

## KORIŠTENJE VODNIH SNAGA NA PRIMJERU HIDROELEKTRANE TRI KLANCA U KINI

### *HYDROPOWER USE WITH CASE STUDY OF THE THREE GORGES HYDROPOWER PLANT IN CHINA*

Gorana Ćosić-Flajsig<sup>1</sup>, Fran Krivić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tehničko veleučilište u Zagreb, Graditeljski odjel, Avenija Većeslava Holjevca 15, 10000 Zagreb

<sup>2</sup>Prohall-ing d.o.o., Trešnjevka ulica 67A, 10431, Brezje

#### SAŽETAK

Hidroelektrana (HE) Tri klanca, na kineskoj rijeci Yangtze, jedan je od najvećih građevinskih poduhvata u povijesti čovječanstva. Radi čestih poplava i velikog hidroenergetskog potencijala, dugo je bila prisutna ideja o regulaciji rijeke Yangtze. Od kada je započela izgradnja višenamjenskog megaprojekta HE Tri klanca 1994. godine, projekt je izazivao brojne kritike vezane uz negativan utjecaj na okoliš i kvalitetu života stanovništva. Uz pozitivne utjecaje regulacije rijeke i izgradnje HE Tri klanca na razvitak obrane od poplave, povećanje proizvodnje električne energije, unaprjeđenje unutarnje plovidbe i vodoopskrbe, u radu su analizirani i negativni utjecaji na društvo i okoliš. Provedena je analiza riječnog sliva i antropogenih pritisaka u njemu, te su istaknuti sljedeći utjecaji na okoliš: hidromorfološke promjene, promjene riječnog režima, sastav i količina nanosa, raseljavanje stanovništva, potapanje kulturne i arheološke baštine, utjecaj na riječni ekosustav, i utjecaj na zdravlje i kvalitetu života stanovništva. Uz nedostatne provedbe procjene utjecaja na okoliš i nedostatak integralnog upravljanja vodama riječnog sliva, postavlja se pitanje opravdanosti izgradnje ovakvog mega projekta.

**Ključne riječi:** HE Tri klanca; hidroenergija; antropogeni pritisci; procjena utjecaja na okoliš; integralno upravljanje vodama riječnog sliva

#### ABSTRACT

The Three Gorges hydroelectric power plant (HPP) on the Yangtze River in China is one of the largest construction projects in human history. Due to frequent floods and great hydropower potential, the idea of regulating the Yangtze River has been around for a long time. Since the construction of the multi-purpose megaproject HPP Three Gorges began in 1994, the project has attracted numerous criticisms related to its negative impact on the environment and the quality of life of the population. In addition to the positive impacts of river regulation and the construction of the Three Gorges HPP on the development of flood protection, increased electricity production, and improved inland navigation and water supply, the paper also analyzes the negative impacts on society and the environment. An analysis of the river basin and anthropogenic pressures within it was conducted, and the following environmental impacts were highlighted: hydromorphological changes, changes in the river regime, composition and quantity of sediment, population displacement, submersion of cultural and archaeological heritage, impact on the river ecosystem, and impact on the health and quality of life of the population. With insufficient implementation of environmental impact assessments and the lack of integrated river basin water management, the question of the justification for the construction of such a mega project is raised.

**Keywords:** HPP Three Gorges; hydropower; anthropogenic pressures; environmental impact assessment; integrated river basin management

## 1. UVOD

### 1. INTRODUCTION

Korištenje vodnih snaga ili hidroenergije, kao oblika energije, koristilo se u Kini prije 2000 godina za pokretanje mlinova, ljuštenje riže, drobljenje ruda, itd. [1]. Prva hidroelektrana izgrađena u današnjoj NR Kini („kontinentalnoj Kini“), je HE Shilong na rijeci Tanglang 1910. godine. Najveći razvoj hidroenergije u povijesti Kine započeo je 1949. godine, kada je hidroenergija stavljena u fokus kao jedan od glavnih alata podizanja ekonomske moći države. Tada je započeo proces samostalnog projektiranja i izgradnje hidroelektrana [2]. U prošlosti je NR Kina većinom koristila termoelektrane na ugljen za proizvodnju električne energije. Iako taj energent NR Kina nije napustila, onečišćenje okoliša i nedostatak ugljena navele su kineske vlasti na intenzivniji razvoj hidroenergije kao okolišno prihvatljivijeg, obnovljivog izvora energije. Danas je NR Kina najveći proizvođač hidroenergije u Aziji, proizvodi 30,8 % svjetske hidroenergije, te ima najveći svjetski potencijal za proizvodnju hidroenergije [2]. Ideja o izgradnji višenamjenskog megaprojekta HE Tri klanca na kineskoj rijeci Yangtze, koji je jedan od najvećih građevinskih poduhvata u svijetu, proizašla je iz potreba ekonomskog razvoja područje sliva rijeke Yangtze. HE Tri klanca građena je u tri etape od 1994. do 2013. god., a troškovi gradnje su iznosili 37 milijarde američkih dolara [2]. Iako se radi o jednom od najvećih građevinskih poduhvata u povijesti čovječanstva, s cijelim nizom koristi za stanovništvo i ekonomiju sliva rijeke Yangtze, projekt i danas izaziva brojne polemike obzirom na značajan negativni utjecaj na okoliš i kvalitetu života stanovništva. Pozitivan ekonomski utjecaj izgradnje HE Tri klanca za područje sliva rijeke Yangtze je ogroman. Područje sliva rijeke Yangtzea sastoji se od 11 provincija/općina, koje zauzimaju oko 21 % prostora cijele površine države, i na njemu živi oko 200 milijuna ljudi. To je oko 40 % stanovništva NR Kine i oko 8 % ukupnog svjetskog stanovništva. Da je regija samostalna, bila bi treća najjača ekonomija na svijetu [3]. Područje gornjeg toka tj. područje tibetskog masiva je rijetko naseljeno obzirom na surov teren, dok je područje delte najgušće naseljeno područje u državi. Poljoprivredna proizvodnja je primarna ekonomska grana

cjelokupnog područja sliva rijeke Yangtze. Prema podacima iz 2021. godine, područje sliva rijeke Yangtze upriložilo je oko 5,7 bilijuna američkih dolara i predstavlja središte ekonomske moći NR Kine [4]. Uz cijeli niz pozitivnih utjecaja na gospodarski razvoj izgradnje višenamjenskog megaprojekta HE Tri klanca, analizirat će se hidrološke, gospodarske i okolišne značajke sliva rijeke Yangtze, te antropogeni pritisci i negativni utjecaji na okoliš i društvo koji su nastali tijekom izgradnje i korištenja HE Tri klanca. Jedan od najimpresivnijih negativnih utjecaja izgradnje brane HE Tri klanca na okoliš, prema izračunima NASA-inih stručnjaka je produžetak trajanja duljine dana na Zemlji za 0,06  $\mu$ s i pomicanje Zemljine osi za oko 2 cm, nastao kao posljedica preseljenja velike mase vode uslijed punjenja akumulacije. Takva pojava pokazuje moć i silu koju proizvodi HE Tri Klanca [5]. Također, to ukazuje na potrebu značajnijih analiza izgradnje megaprojekata. Naime, u NR Kini planira se novi, još veći megaprojekt, izgradnja HE Motuo u Tibetu na rijeci Yarlung Tsangpo koja će imati kapacitet proizvodnje električne energije od 60 GW, što je gotovo tri puta više od HE Tri klanca.

## 2. HIDROLOŠKE ZNAČAJKE SLIVA

### 2. HYDROLOGICAL

#### CHARACTERISTICS OF THE RIVER

Rijeka Yangtze u NR Kini najduža je rijeka u Aziji i treća najduža na svijetu (poslije Nila i Amazone). Ona je duga 6300 km i protječe samo kroz NR Kinu. Izvire u obroncima planine Tanggula na Tibetu otapanjem glečera, na nadmorskoj visini 4900 m n. m., i predstavlja granicu između sjeverne i južne Kine [6]. Sliv rijeke Yangtze obuhvaća površinu od 1.808.505 km<sup>2</sup> (18,9% riječne mreže Kine), a njezin tok prostire se od Tibetske visoravni pa sve do utoka u Istočnokinesko more. Yangtze je najbitnija plovna rijeka u NR Kini, te ima veliki energetski potencijal i na njoj su izgrađeni niz hidroelektrana, uključujući najveću HE Tri Klanca. Rijeku Yangtze čine osam velikih riječnih pritoka, a to su rijeke: Yalung, Min, Jialing, Han, Wu, Yuan, Xiang i Gan, a na slici 1 vidljiv je geografski položaja navedenih pritoka, te tok rijeke Yangtze [3].



**Slika 1** Karta sliva rijeke Yangtze s glavnim pritokama i gradovima [6]

**Figure 1** Map of the Yangtze River basin with major tributaries and cities [6]

Plavom strelicom, na slici 1, naznačen je položaj HE Tri klanca. U gornjem dijelu toka rijeke Yangtze nalaze se još dvije rijeke koje u tom dijelu teku paralelno s njom, to su rijeke Mekong i Salween [3]. Prije samog ulaska u srednji tok, rijeka se spušta na 300 m n.m.. Većim dijelom, tok rijeke proteže se brdovitim predjelima pokrajine Szechuan, širina rijeke u tom dijelu iznosi između 300 i 500 metara, a brzine su vrlo velike [6]. U tom području smješten je grad Chongqing, koji je ujedno i najveća riječna luka u Kini, a sa svojom okolicom broji oko 30 milijuna stanovnika radi naseljavanja stanovništva iz područja utjecaja HE Tri Klanca. Hidroelektrana Tri klanca je dobila ime prema području u kojem su tri klanca: Qutang, Wu i Xiling, koji je prikazan na slici 2 [6].



**Slika 2** Klanac Xiling [6]

**Figure 2** Xiling Gorge [6]

Prvi klanac, Qutang, je najkraći i duljine oko 8 km. Na tom dijelu, rijeka je ekstremno brza i na pojedinim dijelovima pojavljuju se virovi koji predstavljaju opasnost za plovidbu. Klanac Wu je

dugačak oko 50 km, te ga oblikuju stijene visoke oko 500 do 600 metara od razine rijeke [7]. Treći klanac Xiling je dugačak oko 60 km i na tom dijelu vapnenačke litice izlaze iz vode, pojavljuju se strmi plićaci i turbulentno tečenje vode i slovi kao najopasniji. Pedesetih godina prošlog stoljeća korišteni su eksplozivni za uništenje stijena u sredini toka i osiguranje sigurnije plovidbe [7]. Kroz područje klanaca, korito rijeke je široko tek nekoliko stotina metara i omeđuju ga visoke vapnenačke stijene koje se mogu vidjeti na slici 4 [6]. Dubina rijeke u području prolaska kroz tri klanca iznosi od 150 do 200 metara, što je čini drugom najdubljom rijekom na svijetu (prva je rijeka Kongo u Africi). U donjem toku rijeke, nakon prolaska rijeke kroz sustav HE kod grada Yichang, prostiru se jezera, močvare i kanali koji su služili kao prirodna regulacija poplava na tom području. Tri pritoke: Xiang, Han i Yuan pridružuju se Yangtzeu u ravničarskom području. Na tom dijelu nalazi se nekoliko jezera, a najpoznatije je jezero Dongting koje je spojeno sa Yangtzeom sa četiri kanala, a 2/5 količine vode iz rijeke Yangtze završi u njemu [6]. Nekada je to bilo najveće slatkovodno jezero NR Kine, no meliorirano je i postalo iznimno ekonomski važno. Na kraju toka rijeka Yangtze presijeca tzv. Veliki kanal (Carski kanal), koji je najduži vodeni kanal na svijetu (oko 1800 km). On je od iznimne važnosti za plovidbu jer povezuje grad Zhejiang s Pekingom i Hangzhouom [8]. Prema istoku nalazi se jezero Poyang veličine 3585 km<sup>2</sup> koje je najveće slatkovodno jezero u Kini. Delta rijeke Yangtze počinje kod luke Zhejiang, široka je 320 km i površine 358 000 m<sup>2</sup>, a tijekom velikih poplava područje delte je potpuno potopljeno. Na ušću rijeke nalazi se grad, najveća kineska luka i jedna od najvećih svjetskih morskih luka. S 25 milijuna stanovnika, Shanghai je najnaseljeniji grad i ujedno najveće ekonomsko i industrijsko središte NR Kine [6]. Prosječna oborina u slivu iznosi P = 1100 mm, u tibetskom planinskom dijelu toka rijeka prevladava snijeg kao oborina, a u ostalim dijelovima ljetne kiše. Česte poplave nastaju u proljetnim mjesecima, a rezultat su jakih monsunskih kiša. U uzvodnim dijelovima toka rijeke Yangtze prosječni godišnji protok iznosi 1980 m<sup>3</sup>/s, potom 5500 m<sup>3</sup>/s, a na ušću Q = 30165 m<sup>3</sup>/s [6]. Prema procjeni, oko 100 milijardi m<sup>3</sup>/god vode se ulijeva u more. U ljetnim mjesecima prosječni protok je najveći radi velikih ciklona

i monsunskih kiša. Nažalost, poplave u NR Kini su česta pojava. Prema zapisima, od 206. g. pr. Kr. do 1960. godine zabilježeno je preko 1030 katastrofalnih poplava. Najsmrtonosnija i najrazornija poplava bila je 1931. godine. Najviše su stradali gradovi Wuhan i Nanjing, od posljedica utapanja umrlo oko 150 000 stanovnika, a oko 40 milijuna stanovnika bilo je prisiljeno iseliti iz tog područja jer je ostalo bez domova ili je patilo radi oboljevanja od različitih bolesti poput kolere i tifusa. Temeljem lošeg iskustva iz 1930-ih, vlada NR Kine je posvetila pozornost izgradnji sustava obrane od poplava, i to samostalnog sustava i u sklopu hidroenergetskog sustava kao što je HE Tri klanca [9].

### 3. IZGRADNJA HE TRI KLANCA I UTJECAJ NA VODNI REŽIM

#### 3. CONSTRUCTION OF THE TRI KLANCA HEPP AND IMPACT ON THE WATER REGIME LASH FLOODS IN CROATIA

HE Tri klanca izgrađena je kod mjesta Sandoupinga, a lokacija je odabrana temeljem sljedećih kriterija: čvrsta granitna podloga, široka dolina, u krugu od 15 km nema nepovoljnih geoloških struktura i područje ima malu seizmičku aktivnost, mali otočić u sredini toka omogućio je skretanje toka rijeke. HE Tri Klanca prvenstveno je građena radi proizvodnje električne energije, a zatim kao višenamjenski objekt radi vodoopskrbe, poboljšanja unutarnje plovidbe i obrane od poplava. Područje je dobro prometno povezano s ostalim područjima (brza cesta, dobri plovni putevi, velika željeznička stanica, itd.) [10]. HE Tri Klanca nalazi se u blizini grada Chongqing (slika 3), a na slici 4 prikazan je pogled na HE Tri Klanca.



*Slika 3 Prikaz položaja HE Tri Klanca i najveći gradovi na rijeci Yangtze [6]*

*Figure 3 Location of the Three Gorges Dam and the largest cities on the Yangtze River [6]*



*Slika 4 Pogled na HE Tri Klanca [9]*

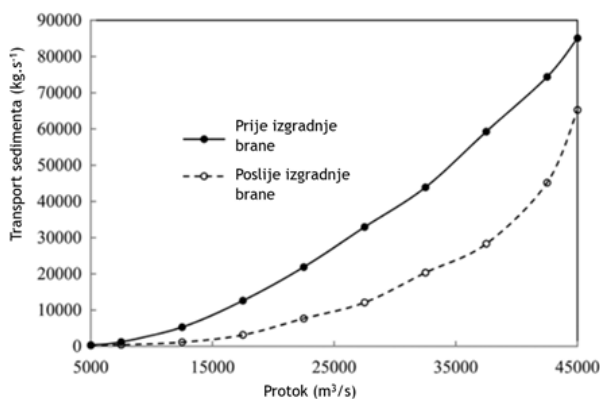
*Figure 4 View of HPP Tri Klanca [9]*

Izgradnja HE je započela 1994. godine, građena je u tri etape, a prvi puta je puštena u rad 2003. godine. Brana je gravitacijska betonska, masivni tip brane koji se svojom težinom suprotstavlja velikom tlaku vode, visine 185 m, duljine 2335 m, te širine 181 m. U branu je ugrađeno 28 milijuna m<sup>3</sup> betona, te 463 000 tona čelika [6]. HE pokreću 32 turbine raspoređene u tri strojarnice. Snaga svake turbine iznosi oko 700 MW, što daje ukupno približno 22 500 MW instalirane snage, dok hidroelektrana godišnje proizvede oko 105 milijardi kWh električne energije. Cijena izgradnje je dosegla oko 37 milijardi američkih dolara, a u to su uključeni troškovi izgradnje, troškovi preseljenja 1,2 milijuna ljudi i troškovi izgradnje infrastrukture za prijenos električne energije. Izgradnja HE je pružila mnoge pozitivne utjecaje na kinesko stanovništvo i gospodarstvo: obranu od poplava, proizvodnju električne energije, unutarnju plovidbu, rekreaciju, turizam, itd. [6]. Istovremeno, izgradnja je ostavila negativan utjecaj na okoliš i kvalitetu života ljudi. Utjecaj HE Tri Klanca na režim rijeke Yangtze proučavan je na slatkovodnom jezeru Dongting, točnije u Chenglingjiju (slika 5) [11]. Uslijed zadržavanja velike količine nanosa branom, promijenjena je hidromorfologija korita i smanjena veličina zrna nanosa, te povećana erozija. Na slici 6 prikazan je odnos nanosa i protoka prije i nakon izgradnje HE Tri klanca kao rezultat zadržavanja čiste vode u akumulaciji i ispuštanja muljnog toka [12].



**Slika 5** Lokacija jezera Dongting sa pritokama Chenglingjia u srednjem toku Yangtzea [11]

**Figure 5** Location of Dongting Lake with its reaches of the Yangtze [11]



**Slika 6** Graf koji prikazuje odnos protoka i transporta sedimenta prije i poslije izgradnje brane [12]

**Figure 6** Graph showing the relationship between tributaries and Chenglingjia in the middle sediment transport flow before and after dam construction [12]

Jezero Dongting zaprima oko 74 % godišnjeg dotoka i nanosa, a količina i kakvoća nanosa utjecala je na smanjenje razine vode u jezeru i povećala rizik od poplava [11]. Za HE Tri klanca planirano je da će se u razdoblju od 100 godina više od 90 % nanosa ispuštati nizvodno od brane. 2018. godine provedena su znanstvena istraživanja na području srednjeg toka rijeke, na području mjesta Shashi između Yichanga i Wuhana ustanovljeno je da transport nanosa nije kontinuiran, nego je isprekidan branama što dovodi do taloženje nanosa u koritu, povećanje razine vode u koritu, te pojavu erozije korita [11]. Na ušću u more rijeka Yangtze pronese oko 0,5 milijardi tona nanosa, što je daleko najviše od svih rijeka na svijetu. Analiza pokazuje da su u razdoblju od 2003. do 2013. godine brane Tri klanca i Gezhouba zadržavale 80 % riječnog nanosa. Na promjenu nanosa i protoka utjecali su

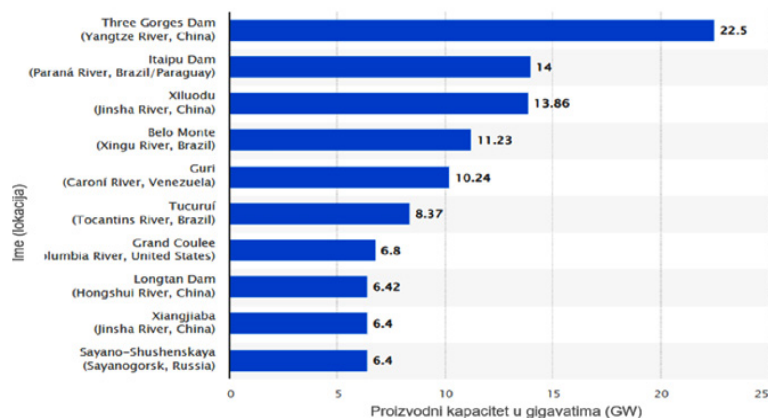
i prirodni i antropogeni pritisci (npr. sječa okolnih šuma ili obrada strmih terena uz rijeku) [12].

#### 4. PREDNOSTI I NEGATIVNI UTJECAJI IZHRADNJE HE TRI KLANCA

##### 4. ADVANTAGES AND NEGATIVE IMPACTS OF DESIGN OF HHP CONSTRUCTION THREE GORGES DAM

Najveći razvoj hidroenergije u povijesti Kine započeo je osnivanjem NR Kine i samostalnim projektiranjem i izgradnjom hidroelektrana radi podizanja ekonomske moći države. Prva HE koja je u potpunosti projektirana i izvedena radom kineskih stručnjaka je HE Zhejiang Xin' anjiang čiji je instalirani kapacitet 662 500 kW. Također, obnovljen je veliki broj HE-a koje su stradale u ratnim sukobima na tom području. NR Kina je do 1949. godine imala 22 hidroelektrane sa instaliranim kapacitetom od 163 MW, a od 1949. godine do danas NR Kina instalirani hidroenergetski kapacitet dosegao 377,26 GW [2]. Danas, NR Kina proizvodi 30,8 % svjetske hidroenergije, te je najveći proizvođač hidroenergije u Aziji, te posjeduje najveći svjetski potencijal za proizvodnju hidroenergije. Prema podacima Međunarodne agencije za obnovljive izvore energije (engl.: *International Renewable Energy Agency (IRENA)*), instalirani kapacitet hidroenergije iznosio je 377.26 GW u 2024. godini. Prema slici 7, četiri najveće hidroelektrane po instaliranom kapacitetu hidroenergije u svijetu, od deset najvećih, nalaze se u Kini. To su: Xiangjiaba (rijeka Jinsha), Longtan (rijeka Hongshui), Xiluodu (rijeka Jinsha) te Sanxia (rijeka Yangtze) [13].

Akumulacija HE Tri Klanca može primiti oko 22,15 milijardi m<sup>3</sup> vode radi zaštite srednjeg i donjeg dijela sliva rijeke Yangtze od poplave i zaštititi 15 milijuna stanovnika. Poplave iz 2020. godine su predstavljale test za branu HE Tri Klanca, koji su uspješno položile. Radi nizvodnih korisnika: navodnjavanja poljoprivrednih zemljišta, vodoopskrbe, opskrbe vodom industrije i prijenosa vode iz akumulacije HE Tri Klanca na sjever Kine, u sušnim razdobljima ispušta se voda iz akumulacije. Tijekom izgradnje HE Tri klanca, u slivu je potopljeno više od 1000 gradova, 1352



*Slika 7 Grafički prikaz deset najvećih hidroelektrana u svijetu po instaliranom kapacitetu u GW [13]*

*Figure 7 Graphic representation of the ten largest hydropower plants in the world by installed capacity in GW [13]*

sela, 1600 tvornica i 700 odgojno-obrazovnih ustanova, a raseljeno je oko 1,3 milijuna ljudi [14]. Većina preseljenih ljudi smještena je u izgrađene stambene objekte i gradove. Do 2007. godine zabilježeno je oko 4700 klizišta na području sliva kao posljedica formiranja akumulacije. To je dovelo do dodatnog iseljavanja, pa je realnija brojka premještenih stanovnika iznosi 2,3 milijuna. Stoga, projekt nije koštao 37 milijardi dolara, nego 75 milijardi američkih dolara [14]. Potapanjem velikog područja, ugroženi su mnogi povijesni i arheološki lokaliteti. Za sada je identificirano njih 1208, s tim da ta brojka obuhvaća i 30 lokaliteta iz kamenog doba, starih između 30 000 i 50 000 godina. Za njihovu identifikaciju izdvojena su novčana sredstva od 125 milijuna američkih dolara, a veliku ulogu su odigrali arheolozi iz čitavog svijeta. Značajno su unaprjeđeni uvjeti za plovidbu na rijeci Yangtze koja je postala „žila kucavica“ unutarnjih plovinih puteva NR Kine. Kapacitet godišnjeg jednosmjernog prometa je povećan sa 10 milijuna t/god na 50 milijuna t/god. Prema podacima iz 2019. godine branu je posjetilo 3 milijuna posjetitelja, a od izgradnje brane brojka posjetitelja iznosi preko 20 milijuna. Turističke agencije nude usluge krstarenje rijekom (slika 8) i obilaska brane HE Tri klanca (slika 9) [6].



*Slika 8 Turističko krstarenje rijekom Yangtze [6]*

*Figure 8 Tourist cruise on the Yangtze River [6]*



*Slika 9 Panorama HE Tri klanca [16]*

*Figure 9 Panorama of the Three Gorges PPT [16]*

Izgradnjom brane je došlo do povećanja seizmičkih aktivnosti na tom području, iako je to područje već samo po sebi potresno, ali ne i kritično. 2011. godine kineski seizmolozi su proveli istraživanje u kojem je utvrđeno da se nakon izgradnje brane 30-struko povećao broj malih podrhtavanja na tom području [15]. HE Tri Klanca je projektirana da izdrži najjače potrese koji se mogu pojaviti u tom području, međutim eventualnim pucanjem brane posljedice bi bile apokaliptične. Prema podacima iz 2007. godine, rijeka Yangtze je u velikoj mjeri zagađena, a u kritičnom stanju je više od 600 km toka te oko 30% pritoka Yangtzea. Stoga, kineska vlada je odobrila 5 milijardi američkih dolara za financiranje sanacije nastale štete, no stanje se nije poboljšalo. Od oko 20 000 petrokemijskih postrojenja u NR Kini, polovica se nalazi uz obalu Yangtzea, a rijeka je opterećena sa oko 40 milijuna tona industrijskog i komunalnog otpada. U rijeku se ispušta 40% svih otpadnih voda države, a tek oko 20 % tih voda se pročišćava. Građenjem brana bitno se utječe na hidromorfologiju rijeka, pa rijeka Yangtze ušćem prenese u more oko

0,52 milijardi t/god nanosa, što je najviše od svih rijeka na svijetu [2]. Problem prekomjernog nanosa uzvodno od brane zahtijeva plansko i stručno upravljanje pogonskim sustavom. U mjesecima poplava, kada i ima najviše nanosa, voda iz akumulacije se ispušta kroz ispuste i donje otvore kako ne bih došlo do prekomjernog taloženja nanosa uz branu. U sušnim mjesecima razina vode u akumulaciji se podiže radi opskrbe vodom sušnih područja, regulacije protoka, te osiguranja vodnih zaliha. Također, donesene su mjere o zabrani krčenja šuma, kao i mjere zabrane obrade strmih padina kako bi se spriječila erozija u slivu i pronos nanosa u rijeku Yangtze [2]. Na gornjem toku rijeke izgrađeno je desetak velikih brana i HE-a, radi osiguranja plovnog puta mnoga mjesta na rijeci su produbljena ili izmijenjena, i to je promijenilo uvjete života nekim organizmima. Mnoge životinje koje žive u rijeci su poprimile neku vrstu fizičke deformacije, a neke vrste su u potpunosti izumrle [17]. Najpoznatija vrsta koja je izumrla je kineski dupin Baiji (lat. *Lipotes vexillifer*), čija je posljednja jedinka po imenu Qiqi uginula 2002. godine. Za njega se pretpostavljalo da je u Yangtzeu živio još prije 20 milijuna godina. Glavni razlog nestajanja je industrijski ribolov. Posljednji poznati Baiji, imena Qiqi, uginuo je od starosti 2002. godine, a 2006. godine vrstu su proglasili izumrlom [16]. Pojedini dijelovi sliva rijeke imaju zabranu ribolova do 2026. godine, a stanovnici pojedinih mjesta u kojima je ribolov glavna djelatnost primaju novčanu naknadu od države. Također, ispušta se milijuna riba u rijeku kako bi se povećao riblji fond [17]. Kineski Nacionalni ured za reviziju 2018. godine izdao je izvješće, te predložio izgradnju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i modernih odlagališta otpada. Ustanovio je da regionalne vlasti nisu iskoristile 26 milijuna juana (oko 3,7 milijuna dolara) za rješavanje problema zaštite okoliša u razdoblju od 2013. do 2018. godine [18].

## 5. ZAKLJUČAK

### 5. CONCLUSION

Izgradnjom megaprojekta kao što je HE Tri Klanca, ključno je uravnotežiti negativne utjecaje na okoliš i društvo, s koristima izgradnje uz optimalni ekonomski trošak. Teško je utvrditi i zaključiti da li su pozitivni utjecaji brane i HE Tri klanca

vrijedni negativnih utjecaja na okoliš i društvo kao što su: zagađenje rijeke, povećanju pronosa nanosa duž riječnog toka, izumiranja životinjskih vrsta, preseljenje stanovništva, itd. Temeljem objavljenih znanstvenih istraživanja, ovim radom pokušalo se dati objektivnu analizu i otvoriti pitanja vezana uz izgradnju megaprojekata. Prije izgradnje HE Tri klanca, prema kineskim zakonima, izrađena je procjena utjecaja na okoliš (PUO), no sudeći prema problemima koji su nastali nakon izgradnje može se zaključiti da PUO nije detaljno i kvalitetno izrađena. Svakako, treba uzeti u obzir i vremensko razdoblje kada se hidroelektrana gradila, jer su prije 30 godina zakonske odredbe vezane uz zaštitu okoliša bili su drugačiji nego danas. U provedbi PUO-a najbitniju ulogu ima cijeli niz dionika, kao što su: stručnjaci i znanstvenici različitih struka, lokalno stanovništvo, nevladine udruge, ministarstva, lokalna samouprava, itd. Nažalost, dominaciju u ovakvim i sličnim projektima najčešće preuzima državna politika, a ne struka i znanost. Problem prekomjernog pronosa nanosa i promjena kakvoće nanosa nastao je kao posljedica neuvažavanja znanstvenih istraživanja vezanih uz nanos. Također, ignoriran je prijedlog izgradnje više manjih HE, koje bi proizvodile istu količinu električne energije kao HE Tri Klanca, uz značajno manji problem nanosa i manje utjecaja na okoliš. Prema kineskim i međunarodnim izvorima, prisutnost korupcije je značajno utjecala na kvalitetu izgradnje brane. Kina za takvu vrstu kaznenog provodi smrtnu kaznu, iako se ona najčešće pretvori u doživotnu kaznu. Stoga, nameće se pitanje da li je takva vrsta pronevjere imala ulogu u nedostatku sagledavanja problema koji su nastali izgradnjom brane i HE Tri klanca. Ukoliko je gradnja HE uskraćena za određene novce vezane uz provedbu mjera smanjenja negativnih utjecaja na okoliš tijekom izgradnje i korištenja HE Tri klanca, oštećeno je stanovništvo koje živi u području sliva rijeke Yangtze i NR Kina. Također, ovakvi projekti služe za demonstriranje političke i ekonomske moći pojedinih država i vlada. NR Kina započinje izgradnju novog megaprojekta, hidroelektrane na Tibetu koja će proizvoditi tri puta više energije nego HE Tri Klanca. Indija i Bangladeš koje se nalaze nizvodno od rijeke Yarlung Tsangpo (koja kasnijim tokom postaje „Brahmaputra“) protive se izgradnji smatrajući da će ona imati negativan utjecaj na okoliš i zagađenje rijeke o čijem korištenju ovise milijuni

stanovnika, kao i na tibetsku visoravan i njezin cjelokupni ekosustav. Ovom izgradnjom Kina se želi nametnuti u prvu ekonomiju Azije i svijeta. Zaključno, izgradnja HE Tri Klanca, kao i sličnih projekata, mora sadržavati kvalitetnu, opsežnu i detaljno razrađenu procjenu utjecaja na okoliš koja uključuje i kumulativne utjecaje na okoliš, kao i plan integralnog upravljanja vodama riječnog sliva. Svi dionici u provedbi projekta moraju, u skladu sa znanstvenim i stručnim postignućima, moralno i društveno - okolišno odgovorno donositi odluke vezane uz gradnju.

## 6. REFERENCE

### 6. REFERENCES

- [1.] Šljivac D. i Šimić Z.: „Obnovljivi izvori energije: Najvažnije vrste potencijal i tehnologija“, Ministarstvo rada, gospodarstva i poduzetništva. Zagreb, 2009, <https://actualitica.com/ekonomija/hidroenergija-energija-buducnosti/>. (pristupljeno: 5. siječnja 2026.)
- [2.] Ponseti, Marta; Lopez-Puyol, Jordi: „The Three Gorges Dam project in China: history and consequences“, Revista HMIC, ORIENTATS-2006, ISSN 1696-4403, 2006, 151-188.
- [3.] Facts and Details: „Yangtze River“, <https://factsanddetails.com/china/cat15/sub99/item460.html> (pristupljeno: 5. siječnja 2026.)
- [4.] World Bank Group: „Yangtze River Protection and Ecological Restoration Program for Results (Hubei) - P178338“, 2022, <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P178338> (pristupljeno: 6. siječnja 2026.)
- [5.] Stuart C.: „A mega-building in China is now so large that it's slowing Earth's spin“, BBC Science Focus April 12, 2026, <https://www.sciencefocus.com/news/human-structures-slowing-earths-spin> (pristupljeno: 30.05.2026.)
- [6.] Muranov P., Alexandr; Greer, E. Charles: „Yangtze River“, Britannica, <https://www.britannica.com/place/Yangtze-River> (pristupljeno: 6. siječnja 2026.)
- [7.] Mozaik knjiga: „Sva Čuda Svijeta“, Zagreb, 2004, 178-180.
- [8.] Leksikografski zavod Miroslav Krleža: „Proleksis Enciklopedija“, <https://proleksis.lzmk.hr/50052/> (pristupljeno: 12. siječnja 2026.)
- [9.] Urednici Britannice: "Three Gorges Dam". Encyclopedia Britannica, <https://www.britannica.com/topic/Three-Gorges-Dam>. (pristupljeno: 17. siječnja 2026.)
- [10.] Nadilo, Branko: „Projekt Tri Klanca - Najveća hidroelektrana na svijetu na rijeci Jange“, Građevinar, vol. 54, br. 4, str. 239.-245. 2002,
- [11.] Lai, X., Zou, H., Jiang, J. et al.: „Hydrological dynamics of the Yangtze river-Dongting lake system after the construction of the three Gorges dam“, Sci Rep 15, 50, 2025, DOI: 10.1038/s41598-024-83751-3 <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83751-3> (pristupljeno: 17. siječnja 2026.)
- [12.] W. Zhang et al.: „Impact of the Three Gorges Dam on sediment deposition and erosion in the middle Yangtze River: a case study of the Shashi Reach“, Hydrology Research 47 (S1), 175-186, 2016. DOI: 10.2166/nh.2016.092, <https://iwaponline.com/hr/article/47/S1/175/1809/Impact-of-the-Three-Gorges-Dam-on-sediment> (pristupljeno: 15. siječnja 2026.)
- [13.] Statista: „Largest hydroelectric dams worldwide as of 2021, based on power generation capacity (in gigawatts)“, <https://www.statista.com/statistics/474526/largest-hydro-power-facilities-in-the-world-by-generating-capacity/> (pristupljeno: 5. siječnja 2025.)
- [14.] Fact and details: „Problems with Three Georges Dam“, <https://factsanddetails.com/china/cat13/sub85/item1046.html>. (pristupljeno: 15. siječnja 2026.)
- [15.] Branigan, Tania: „Dam could have triggered Chinese earthquake , say scientists“, The Guardian, 5. veljače 2009. <https://www.theguardian.com/world/2009/feb/05/dam-trigger-china-quake> (pristupljeno: 05. svibnja 2026.)
- [16.] Gan N., 2020: „China's Three Gorges Dam is one of the largest ever created. Was it worth it?“, CNN, 1. kolovoza, <https://edition.cnn.com/style/article/china-three-gorges-dam-intl-hnk-dst/index.html>

(pristupljeno: 05. svibnja 2026.).

- [17.] Caicai D.; Teng Jing X.: „What Killed the Yangtze River?“, Caixin Global, 2018. <https://www.caixinglobal.com/2018-07-21/what-killed-the-yangtze-river-101306836.html> (pristupljeno: 05. svibnja 2026.).
- [18.] Rongde, Li: „Unregulated Water Projects Hurt Region Along Yangtze River“, Caixin Global, 20. lipanj 2018. <https://www.caixinglobal.com/2018-06-20/unregulated-water-projects-hurt-region-along-yangtze-river-101273689.html> (pristupljeno: 16. siječnja 2026.)

## AUTORI · AUTHORS

• **Gorana Ćosić-Flajsig** - rođena je 23.03.1961. godine. U Zagrebu je završila osnovnu i XV. Matematičku gimnaziju (MIOC). 1985. godine je završila Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 2007. godine je magistrirala na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a 2023. godine doktorirala na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci. Dvadeset godina je radila u Hrvatskim vodama na poslovima zaštite voda i vodnih ekosustava u sklopu integralnog upravljanja vodama kao glavni inženjer. Od 2006. godine radi kao viši predavač na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Izvodi predavanja iz hidrotehničkih predmeta i predmeta vezanih uz upravljanje okolišem. Primarni znanstveni i stručni interesi vezani su uz timski holistički interdisciplinarni pristup rješavanja problema iz područja upravljanja okolišem i hidrotehnike.

### Korespondencija · Correspondence

gcflajsig@tvz.hr

• **Fran Krivić** - rođen je 1.3.2026. godine u Zagrebu. Završio je XIII. gimnaziju u Zagrebu. Akademski put započeo je na Građevinskom fakultetu u Osijeku Stručni studij graditeljstva, smjer okoliš u graditeljstvu završava 2026. na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Trenutno radi u tvrtki Prohall-ing d.o.o., koja se bavi projektiranjem i izvođenjem čeličnih konstrukcija. Izradio je i obranio završni rad pod naslovom „Korištenje vodnih snaga na primjeru hidroelektrane Tri klanca u Kini“, temeljem kojeg je izrađen ovaj rad.