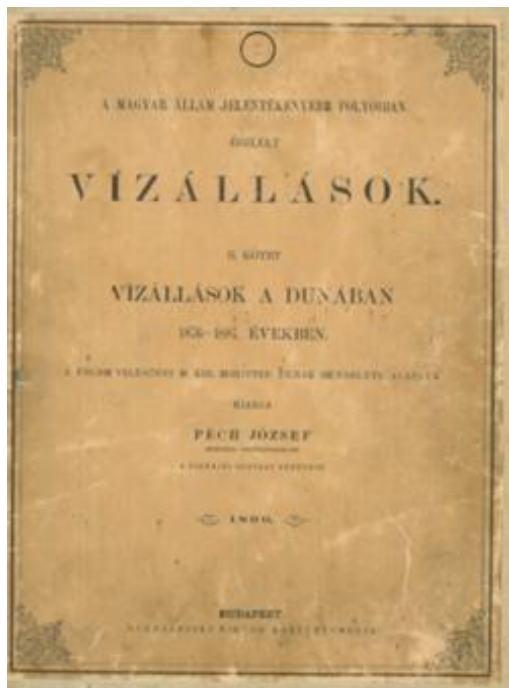
Smatra se da je formiranje pozicije odbrambene linije oko Dunava faktički završeno do I svetskog rata, s tim da je i kasnije ona dopunjavana. Kao što je izgradnja nasipa od Novog Sada do Futoga 1947. g., do te godine se Novi Sad uzvodno branio nasipom u Šumskoj ulici koji i danas postoji. Međutim, sa aspekta uticaja na formiranje špica poplavnog talasa ove manje intervencije nisu značajnije uticale a što pokazuje i trend maksimalnih godišnjih vodostaja u poslednjih 130 godina (za v.s. Novi Sad od 1876). **Ova godina je bitna**

jer je posle nje i katastrofalnih poplava, doneta odluka o svakodnevnom merenju vodostaja na vodomernim stanicama na Dunavu, Tisi i Savi. Ti podaci se čuvaju u hidrološkim godišnjacima i omogućavaju nam tačnije hidrološke analize. Faktički sve vodomerne stanice u Srbiji na Dunavu, Savi i Tisi su tada uspostavljene, čak su i „0“ vodomera iste osim manjih korekcija.

Maksimum poplavnog talasa je postignut 21.03.1876.g. od 746 cm. Uz korekciju „0“ vodomera, koja je u Novom Sadu promenjena 1888. g. (podignuta za 103 cm) to bi bio vodostaj od:

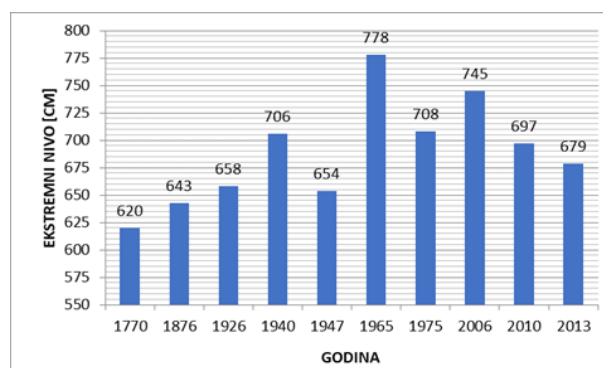
$746 - 103 = 643$ cm ili kotom od $71.73 + 6.43 = 78.23$ mm

Ovo se u potpunosti poklapa sa vodostajem koji je računat posredno [11] preko rekonstrukcije kote terena u Dunavskoj ulici gde je konstatovano da je po fotografiji nivo vode u Dunavskoj ulici oko 78.20 mm. Napominje se da autori tog rada nisu imali godišnjake iz 1876. g., koji su se uspeli nabaviti tek kasnije iz arhive mađarske vodoprivrede [7]. **Ovaj nivo je faktički bio maksimum sve do 1926. g.**



Slika 4. Prvi štampani godišnjak sa izmerenim dnevnim nivoima na velikim rekama kod nas (Dunav, Tisa, Sava, Drava, Begej, Tamiš, ...) iz perioda organizovanog početka merenja 1876-1887. g. [7]

Za istorijat odbrane od poplava i pojavu velikih voda interesantan je navod iz istorijskih arhiva [11] povodom poplave iz 1876. koji je napisao formirani Odbor "Slavnom Predsedništvu slobodne kraljevske varoši u Novom Sadu (aprila 28., 1876.godine) gde piše: „da je vodostaj zabeležen 21.03.1876. g. bio veći od onog zabeleženog pri *prethodnoj velikoj poplavi 1770.*“ Na osnovu ovog navoda se zaključuje (Dragović S. i dr, 2005; Milošev Ž., 2005, 2009) da je **vodostaj 17.06.1770. g. bio oko 620 cm .**



Slika 5. Grafik ekstremnih nivoa u proteklih 246 godina na Dunavu kod Novog Sada [7]

Ako se uzme u obzir period od 1770. g. do 2016. g., od oko 250 godina vidimo da su se u ovom periodu pojavili ekstremni vodostaji 10 puta.

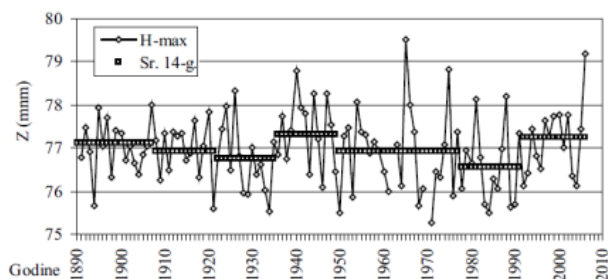
4. MOGUĆI MORFOLOŠKI I KLIMATSKI UTICAJI NA VELIKE VODE

Vrlo često se u javnosti u poslednjih nekoliko godina raspravlja o uticaju morfoloških promena korita za velike vode a naročito klimatskih promena na trend povećanja učestalosti ali i visine poplavnog talasa na našim velikim rekama.

U radu [10] autori zaključuju da se uočava rastući trend poplava i konstatuju da se na osnovu analize trenda datog u tom radu uočava povišenje najekstremnijih velikih voda za oko 1,60 m u ukupnom period od 1770-2009. g., a u poslednjih 80 godina (1926-2009.g.) za 1,20 m. Ovo tumače morfološkim promenama rečnog korita ali i **klimatskim** i antropogenim uticajima.

Navode da je jedan od glavnih uzroka izgradnja nasipa za odbranu od poplava na srednjem toku Dunava i izuzimanje od izlivanja više stotina hiljada hektara.

Napominju da su najintenzivniji radovi na izgradnji nasipa bili u drugoj polovini XIX i početkom XX veka. Autori su ove zaključke izveli na osnovu usvojenog 14-o godišnjeg ciklusa upoređujući 7 takvih ciklusa. Dobijeni rezultati ukazuju da se u tom četrnajstogodišnjem hidrološkom ciklusu javljaju po jedan ekstremni i jedan sušni događaj.



Slika 6. Maksimalni godišnji vodostaji Dunava i njihove 14-o godišnje prosečne vrednosti, period 1891-2006 g. na v.s. Novi Sad [11]

Međutim od tada je proteklo 24 godine i podaci u proteklom periodu ne potvrđuju u potpunosti ovu pretpostavku. Takođe i konstatacije da su velike vode Dunava kod Novog Sada od 1770. g. porasle za 1,60 m, a od 1926. g. (zadnjih 80 godina) za 1,20 m, proistekla je iz prostog oduzimanja vodostaja iz 1965. g. i vodostaja iz 1770. g. i 1926. g.

(1965. g.) 778 cm – (1770. g.) 620 cm = 1,58 m

(1965. g.) 778 cm – (1926. g.) 658 cm = 1,20 m

Ove konstatacije su dosta paušalno iznete bez naučne potpore, zbog toga se u [7] ova problematika detaljnije istražuje **kombinacijom hidroloških i hidrauličkih modela**. Naime, ne mogu se prosto upoređivati nivoi raznih poplava bez statističke analize verovatnoće pojave. Konačno u 246 godina statistički gledano pojavila se 100-godišnja poplava, 200-godišnja a možda i 1000-godišnja, jer i ona mora da se pojavi u nekom vremenskom periodu.

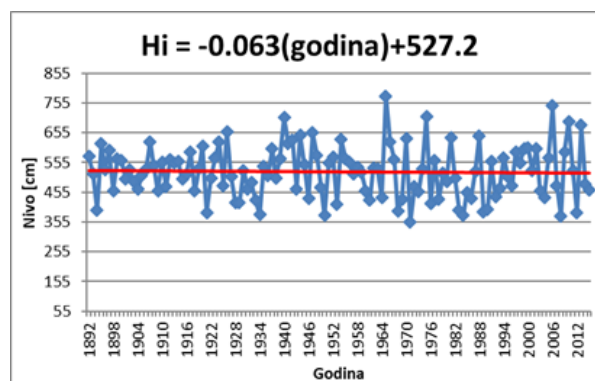
Tablica 1. Upoređenje godišnjih masimalnih nivoa u posmatranim periodima za v.s. Novi Sad

Periodi posmatranja	1892-2015	1892-1950	1950-2015
H_{sr} (cm)	523	527	519
σ (cm)	85	74	94

Analize prikazane u Tab.1. ukazuju da je srednja vrednost makimalnih godišnjih vodostaja skoro identična, čak je u prvom periodu 1892-1950 nešto malo i veća. Sa druge strane standardna devijacija je nešto veća u poslednjih šezdeset godina, što može da ukaže na obeležja klimatskih promena, u smislu **blagog** prelaska iz kontinentalne u suptropsku.

Čak ako se usvoji pretpostavka da je nivo Dunava od 1770. g. veći za 1,60 m to onda ukazuje da bi ta poplava imala danas nivo od $620+160=780$ cm. Uzevši svih ovih 246 godina u obzir dolazimo do zaključka da ni jedne godine nije prevaziđen nivo izračunatog $H(1\%)$, osim možda 1965. g., dilema je zbog prodora nasipa na četiri lokacije.

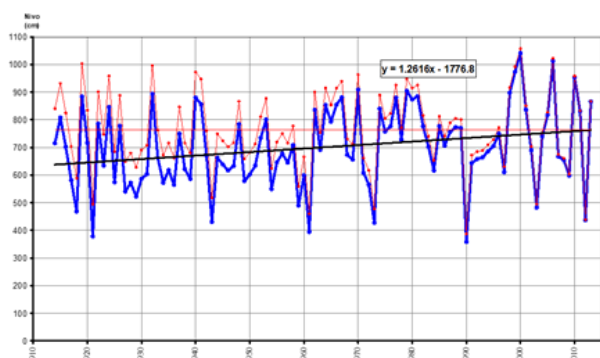
U rezultatima statističke obrade nivoa vode na Sl. 7 ukazuju da što se tiče trenda maksimalnih godišnjih vodostaja za v.s. Novi Sad on je faktički horizontalan, nema pozitivnog ili negativnog trenda. Primer analize trenda maksimalnih godišnjih vodostaja sproveden je za vodomernu stanicu Novi Sad, pre svega zbog značaja ovog grada i njegove okoline, ali i zbog više istorijski zabeleženih katastrofalnih poplava.



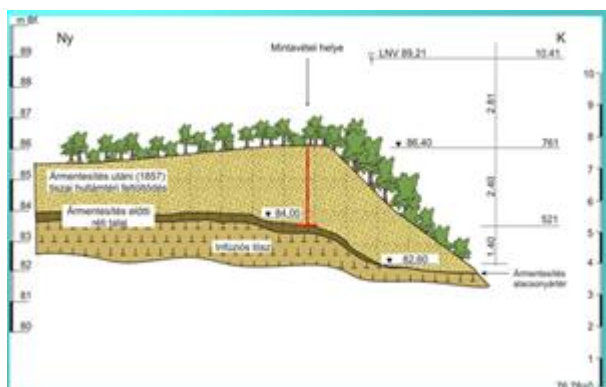
Slika 7. Trend maksimalnih god. nivoa na v.s. Novi Sad

Slične analize su vršene i za Tisu i one su dale nešto drugačije rezultate. Naime, kod Tise je uočljiv trend povećanja maksimalnih godišnjih vodostaja (slika 8).

Međutim, analize su ukazale da je na taj trend mnogo više uticala imala promena morfologije, odnosno nadvišenje obala i inundacija Tise u poslednjih 150 godina od preko 2-3 m sa intenzivnim razvojem šuma i ostale vegetacije, od eventualnih klimatskih promena.



Slika 8. Trend godišnjih vodostaja na Tisi, v.s. Szolnok.



Slika 9. Nadvišenje obale na gornjem delu Tise od 1857. g. do sada [8].

U ovakvim slučajevima pre statističke analize godišnjih maksimuma vrši se korekcija izmerenih, crvena linija označava izmenjene podatke shodno liniji trenda, koji su korišteni za proračun merodavnih nivoa.

5. NOVE STRATEGIJE USMERE KA UPRAVLJANJU POPLAVNIM TALASOM

Kao što se u UVODU napomenulo postojeća strategija odbrane od poplava je uspostavljena još u prvoj polovini XIX veka i svodila se na pasivne mere izgradnje nasipa duž rečnih tokova. Posle svake veće poplave ovi nasipi su nadvišavani i uspostavljana je nova merodavna velika voda (MVV). Idikativna je izjava Nikole Mirkova (1890-1957), idejni tvorac HS DTD, iz 1924.g.koja se može primeniti i danas:

“Prema starim, današnji nasipi su impozantni, pa još uvek ne možemo ni za ove reči da su sigurni, oni su samo mnogo sigurniji nego nekadašnji.”

Poplave razarajućih razmera koje su pogodile Srbiju 2006. godine, a naročito u maju 2014. godine, ponovo su aktualizovale javni dijalog o neophodnosti uvođenja programa za sprečavanje i ublažavanje posledica prirodnih katastrofa na državnom i lokalnom nivou, uz podizanje svesti društvenih zajednica koje su izložene tom riziku. Da bi ovo postigli, neophodno je podići svest građana o važnosti da se spremno odgovori na hazard, što podrazumeva razvoj sistema za prevenciju i sistemski pristup analizi rizika i podložnosti katastrofama [15]. .

Društvo sve više priznaje da se poplave mogu kontrolisati samo do određene mere i da apsolutna zaštita od poplava ne postoji. Sve aktivne i pasivne mere zaštite od poplava treba da budu uključene u proces prostornog planiranja kako bi se prostor za njih obezbedio sada a koristio u budućnosti. To kod nas u praksi predstavlja izazovan zadatak jer su zemljišni resursi ograničeni a ljudske potrebe sve veće (izgradnja brana, akumulacija, izgradnja pregrada i kanala za odvođenje velikih voda, industrijski razvoj, širenje gradova, razvoj poljoprivrede...). Društvo sve više shvata da se poplave mogu kontrolisati samo do određene granice i da apsolutna zaštita ne postoji [2].

Do sada se u praksi puno pažnje, odnosno možemo reći sva pažnja usredsredila na određivanje 1% vodostaja prilikom nailaska poplavnog talasa. Međutim, parametri oticaja odstupaju, nekada i značajno, od onih povezanih sa vodostajima. Serije proticaja vezane za vreme mnogo preciznije prate promene koje se javljaju na nekoj reci nego vodostaji i iz tog razloga analize vremenske serije podataka o proticaju treba podići na viši nivo, odnosno izmerene podatke proširiti novim podacima koji su rezultat uspostavljenog hidrauličkog modela.

Ovde treba istaći da kod analize tokom vremena nivoa vode, kao parametra za definisanje MVV, dolazi se do problema homogenosti statističkog niza. Antropogeni uticaji na sliv (urbanizacija, izgradnja nasipa koji sužavaju životni prostor reke i samim tim povećavaju nivo za iste proticaje, morfološke promene korita) direktno utiču na vezu proticaj-vodostaj ($Q(H)$ kriva) pa je pitanje koliko je tačna statistička analiza velikih voda kroz vremenski period od sto i više godina. U tih sto godina, pre svega, došlo je do morfoloških promena u vidu obraslosti kosina usled ne održavanja, rečnog nanosa i podizanje novih pregrada u i po obodu korita čime su za iste proticaje tokom godina rasli nivoi. Odnosno, koliko je taj niz od sto i više godina (u kojima

je korito pretrpelo promene) homogen, a to je osnovni uslov za mogućnost primene teorijskih funkcija raspodele kojom se određuje poplavni talas većeg povratnog perioda od niza izmerenih podataka.

Perspektiva održivog razvoja koja se u oblasti upravljanja poplavama pominje od nedavno, dovodi do formiranja termina kao što su:

- integralno upravljanje poplavama,
- održivo ili holističko upravljanje poplavama,
- upravljanje rizicima od poplava.

Između ovih pristupa postoje blage razlike u značaju koji se, u zavisnosti od društvenih i ekonomskih karakteristika nekog područja, pridaje ciljevima upravljanja poplavama. Na primer, integralno upravljanje poplavama eksplicitno ima za cilj maksimiziranje efikasnog korišćenja plavnih područja uz minimiziranje gubitaka ljudskih života usled poplava. Upravljanje rizikom od poplava, i ako nema jedinstvenu definiciju, akcenat stavlja na smanjenje ukupnog rizika od poplava.

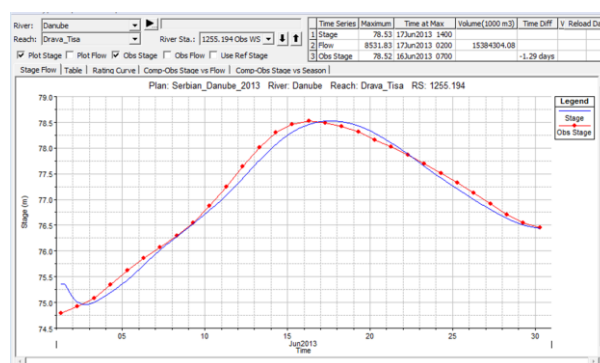
Prepoznavši potrebu za razvojem struke i istraživanja, a prevashodno radi definisanja zajedničke strategije Evropski parlament je doneo Direktivu 2007/60/EC (oktobra, 2007) o proceni i upravljanju rizicima od poplava (*Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks*). U Poglavlju 4 ovog rada detaljnije su date osnovne smernice, ali je bitno napomenuti da ove Direktive (u Evropskoj uniji Direktive predstavljaju zakonski akt koji uređuje neku oblast za celu teritoriju EU) kreću od dva osnovna polazišta:

- „*Poplave su prirodne pojave koje se ne mogu sprečiti*“ i
- „*Moguće je i poželjno smanjiti rizik od štetnih posledica poplava*“

Da bi se smanjio „*rizik od štetnih posledica poplava*“ sa poplavnim talasom se mora upravljati i kroz simulaciju raznih scenarija predvideti mere za smanjenje štetnih posledica. Za ovo je potrebno raspolagati sa hidrauličkim modelom koji ima dovoljnu tačnost koja će omogućiti tačnu procenu uticaja svake mere na špic (pik) poplavnog talasa. Na osnovu iskustava iz poplava u proteklih 150 godina (1876-2017.), za koje postoje podaci i zapisnici, a i iskustava iz rada [7], „dovoljna tačnost“ se procenjuje do greške od 10 cm.

Kao preduslov za tačnost hidrauličkog modela je i izrada preciznih modela terena DTM. Napredak geoprostornih tehnologija (Global Positioning System (GPS), daljinskog očitavanja (Remote Sensing (RS)) i Geografski informacionog sistema (GIS) omogućili su prikupljanje podataka i analize poplava, mapiranja rizika, na mnogo brži i precizan način.

Rezultati verifikovanog hidrauličkog modela Dunava sa njegovim pritokama (Drava, Tisa, Sava, Morava), čija je ukupna dužina 715 Km, ukazuju da je razlika izmerenih i izračunatih vrednosti nivoa maksimum 5-10 cm. Napominje se da je model kalibrisan na poplavni talas iz 2015.g., verifikovan na poplavni talas 2006.g. a na donjoj slici su prikazani rezultati simulacije za poplavni talas iz 2013.g. Kao rezultat ovog rada je proizašla i preporuka da se nivoi na velikim ravničarskim rekama mere 2-4 puta u toku dana, danas je praksa da se to radi samo jednom dnevno u 7:00 časova. Naime, zbog ove prakse dolazi do izvesnog pomeranja izmerenog i izračunatog nivograma u vremenskom smislu.



Slika 10. Rezultati simulacije poplavnog talasa iz 2013.g. na v.s. Vukovar (Dunav).

Vodomerna stanica Vukovar (Hrvatska) je udaljena od nizvodnog graničnog uslova, brana Đerdap 1, oko 400 Km. Jedna simulacija nestacionarnog strujanja 1D/2D hidrauličkog modela, uspostavljenog u ovom radu, za hidraulički model Dunava sa pritokama je dužine 715 Km, trajala je oko 90 minuta!

LITERATURA

- [1] Andrejev Nikita; „Vode Dunava i razvoj vodoprivrede u apatinskom i somborskom Podunavlju“; Kulturni centar, Apatin; 2004. COBISS.SR-ID 197051399.

- [2] APFM – Associated Programme on Flood Management, The role of Land-use Planning In Flood Management – A Tool for Integrated Flood Management, World Meteorological Organization, 2016.
- [3] Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks, Official Journal of the European Union L288, 06.11.2007., pp. 27-34.
- [4] Dragović S., Makismović L., Radojević V., Cicmil M., Pantelić S., Istorijски razvoj uređenja vodnog režima zemljišta primenom odvodnjavanja I navodnjavanja u vojvodini, *Vodoprivreda*, 0350-0519, 37, 2005, 216-218 UDK: 551.491.6/626.8.
- [5] Kolaković S., *VODE VOJVODINE - neki aspekti funkcionalnosti sistema za zaštitu od spoljnih i unutrašnjih voda na području Vojvodine*, Monografija, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2003.
- [6] Kolaković S., Budimski Lj., Vujović S., Jeftenić G., Mašić B., Kolaković S.S., Studija: Druga odbrambena linija pored leve obale Dunava u funkciji zaštite od velikih voda Novog Sada, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, avgust 2011.
- [7] Kolaković S.S., Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, 2017.
- [8] Kovacs S., Modeliranje reke Tise na sektoru od zajedničkog interesa Mađarske i Srbije i razvoj merne opreme, Projekat ID: HUSRB/0901/121/060, 2010-2012.
- [9] Maria Bizubova, Daniel Kollár, Jan Lacika, Gabriel Zubriczky (2001). The Slovak-Austrian-Hungarian Danubeland. Bolchazy-Carducci Publishers. p. 292. ISBN 0865165289.
- [10] Milošev Ž., *Poplave u Novom Sadu tokom prostornog razvoja grada 1770-1965*, JVP “Vode Vojvodine”, 2005.
- [11] Milošev Ž., Savić R., *Značaj pojave ekstremnih voda Dunava na području Vojvodine*, Letopis naučnih radova, Poljoprivreni fakultet, broj 1, Novi Sad, 2009, str. 147-154, UDK: 627.51(497.113) Matica Srpska.
- [12] Milovanov D., *Odbrana od velikih voda Dunava i pritoka u Vojvodini u 1965 godini*, Glasnik Saveza vodnih zajednica SR Srbije, Novi Sad, izdavač: Prometej, Bečej, 1965.
- [13] Petrović N., *Plovidba i privreda srednjeg podunavlja u doba merkantilizma*, Istorijски institut, Beograd, 1978.
- [14] Robert John Weston Evans (2006). *Austria, Hungary, and the Habsburgs: Essays on Central Europe, C.1683–1867*. Oxford University Press. p. 337. ISBN 9780199281442.
- [15] Stefanović M., Milojević M., Milovanović I., *Bujične poplave i degradacija zemljišta od erozije tokom poplava maja i septembra 2014.*, *Izgradnja* broj 5-6, 2015., str. 187-196.

THE DEVELOPEMENT OF WATER MANAGEMENT AND NEW APPROACH TO FLOOD
PROTECTION ON BIG RIVERS WITHIN CLIMATE CHANGE

by

Srđan KOLAKOVIĆ, Slobodan KOLAKOVIĆ
University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences

Sandor KOVACS
Central Tisza Regional Directorate of Water Management, Szolnok, Hungary

Summary

This paper presents the history of development of water management in this area which dates back to XVI century. Special accent is given to flood protection, where the same strategy is applied since the first part of XIX century. The strategy is based on construction and elevation of the embankment close to the river bank, without possibility of controlling the flood wave. The development of Global Positioning System (GPS), Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS) has enabled collection of data, flood analysis and forming of risk maps much faster and using a more precise method. The analysis of maximum

annual water level from 1876., when the organised measurements of water levels first started, shows that the increase of water level in Danube river is not as visible as a consequence of climate change. On the river Tisa however, this change is more visible, but more as a consequence of morphological changes. The fact is that the water level peaks are more often in last 15 years, but this period is too short to allow us to make long term conclusions.

Key words: flood protection, the impact of climate change

Redigovano 2.11.2018.