

Pozitivni i negativni utjecaji hidroelektrane Tri klanca

Makovec, Bruno

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:510563>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-02**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Bruno Makovec

Pozitivni i negativni utjecaji hidroelektrane Tri klanca

Prvostupnički rad

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Čanjevac

Ocjena: _____

Potpis: _____

Zagreb, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Prvostupnički rad

Pozitivni i negativni utjecaji hidroelektrane Tri klanca

Bruno Makovec

Izvadak: Hidroelektrana Tri klanca na kineskoj rijeci Chang Jiang, jedno je od najvećih postrojenja te vrste na svijetu. Zbog čestih poplava i velikog hidroenergetskog potencijala ideja o regulaciji rijeke Chang Jiang dugo je bila prisutna u kineskom društvu. Još od 1994. godine kada je započela izgradnja, hidroelektrana je izazivala brojne kontroverze. U radu se kroz analizu stručne literature objašnjavaju pozitivni (zaštita od poplava, proizvodnja električne energije, unutarnja plovidba i vodoopskrba) i negativni (problemi sedimentacije, geološke opasnosti, raseljavanje stanovništva i potapanje kulturne i arheološke baštine) utjecaji hidroelektrane Tri klanca na društvo i okoliš.

26 stranica, 3 grafičkih priloga, 1 tablica, 28 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: Chang Jiang, hidroelektrana Tri klanca, zaštita od poplava, ekologija

Voditelj: doc. dr. sc. Ivan Čanjevac

Tema prihvaćena: 13. 2. 2020.

Datum obrane: 24. 9. 2020.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Undergraduate Thesis

Positive and negative impacts of Three Gorges Dam

Bruno Makovec

Abstract: Three Gorges Dam on the Chang Jiang river is one the largest plant of its kind in the World. Due to frequent floods and great hydropower potential, the idea of regulating the Chang Jiang River has been present for a long time in Chinese society. Ever since 1994, when construction began, the dam has caused numerous controversies. This paper explains the positive (flood control, production of electricity, inland navigation and water supply) and negative (sedimentation problems, geologic hazards, resettlements, submergence of cultural and archaeological heritage) impacts of Three Gorges Dam on society and environment.

26 pages, 3 figures, 1 tables, 28 references; original in Croatian

Keywords: Chang Jiang, Three Gorges Dam, flood control, ecology

Supervisor: Ivan Čanjevac, PhD, Assistant Professor

UndergraduateThesis title accepted: 13/02/2020

Undergraduate Thesis defense: 24/09/2020

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia

SADRŽAJ:

1. Uvod.....	1
2. Rijeka Chang Jiang.....	2
2.1. Fizičkogeografska obilježja i podrijetlo naziva	2
2.2. Tok rijeke	2
2.3. Stanovništvo	4
2.4. Gospodarstvo.....	4
2.5. Problemi zagađenja i poplave.....	5
3. Hidroelektrana Tri klanca.....	5
3.1. Opća obilježja hidroelektrane.....	5
3.2. Lokacija hidroelektrane.....	7
3.3. Povijest izgradnje i kontroverze	8
4. Pozitivni utjecaji hidroelektrane.....	10
4.1. Zaštita od poplava	10
4.2. Proizvodnja električne energije	12
4.3. Unutarnja plovidba.....	13
4.4. Vodoopskrba	14
5. Negativni utjecaji hidroelektrane Tri klanca	15
5.1. Negativni hidrološki utjecaji sedimentacije	16
5.2. Negativni ekološki utjecaji sedimentacije.....	17
5.3. Geološke opasnosti.....	18
5.4. Raseljavanje stanovništva	19
5.5. Potapanje kulturne i arheološke baštine	21
6. Zaključak	21
Literatura.....	23
Izvori.....	26

1. Uvod

U porječju rijeke Chang Jiang živi više od 400 milijuna ljudi što je 35% kineskog stanovništva (Facts and Details, 2020). Dolina rijeke Chang Jiang naziva se „žitnicom Kine“ te je ona poljoprivredno i industrijsko najvažnije područje Kine. U njoj se ostvaruje više od polovine ukupne poljoprivredne proizvodnje Kine (pšenica, ječam, kukuruz, konoplja i dr.) i čak tri četvrtine kineske proizvodnje riže (Proleksis enciklopedija, 2016). Zbog njezinog velikog hidrološkog potencijala, ali i čestih razornih poplava ideje o izgradnji velikih brana na rijeci prisutne su od davnih vremena. Razorne poplave u porječju rijeke Chang Jiang prisutne su još od doba najranijih civilizacija. Brzim razvojem i rastom stanovništva Kine poplave su uzrokovale sve veće štete i donosile sve ozbiljnije gubitke. Zbog sve veće potrošnje energije, Kina je izgradila više brana od bilo koje druge zemlje na svijetu. Brane su najbolji primjer čovjekovog pokušaja kontroliranja prirode i njezinih procesa. Još od doba izgradnji prvih brana prije 3000 godina, brane su imale važnu ulogu u razvoju čovječanstva. One su osiguravale vodu, kontrolirale poplave, navodnjavale usjeve, olakšavale plovidbu i proizvodile električnu energiju. Do kraja 20. stoljeća izgrađeno je 45 tisuća velikih i oko 800 tisuća malih brana koje su proizvodile oko 19% svjetske električne energije i pružale vodu za oko 30-40% navodnjavanih obradivih površina (Li i dr., 2013). Do nedavno velike brane percipirale su se kao simbol napretka vodogradnje i gospodarskog razvoja. Međutim, situacija se posljednjih nekoliko desetljeća počela znatno mijenjati jer su brane pokazale neuspjeh u pružanju očekivanih ekonomskih koristi, a njezini štetni utjecaji na okoliš postajali su sve vidljiviji. Iako velike brane pružaju mnoge prednosti, njezini negativni učinci znaju biti ogromni i vrlo štetni te zbog toga često nadmašuju one pozitivne. Godine 1994. u Kini je počela izgradnja hidroelektrane Tri klanca, najveće hidroelektrane na svijetu. Od samog početka projekt njezine izgradnje bio je predmet žestokih rasprava, dok su kroz godine rada negativni učinci hidroelektrane postali sve vidljiviji. Cilj ovoga rada je kroz analizu stručne literature utvrditi koji su to pozitivni i negativni socijalni, ekonomski i ekološki učinci hidroelektrane Tri klanca.

2. Rijeka Chang Jiang

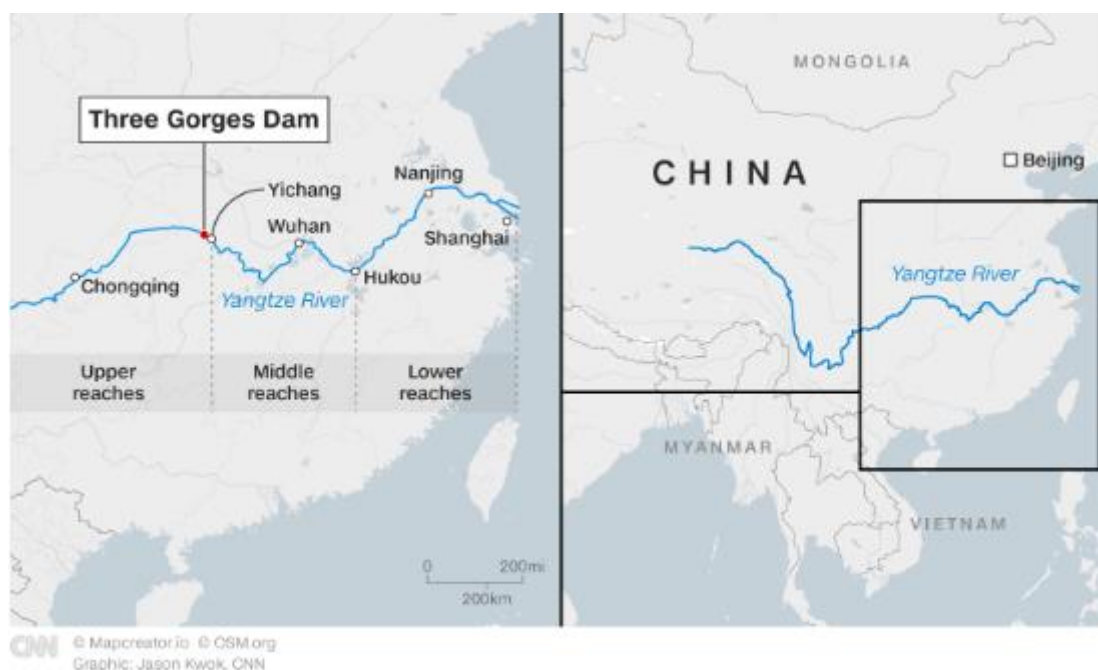
2.1. Fizičkogeografska obilježja i podrijetlo naziva

Chang Jiang najduža je rijeka Azije i Kine i sa 6300 km kojima rijeka prevladuje put od Tibeta do Istočno kineskog mora treća je najduža rijeka na svijetu. Također je najduža rijeka na svijetu koja cijelim svojim tokom teče kroz samo jednu državu (Facts and Details, 2020). Njezino porječje obuhvaća čak 1 959 000 km² ili 18,9% površine Kine. Srednji godišnji protok rijeke na ušću iznosi 31 000 m³. Chang Jiang („Dugačka rijeka“) službeni je kineski naziv koji se koristi za cijeli tok rijeke, dok se naziv Yangtze upotrebljava samo za donji tok rijeke i za dio rijeke u blizini ušća od Nanjinga do Šangaja. Međutim, Europljani su naziv Yangtze preuzeli za čitavu rijeku (Proleksis enciklopedija, 2016). Yangtze u prijevodu znači „dijete oceana“. Ime vjerojatno potječe od drevnog trajektnog prijelaza zvanog Yangzi. Europljani koji su stigli na područje delte rijeke Chang Jiang koristili su naziv Yangtze misleći da se taj naziv primjenjuje za čitavu rijeku (Facts and Details, 2020). Ime Yangtze možda potječe i od feuda Yang čija rana povijest seže u razdoblje od 770. do 476. godine pr. Kr., kada su se mnoga plemena naselila duž rijeke. Kao i kod svakog plemena, zaštita i obrana lokacije bila je iznimno važna. Rijeke su se teško prolazile pa su zbog toga plemenima bile od velike koristi pri čuvanju svojih granica od neprijatelja. Ljepota povijesti rijeke Chang Jiang je u tome što pruža odličan uvid u kulturu Kine. Povijesću Chang Jiana oblikovana su politička uvjerenja te društveni običaji i obredi Kine (Reid, 2015).

2.2. Tok rijeke

Chang Jiang izvire u Tibetanskoj visoravni i ulijeva se u Istočno kinesko more. Prolazi kroz nekoliko planinskih područja, a s obzirom na svoju veliku duljinu nije iznenađenje da prolazi i kroz 10 provincija i niz velikih gradova. Zbog svoje goleme veličine, rijeka je vrlo važan izvor vode za stanovništvo Kine. Dakle, Chang Jiang nije važna samo povijesno i kulturno, već i ekonomski. Rijeka i svi njezini pritoci predstavljaju glavne plovne puteve Kine te su zbog toga izuzetno važne za kinesko gospodarstvo. Chang Jiang ima 8 glavnih pritoka. Glavni lijevi pritoci su Yalong, Ming, Jialing i Han, a glavni desni pritoci Wu, Yuan, Xiang i Gan. Kao što je već spomenuto, Chang Jiang izvire u Tibetanskoj visoravni, podno Kunlun Shana u

zapadnom dijelu provincije Qinghai. Nadalje, prema jugoistoku teče dubokim klancima pa skreće prema istoku preko Yunnanske visoravni. Zatim tok rijeke skreće na sjeveroistok kroz Sečuansku zavalu i na istok južnim rubom Sjevernokineske ravnice. U Istočno kinesko more ulijeva se kod Šangaja (Proleksis enciklopedija, 2016). Cijeli tok rijeke Chang Jiang dijeli se na gornji, srednji i donji tok (Sl. 1.). Nakon što se spusti s Tibetanske visoravni, rijeka prolazi kroz pet klanaca (kanjona) te doslovno dijeli Kinu na pola između sjevera i juga. Gornji tok rijeke nalazi se na nadmorskoj visini od oko 4900 metara. Na putu prema ušću, rijeka dolazi na nadmorsku visinu od 305 metara u gradu Yibinu u pokrajini Sečuan koji je poznat kao prvi grad na toku rijeke Chang Jiang i početna luka. U gradu Chongqing rijeka se spušta do 192 metara nadmorske visine. Između Chongqinga i Yichanga na nadmorskoj visini od 40 metara i udaljenosti od oko 320 km, rijeka prolazi kroz spektakularne klance gdje je i izgrađena hidroelektrana Tri klanca. Nakon Chongqinga, rijeka Chang Jiang prolazi kroz veliku aluvijalnu ravnicu i plovna je za velike brodove. Grad Wuhan koji se nalazi na oko 1000 km u unutrašnjosti jedna je od glavnih riječnih luka. Grad Nanjing leži na rubu delte Chang Jianga. Rijeka Wusong, koja povezuje Chang Jiang sa Šangajem udaljena je 20 km uzvodno od ušća. Na tom području rijeka je nakrcana putničkim, teretnim i ribarskim brodovima. Tu se nalazi i mreža kanala, uključujući i Veliki Kanal koji povezuje Chang Jiang s Beijingom i ostalim velikim kineskim gradovima (Facts and Details, 2020).



Slika 1. Gornji (Upper reaches), srednji (Middle reaches) i donji tok (Lower reaches) rijeke Chang Jiang

Izvor: <https://edition.cnn.com/style/article/china-three-gorges-dam-intl-hnk-dst/index.html>

2.3. Stanovništvo

U porječju rijeke Chang Jiang živi više od 400 milijuna ljudi. Drugim riječima, na tom području živi 35% kineskog stanovništva ili gotovo 8% svih ljudi na svijetu (Facts and Details, 2020). Međutim, prostorni raspored toga stanovništva vrlo je neujednačen. Visinska područja gornjeg toka rijeke jedna su od najrjeđe naseljenih područja u Kini, dok područja uz deltu Chang Jianga imaju najveću gustoću naseljenosti u zemlji. Uz deltu, najveća koncentracija ljudi je na ravnicama koje se nalaze uz obale rijeke i njezinih pritoka u srednjem i donjem dijelu toka, a posebno u blizini gradova Chengdu, Chongqing, Wuhan i Nanjing koji spadaju među najveće kineske gradove (Britannica, 2019).

2.4. Gospodarstvo

Gospodarstvo najvećeg djela područja uz rijeku Chang Jiang uglavnom je usmjereno na poljoprivrednu proizvodnju. Porječje Chang Jianga daje gotovo polovicu kineske proizvodnje poljoprivrednih kultura, uključujući više od tri četvrtine ukupne proizvodnje riže (Proleksis enciklopedija, 2016). Uz rižu tu se uzgajaju i ostale kulture kao što su pamuk, pšenica, ječam, kukuruz, grah i konoplja. Proizvodnjom najznačajnija je istočna provincija Sečuan, koju njezini ljudi nazivaju „zemljom obilja“. Tamo je tlo izuzetno plodno zbog mulja kojega nizvodno donosi rijeka Chang Jiang, a klimatski uvjeti su vrlo povoljni za poljoprivredu. Međutim, najintenzivniji uzgoj prevladava u donjem dijelu toka i području delte, gdje su prirodni uvjeti najpovoljniji pa razdoblje uzgoja traje od 8 do 11 mjeseci što omogućuje 2 ili 3 žetve godišnje. Prostranim teritorijima koji se koriste za uzgoj raznih kultura potrebno je umjetno navodnjavanje jer čak i u područjima s najvećom količinom padalina povremeno dolazi do velikih suša koje uzrokuju gubitak usjeva. Suše su ponajprije posljedica neravnomjernog rasporeda padalina tijekom godine gdje ljeti padne između 60 i 80% padalina, a periodi suše ponekad traju 6 do 8 tjedana. Zbog toga se u području Chang Jianga navodnjavanje koristi još od davnina, a u novije vrijeme su poduzimani razni moderni projekti navodnjavanja, od kojih je projekt hidroelektrane Tri klanca najpoznatiji (Britannica, 2019).

2.5. Problemi zagađanja i poplave

Veliki problem rijeke Chang Jiang je njezino veliko zagađanje. Ubrzana degradacija okoliša u porječju Chang Jianga započela je 50-ih godina 20.stoljeća pod utjecajem ubrzanog ekonomskog razvoja (Deng i dr. 2017). U najdužu kinesku rijeku svakodnevno se ulijevaju ogromne količine otpada što ima izuzetno negativne posljedice na riječni život. Negativne posljedice na okoliš su brojne, a zbog onečišćenja, izgradnje brana i velikog riječnog prometa autohtone životinjske i biljne vrste gotovo su nestale (Caicai i Jing Xuan 2018). Stanovništvo rijeku koristi za proizvodnju električne energije, transport i odvoz otpada. Mnogi dijelovi Chang Jianga i njegovih pritoka su produbljeni ili izmijenjeni na neki drugi način kako bi utovar bio praktičniji. Sve te izmjene uzrokovale su otežani život organizama koji u njemu žive. Veliki problem rijeke je i njezino veliko onečišćenje koje je zahvatilo i životinje u rijeci. Preko 40% otpadnih voda Kine ispušta se u rijeku, što rezultira koncentracijom otrovnih tvari poput sumporovog oksida čija je koncentracija gotovo dvostruko veća od nacionalnog prosjeka (Caicai i Jing Xuan 2018). Rastuća potražnja za energijom u Kini potaknula je izgradnju hidroenergetskih objekata duž toka rijeke i tako ugrozila njezin prirodni tok. Brzim razvojem gospodarstva i urbanizacijom, problem onečišćenja vode u rijeci Chang Jiang postaje sve ozbiljniji problem koji šteti ljudskom zdravlju i društvenom razvoju (Deng i dr. 2017).

Veliki problem Chang Jianga su i učestale poplave. Naime, rijeka Chang Jiang često uzrokuje katastrofalne poplave. Poplave se događaju svake godine tijekom sezone monsuna od lipnja do rujna. Poplave uzrokovane rijekom Chang Jiang čine između 70 i 75 % svih poplava Kine (Facts and Details, 2020). Obilne padaline glavni su uzrok poplava, ali katastrofama pridonosi i krčenje šuma koje uzrokuje eroziju tla. Problem je i naseljavanje ranjivih poplavnih nizina (koje su u prošlosti već bile evakuirane upravo zbog katastrofalnih poplava) od strane velikog broja ljudi (Facts and Details, 2020).

3. Hidroelektrana Tri klanca

3.1. Opća obilježja hidroelektrane

Od samog početka projekt su pratile razne kontroverze. Neki Kinezi podržavali su izgradnju hidroelektrane jer su smatrali da će ona doprinijeti razvoju i napretku Kine. Razne međunarodne

skupine protivile su se izgradnji zbog ekoloških i humanitarnih razloga. Svjetska banka prvotno je trebala novčano pomoći u financiranju projekata i preseljenju stanovništva, ali je zbog pritiska SAD-a i skupina za zaštitu okoliša i ljudskih prava od toga morala odustati. Projekt Tri klanca je u trenutku izgradnje bio najskuplji hidroenergetski projekt svih vremena. Kada je odobren 1992. godine, njegov trošak procijenjen je na 8,3 milijarde dolara. Prema službenim podacima, cijeli pothvat Kinu je stajao 23 milijarde dolara međutim vanjski stručnjaci procjenjuju da bi taj iznos mogao biti čak i dvostruko veći (Facts and Details, 2011).

Brana je najveća armiranobetonska gravitacijska brana na svijetu s dužinom od 2355 metara i visinom od 185 metara. Cijela konstrukcija ima 37 milijuna kubičnih metara betona i 464 tisuća tona čelika. Protočni dio širok je 483 m i ima 23 protočna otvora na visini od 90 metara. Na krajevima brane smještene su hidroelektrane. Lijeva hidroelektrana duga je 643,7 m s 14 generatorskih turbina, a desna je duga 584,2 m s 12 generatora. Na desnoj strani nalazi se i podzemna hidroelektrana sa 6 hidroturbina (Nadilo, 2002). Ograničena proizvodnja hidroelektrane započela je 2003. godine i postupno se povećavala tijekom godina kako su generatorske turbine spajane na mrežu. Godine 2012. radile su 32 generatorske turbine koje brani daju kapacitet za proizvodnju 22 500 MW električne energije (Britannica, 2020). Tako je hidroelektrana Tri klanca postala hidroelektrana s najvećom instaliranom snagom na svijetu (Tab. 1.).

Tablica 1. Najveće hidroelektrane na svijetu prema ukupnoj instaliranoj snazi

Ime hidroelektrane	Ukupan kapacitet (GW)
HE Tri klanca (Chang jiang, Kina)	22.5
HE Itaipu (Parana, Brazil/Paragvaj)	14
HE Hiloudu (Jinsha, Kina)	13.86
HE Guri (Caroni, Venezuela)	10.24
HE Tucurui (Tocantis, Brazil)	8.37
HE Grand Coulee (Columbia, SAD)	6.81
HE Longtan (Hongshui, Kina)	6.43
HE Xiangjiaba (Jinsha, Kina)	6.4
HE Krasnojarsk (Jenisej, Rusija)	6
HE Robert Bourassa (La Grande, Kanada)	5.62

Izvor: <https://www.statista.com/statistics/474526/largest-hydro-power-facilities-in-the-world-by-generating-capacity/>

3.2. Lokacija hidroelektrane

Hidroelektrana Tri klanca nalazi se blizu grada Yichanga u provinciji Hubei. Najveći gradovi u njezinoj blizini su Chongqing i Wuhan (Sl. 2.). Ona se smatra najambicioznijim projektom u povijesti Kine još od gradnje Kineskog zida i najvećim i najzahtjevnijim građevinskim pothvatom u povijesti čovječanstva (Facts and Details, 2011). U Kini je oduvijek postojala ideja o iskorištavanju hidropotencijala rijeke Chang Jiang, a posebice u riječnom predjelu u središnjoj Kini, između istočnog dijela pokrajine Sečuan i zapadnog dijela pokrajine Hubei. Taj predio naziva se Tri klanca i tu je rijeka Chang Jiang najuža. Na tom prostoru dugom 200km, idući nizvodno smještena su tri klanca: Qutang (8 km, najkraći i najuži), Wu (40 km) i Xiling (80 km, najopasniji zbog plićina i brzine vode) (Nadilo, 2002). Klanac Qutang dug je 8 km i to je

najkraći od triju klanaca rijeke Chang Jiang. Tri klanca rijeka je izdubila dok se prebijala preko planinskog ruba velikog kineskog Sečuanskog bazena. Slikoviti klanac Wu dug je 40 km, a njime dominira dvanaest Vilinskih vrhova. Klanac Xiling nekoć je bio najopasniji klanac, s uskim stazama, grebenima, brzacima i virovima. Pedesetih godina 20. stoljeća goleme stijene koje su izvirivale iz sredine riječnog toka uništene su eksplozivom kako bi plovidba rijekom bila sigurnija (Buchanan, 2005). Brana se nalazi neposredno uz klanac Xiling, 38 km uzvodno od brane Gezhouba. Gezhouba je prva brana kojom je pregrađena rijeka Chang Jiang. Brana Gezhouba također je bio eksperiment za buduću izgradnju Projekta Tri klanca. Njezina gradnja započela je 1970. godine, a završila 1988. godine. Godišnje je proizvodila 15,8 milijardi kWh električne energije (Nadilo, 2002).



Slika 2. Prikaz smještaja Hidroelektrane Tri klanca i najveći gradovi na rijeci Chang Jiang

Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana_Tri_klanca

3.3. Povijest izgradnje i kontroverze

Planovi o izgradnji ogromne hidroelektrane na rijeci Chang Jiang sežu do 1919. godine kada Sun Yat-Sen u svom članku pod nazivom „Planovi razvoja industrije“ spominje mogućnost izgradnje niza velikih brana koje bi proizvodile električnu energiju i štatile od poplava. Tijekom 1930-ih godina za vrijeme vlade Kuomintanga provedeno je nekoliko studija kako bi se utvrdila mogućnost izgradnje velike brane na gornjem toku rijeke Chang Jiang. Terenska istraživanja na poziv kineske vlade provodio je američki stručnjak John L. Savage kako bi ispitao mjesto buduće brane i izradio idejni projekt. Dvije godine kasnije počinju radovi na dizajnu brane no duboka ekonomska kriza i kineski građanski rat natjerali su vladu Čang Kai-šeka na odustajanje od projekta. Snažan niz poplava na rijeci Chang Jiang prisilio je novo uspostavljenu

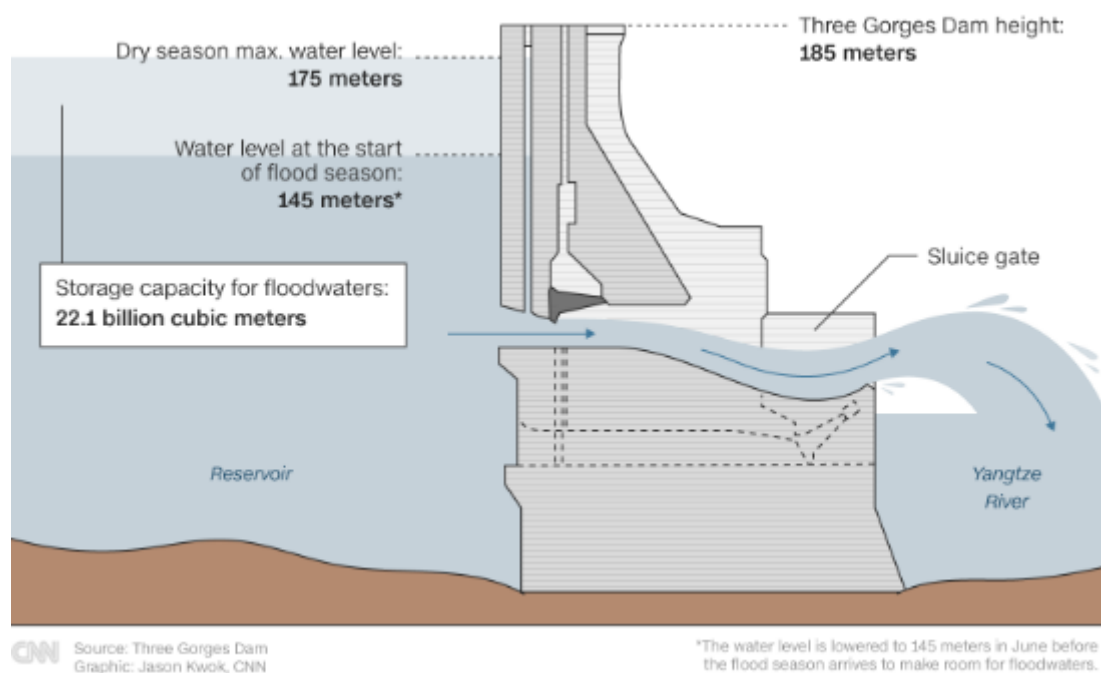
komunističku vladu da ojača svoju politiku prema velikim hidrauličkim projektima za kontrolu poplava izgradnjom velikih brana. Mao Ce-tung je 1953. godine predložio izgradnju velike brane na području Tri klanca, a velike poplave na Chang Jiang 1954. godine koje su prouzročile smrt 30 tisuća ljudi konačno su potaknuli vladu da ponovno pristupi izradi planova za izgradnju. Nakon provedenih istraživanja, žustrih debata i protivljenja od strane raznih udruga 1956. godine Centralni komitet Komunističke partije Kine odobrio je izradu projekta Tri klanca. Godine 1959. grad Sandouping odabire se kao lokacija za izgradnju brane. Godine 1960. katastrofalne gladi u Kini uzrokovane ekonomskim i socijalnim planom „Veliki skok naprijed“ i sukobi sa Sovjetskim savezom ponovno su odgodili izradu brane sve do 70-ih godina. Godine 1970. Centralni komitet dozvoljava izgradnju brane Gezhouba u gornjem toku Chang Jianga kao pripremu za izgradnju glavne i najveće brane kod Tri klanca. Zbog tehničkih problema projekt Gezhouba 1972. godine trebao je biti rekonstruiran pa je konačno dovršen tek 1989. godine, trajući gotovo četverostruko duže od planiranog. Deng Xiaoping, nasljednik Mao Ce-tunga 1979. godine provodi tržišne reforme te ističe potrebu za većom proizvodnjom električne energije kako bi se omogućio gospodarski rast. U narednim godinama provodila su se mnoga istraživanja i razne javne rasprave no nisu postignuti nikakvi dogovori i zaključci. Nova studija izvodljivosti pokrenuta je 1986. godine od strane kineskog ministarstva vodnih resursa i električne energije. Studija je uključivala 14 točaka na kojima je radilo više od 400 stručnjaka. Studija je završena 1989. godine i preporučila je izvršenje projekta no 9 stručnjaka odbilo je potpisati studiju zbog višestrukih problema sa sedimentacijom i raseljavanjem stanovništva. Nakon toga došlo je do novog vala protesta ekologa, znanstvenika, intelektualaca i novinara koji su se suprotstavljali izgradnji hidroelektrane Tri klanca. Zbog protesta projekt se odgodio na sljedeće stoljeće no već 1991. godine razarajuće poplave na Chang Jiang odnijele su 3000 života te su postale presudan faktor pristaša brana za postizanje odobrenja projekta. Pristaše brane naglašavali su hitnu potrebu za takvom infrastrukturom kako bi se spriječile daljnje poplave. Državno poduzeće CTGPC (China Three Gorges Project Corporation) 1993. godine odobrilo je projekt te se krenule službene pripreme za realizaciju projekta. Odobreni projekt sastojao se od višenamjenske brane (orijentirane na kontrolu poplava, proizvodnju električne energije i plovidbu) koja je sagrađena u 3 faze počevši od 1994. do 2013. godine (Lopez-Puyol i Ponseti, 2006).

4. Pozitivni utjecaji hidroelektrane

4.1. Zaštita od poplava

Zaštita od poplava uz energetske dobit zasigurno je najpozitivnija strana hidroelektrane Tri klanca. Pri izgradnji ovog megaprojekta kineska vlada naglašavala je da je upravo zaštita od razornih poplava primarni cilj projekta. Područja nizina i jezera u srednjim i donjim regijama porječja poznate su po koncentriranim, čestim i jakim poplavama. Unatoč tome, to je jedno od glavnih područja za proizvodnju žitarica, pamuka, jestivog ulja, kao i područje izrazitog ekonomskog razvoja. U prošlom stoljeću dogodilo se 5 teških katastrofa uzrokovanih poplava (1931., 1935., 1949., 1954. i 1998.). Nakon 1954. tijekom 40 godina zaštita od poplava znatno je poboljšana u srednjem i donjem toku, ali je prijetnja od velikih i razornih poplava i dalje postojala. Godine 1998. druga najveća poplava u 20. stoljeću odnijela je tisuće života i prouzročila ekonomsku štetu od 30 milijardi dolara (Hayashi i dr., 2008). Katastrofalne poplave 1998. uzrok su obilnih padalina koje su se zadržale dugo vremena ne samo u gornjem dijelu porječja nego i u srednjem i donjem dijelu porječja. To je dovelo do povijesno visokog protoka koji je zabilježen na svih hidrološkim stanicama. Od završetka izgradnje brane njezin kapacitet za zaštitu od poplava koristi se za vrijeme sezona poplava kako bi se prepriječile srednje i male poplave. Hidroelektrana Tri klanca ima veliku ulogu u smanjenju i pomicanju maksimalnog vodostaja poplave. Efektivno štiti stanovništvo duž obale rijeke preklapanjem maksimalnog vodostaja poplave gornjeg toka sa maksimalnim vodostajem poplave srednjeg i donjeg toka rijeke Chang Jiang (Zheng, 2016). Na taj način postiže se kontrola i ublažavanje poplava te se znatno smanjuje pritisak poplava na srednji i donji tok rijeke. Godine 2010. i 2012. maksimalni protok vode na ulazu u akumulaciju iznosio je $70\,000\text{ m}^3/\text{s}$ i $71\,200\text{ m}^3/\text{s}$ i oba premašuju protok na području brane 1998. godine. Hidroelektrana Tri klanca pružila je sigurnost stanovnicima koji žive uz obalu kontrolom poplava i smanjenjem katastrofa, ali je potaknula i socijalni i ekonomski razvoj. Od početka svog rada hidroelektrana Tri klanca učinkovito kontrolira poplave na gornjem toku rijeke Chang Jiang te je znatno poboljšala upravljanje poplavama na srednjem i donjem toku rijeke. Zaštitila je živote i imovine ljudi te potaknula gospodarski i društveni razvoj na području cijelog porječja (Zheng, 2016). Međutim, u jeku pandemije virusa SARS-CoV-2 Kinu su u srpnju i kolovozu 2020. godine pogodile snažne poplave. Najteže su pogođene provincije Guizhou, Hunan, Guangxi i općina Chongqing. Katastrofalne kiše pretvorile su ulice u rijeke i poplavile zgrade. Od početka kišne sezone pala je gotovo dvostruko

veća količina kiše od očekivane za to doba godine (Jutarnji list, 2020). Više od 158 ljudi je umrlo ili nestalo, raseljeno je 3,67 milijuna stanovnika, a pogođeno je više od 54,8 milijuna ljudi. Ekonomski gubici procjenjuju se na 20,5 milijardi dolara (Gan, 2020). Dok je pri izgradnji hidroelektrane kineska vlada obećala da će brana zaštititi stanovništvo od takozvanih „stoljetnih poplava“ njezina je učinkovitost često dovođena u pitanje. Nakon ove poplave kojom je zabilježena najveća prosječna količina kiše u posljednjih 60 godina učinkovitost hidroelektrane ponovno je dovedena u pitanje. Unatoč tome, kineske vlasti tvrde da je hidroelektrana Tri klanca imala presudnu ulogu u presretanju poplavnih voda. Tvrde da je brana presrela 18,2 milijardi m³ potencijalnih poplava i da je učinkovito smanjila brzinu i opseg porasta vode na srednjem i donjem toku Chang Jianga. No, rezultati s nekoliko mjernih stanica koje nadziru protoke rijeka u porječju Chang Jianga ukazuju na rekordno visoke vodostaje. Neki geolozi tvrde da je sada otkrivena ograničena uloga brane u kontroli poplava. Zaštita od poplava radi na sljedeći način: ogromna brana smještena je na uzvodnom dijelu Chang Jianga i ona pomaže u sprječavanju poplava nizvodno zarobljavanjem kišnice u ogromnom akumulacijskom jezeru te ju kontrolirano ispušta kroz vrata brane. Tijekom sušne sezone, od listopada do svibnja, vodostaj akumulacije održava se na maksimalno 175 m kako bi se optimizirala proizvodnja električne energije u hidroelektrani. Prije nego što stignu ljetne kiše u lipnju, vodostaj se postupno spušta na 145 m kako bi se napravilo mjesta za nadolazeće poplave (Sl. 3.).



Slika 3. Prikaz rada brane za vrijeme kišne i sušne sezone

Izvor: <https://edition.cnn.com/style/article/china-three-gorges-dam-intl-hnk-dst/index.html>

Snizavanjem vodostaja stvara se 22 milijuna m³ prostora. Prema geologu Fan Xiaou, dugogodišnjem kritičaru hidroelektrane, to nije dovoljno za ogromne poplave koje se mogu pojaviti tokom ljeta. Prema njegovim kalkulacijama za vrijeme takozvanih stogodišnjih poplava više od 244 milijardi m³ vode može proći kroz Tri klanca u samo 2 mjeseca, a kapacitet brane može podnijeti samo 9% tog iznosa. Osim toga, brana može zadržati vodu samo na određeno vrijeme jer mora napraviti mjesta za nove kiše. Tijekom srpnja 2020. godine tri su poplavna vala pogodila Tri klanca, a brana je već od kraja lipnja iste godine puštala vodu iz akumulacije. Taj je postupak naišao na žestoke kritike kineske javnosti jer su se tako samo pogoršale poplave nizvodno (Gan, 2020). Wang Weiulo, kritičar hidroelektrane, navodi da poplave većinom uzrokuju izljevi iz akumulacije, a ne nepovoljne vremenske prilike (Raknić, 2020). Jezero Poyang, u provinciji Jiangxi zabilježilo je najveći vodostaj još od poplava 1998. godine kada je život izgubilo 3000 ljudi, a ostala mjesta nizvodno također su zabilježila rekorde. Istraživanja kineskih i stranih znanstvenika tijekom godina utvrdila su da je akumulacija brane premala da bi značajno smanjila nizvodni protok tijekom jakih poplava. Brana pomaže samo u ublažavanju poplava tijekom normalnih godina. Problem nije dizajn brane, nego očekivanje da bi brana mogla riješiti sve probleme poplava na rijeci Chang Jiang. Brana može u određenoj mjeri smanjiti intenzitet poplava koje dolaze iz gornjeg toka, ali ne može u cijelosti spriječiti poplave uzrokovane intenzivnim kišama na srednjem i donjem toku Chang Jianga ili njegovim pritocima. Puno poplava na ljeto 2020. godine uzrokovano je kišom koja je pala nizvodno i nikada nije prošla kroz branu (Gan, 2020).

4.2. Proizvodnja električne energije

U Kini početkom 1970-ih godina proizvodnja električne energije nije bila dovoljna da bi zadovoljila potražnju. Ekonomske reforme provedene krajem 1970-ih godina i nagli skok nacionalnog gospodarstva dodatno su pogoršali situaciju. Sredinom 1980-ih nestašica struje prisilila je tvornice da rade s kapacitetom od 70% do 80% , a nestanci struje postala su vrlo česta pojava u urbanim područjima. Zbog toga se 1980-ih godina ponovno počinju graditi termoelektrane. Međutim, ograničeni resursi ugljena u Kini i velika zagađenja uzrokovana termoelektranama isticali su potrebu pronalaska alternativnog izvora energije. Hidroenergija, promatrana kao čišći izvor energije u usporedbi s ugljenom, počela se smatrati srednjoročnim i dugoročnim rješenjem problema kronične nestašice struje. Veliki planovi razvoja hidroelektrana pokrenuti su 1990-ih godina s ciljem povećanja udjela energije koje proizvode

hidroelektrane s 19% krajem 1990-ih na oko 40% do 2015. godine. Ipak, na kraju 2005. godine termalna energija i dalje je predstavljala 75,6% ukupnog instaliranog kapaciteta električne energije i 81,5% ukupne proizvodnje električne energije (Lopez-Puyol i Ponseti, 2006). Hidroelektrana Tri klanca čini okosnicu kineskih planova za razvoj hidroenergije jer Kina ima najveći hidropotencijal na svijetu s teoretskim proizvodnim kapacitetom od 448 GW (Lopez-Puyol i Ponseti, 2006). Godine 2018. instalirana hidroenergetska snaga Kine iznosila je 352,2 GW što je oko 79% iskorištenog hidropotencijala Kine (Besta, 2019). Pri izgradnji hidroelektrane Tri klanca kineska vlada naglašavala je da je energetska dobit uz zaštitu od poplava primarni cilj izgradnje projekta. Od 2003. godine kada je hidroelektrana puštena u rad do kraja 2015. godine proizvela je električnu energiju od 8.97795×10^{11} kWh. Prema tome, hidroelektrana je učinkovito ublažila pritisak na opskrbu strujom u središnjoj Kini, istočnoj Kini, provinciji Guangdong i drugim regijama te je općenito poboljšala sposobnost opskrbom energije u cijeloj državi. Do 2012. godine sve su vodne turbine bile u pogonu s proizvedenom energijom koja je činila oko 11,4% ukupne proizvodnje hidroelektrana u Kini. Otkako je hidroelektrana počela s radom znatno je povećan udio potrošnje obnovljivih izvora energije te je ona učinkovito zamijenila proizvodnju toplinske energije i pružila uštedu energije i smanjenje emisije štetnih plinova. Hidroelektrana smanjuje potrošnju ugljena za 31 milijun tona godišnje. Također smanjuje stakleničke plinove: 370 tisuća tona dušikovih oksida, 1 milijun tona sumporovog dioksida i 10 tisuća tona ugljikovog monoksida (Zheng, 2016).

4.3. Unutarnja plovidba

Treća glavna svrha projekta Tri klanca bila je poboljšanje plovidbe rijekom Chang Jiang, kineskim *zlatnim plovnim putem*. Duž rijeke u dužini od 2700 km odvija se intenzivan teretni i putnički promet. Rijeka služi kao nastavak morskih putova, spajajući unutrašnje i obalne luke zajedno s drugim velikim gradovima u prometnu mrežu. Vodeću ulogu imaju gradovi Nanjing, Wuhan i Chongqing. Riječni putevi u porječju Chang Jianga ukupno su dugi oko 56 000 km (Britannica, 2020). Plovidba Chang Jiangom nikad nije bila jednostavna zbog nekoliko opasnih dijelova rijeke, kao na primjer područje Jingjianga gdje su prudovi i plitki dijelovi toka plovidbu izlagali mnogim opasnostima. Ipak, najopasniji dio rijeke za plovidbu je 660 km dug put od grada Yichanga (srednji tok) do grada Chongqinga (gornji tok) gdje Chang Jiang prolazi kroz planine i uske klance. Akumulacijom uzvodno od brane Tri klanca plovidba tim putem poboljšana je zbog produbljivanja i širenja plovnoga puta. Opasni prudovi su poplavljeni, a

brzina rijeke znatno je smanjena pa je plovidba uzvodno olakšana (Lopez-Puyol i Ponseti, 2006). Hidroelektrana Tri klanca napravljena je s jednom od najvećih brodskih prevodnica na svijetu. Zbog brodske prevodnice brodovi do 10 tisuća tona mogu ploviti uzvodno do Chongqinga. Izgradnjom brane također je znatno poboljšana plovidba u akumulacijskom jezeru te u srednjem i donjem toku rijeke Chang Jiang. Godine 2006. kroz novi sustav do Chongqinga prošlo je 50 milijuna tona tereta što je 18 milijuna tona više od vremena prije izgradnje projekta (Gleick, 2009). Godine 2011. kroz sustav je po prvi put prošlo više od 100 milijuna tona tereta čime je premašen cilj postavljen za 2030. godinu. Godine 2019. teretni promet iznosio je čak 148 milijuna tona. Od 2004. godine prosječni godišnji rast teretnog prometa iznosio je 9% (Caiyu, 2020). Možemo zaključiti da je projekt Tri klanca imao značajnu ulogu u razvoju plovidbe i prijevoza tereta i roba u području gornjega toka rijeke Chang Jiang, ali i u cjelokupnom ekonomskom razvoju toga područja.

4.4. Vodoopskrba

Neizravni učinak punjenja akumulacijskog jezera Tri klanca povećanje je dostupnosti vode. Zbog akumulirane vode i povećanog minimalnog ispusta u srednji tok na raspolaganju je više vode za navodnjavanje, industrijsku uporabu i ljudsku potrošnju ne samo za područje porječja rijeke Chang Jiang nego i za sjevernu Kinu koja je siromašna vodom. Nedostatak vode na sjeveru posljedica je nepovoljnog režima padalina i male ukupne godišnje količine padalina (prosječna godišnja količina padalina između 500-600 mm na sjeveroistoku i samo 200 mm na sjeverozapadu). To je znatno niža količina padalina nego na jugu Kine gdje ona iznosi oko 1000 mm (Lopez-Puyol i Ponseti, 2006). Iskorištavanje vodnih resursa akumulacijskog jezera hidroelektrane Tri klanca uključuje transport vode, proizvodnju električne energije, vodoopskrbu u porječju rijeke i poboljšanje kvalitete voda u periodu niskih vodostaja u srednjem i donjem toku rijeke (Zheng, 2016). Suprotstavljanje sušama prednost je hidroelektrane Tri klanca iako pri njezinoj izgradnji to nije bila njezina zamišljena namjena. Međutim, pri nestašici vode u srednjem i donjem toku rijeke Chang Jiang, kineska vlada odlučila je upotrijebiti hidroelektranu Tri klanca za borbu protiv suše. Za vrijeme sušne sezone ili velikih suša akumulirana voda pušta se nizvodno čime se osigurava povoljan vodostaj srednjeg i donjeg toka. Ta voda se također koristi za navodnjavanje farmi, industrijsku proizvodnju i potrebe stanovništva (Travel China Guide, 2020). Godine 2011. srednji i donji tok rijeke Chang Jiang pogodila je jedna od najjačih suša u posljednjih 60 godina. Gradovi

nizvodno od brane nisu mogli prihvatiti oceanske brodove koji inače pristižu u njihove luke, a 400 tisuća stanovnika provincije Hubei izgubilo je pristup pitkoj vodi. Iako nije dokazana povezanost, kritičari hidroelektrane navode da je upravo brana uzrok promjena regionalnih vodostaja (Wines, 2020). Te godine vodostaj rijeke Chang Jiang dosegao je najnižu vrijednost otkako je 2003. godine hidroelektrana krenula s radom. Tada su se glavnim krivcima smatrali upravitelji brane koji su zadržavali vodu akumulacijskog jezera radi čim veće proizvodnje električne energije. Stav upravitelja brane bio je da su oni ublažili problem ispuštanjem 400 milijuna m³ vode. Time je razina vode u akumulaciji pala ispod 156 m što je potrebna razina za optimalnu proizvodnju električne energije (Watts, 2011). Najgora kineska suša u posljednjih 60 godina potaknula je ponovnu raspravu o brani i prisilila kinesku vladu da prizna napravljene greške pri projektiranju. Međutim, velike suše nisu samo posljedica rada brane nego su i rezultat čitavog niza drugih čimbenika, uključujući i ozbiljnog nedostatka padalina.

5. Negativni utjecaji hidroelektrane Tri klanca

Rijeke imaju vitalnu ulogu u ljudskom društvu jer se njihova voda koristi za poljoprivredu, komunalne potrebe, proizvodnju električne energije, plovidbu i rekreaciju. Kako bi se dodatno zadovoljile ljudske potrebe mnoge velike rijeke u svijetu regulirane su radom brana. Negativni utjecaji brana i akumulacija na okoliš dobro su poznati. Brane narušavaju prirodna obilježja rijeka narušavajući protočni režim, prijenos sedimenta i njihove termalne karakteristike. Utjecaj na prijenos sedimenta može biti posebno izražen jer velike brane ometaju kretanje riječnog sedimenta koji se taloži u akumulaciji. U Kini se godišnja količina sedimentnih nanosa na velikim pregrađenim rijekama (Chang Jiang i Huang He) znatno smanjila zbog ljudskih aktivnosti. Izmišljeni sedimentacijski režimi izazvani izgradnjom brana rezultirali su velikim promjenama u geomorfologiji, staništima i biološkoj raznolikosti rijeka nizvodno od brane (Wang, 2018). Najveće negativne utjecaje u Kini imala je hidroelektrana Tri klanca. Zbog svog ogromnom skladištenog kapaciteta (više od 22 milijardi m³) hidroelektrana Tri klanca u usporedbi s prethodnim branama donosi još veće i negativnije utjecaje, poput degradacije vlažnih područja i gubitka bioraznolikosti i prodora slane vode (Zhang i dr., 2016).

5.1. Negativni hidrološki utjecaji sedimentacije

Brana može proizvesti znatne promjene hidrološkog režima. Rad brane obično remeti kontinuitet kretanja sedimenata uzrokujući promjene riječne hidrologije, morfologije i ekologije te nanošenje štete infrastrukturi. Hidroelektrana Tri klanca nije iznimka jer ima snažan utjecaj na nizvodni hidrološki režim Chang Jianga. Konkretno, nakon početnog zatvaranja brane Tri klanca 2003. godine godišnji sedimentacijski nanos drastično se smanjio u usporedbi s razdobljem prije izgradnje brane Tri klanca (Zhang i dr., 2016). Prije izgradnje, prosječna godišnja količina sedimentacije na ušću rijeke iznosila je 500 milijuna tona, a nakon završnog punjenja jezera 2006. godine samo 64 milijuna tona (Li i dr., 2013). Rijeka Chang Jiang oduvijek je prenosila velike količine sedimenata s gornjeg toka svojega porječja do Istočnog kineskog mora, podupirući ekološke procese u delti rijeke i bogatstvo ribljeg fonda u moru. Zarobljavanjem velike količine sedimenata uzvodno od brane dolazi do značajnog opadanja sedimenata i jake erozije nizvodno te se tako stvara snažan pritisak na obalna područja Chang Jianga. Ušća su izrazito dinamični ekosustavi koji obično podliježu utjecajima plime i oseke i raznim riječnim dotocima. Riječni dotoci i sedimentni nanosi koje donose sa sobom presudni su za okolišne uvjete, biološku raznolikost, morfologiju i razvoj ušća. Vitalni su za ekološko zdravlje i održivi razvoj gospodarstva delte Chang Jianga, najrazvijenije regije Kine. Hidroelektrana Tri klanca značajno utječe na dotoke u ušće rijeke Chang Jiang. Podaci ukazuju na značajan opadajući trend ukupnog i minimalnog prosječnog godišnjeg protoka. Padovi se mogu protumačiti kao rezultat djelomično pojačanog isparavanja vode iz akumulacijskog jezera i povećanih stopa crpljenja vode. Ti padovi godišnjeg protoka ometaju društveno-gospodarski razvoj delte Chang Jianga te čak i ugrožavaju opstanak delte (Zhang i dr., 2016). U svijetu je posljednjih 150 godina zabilježen pad sedimentnog nanosa koji stiže do obalnih područja zbog zadržavanja u akumulacijskim jezerima velikih hidroelektrana što je rezultiralo uništavanjem delta mnogih velikih rijeka. Nema sumnje da su promjene na ušću Chang Jianga posljedica rada hidroelektrane Tri klanca. Brana Tri klanca zaustavila je ogromne količine sedimenata pa je zbog toga voda koju je brana puštala predstavljala značajnu prijetnju područjima uz ušće. Porastom erozije korita nizvodno od brane Tri klanca nije nadoknađen sediment koji je ostao u rezervoaru (nadoknađeno je samo 20%). Vjerojatno je da će se sedimentacija na ušću Chang Jianga i dalje smanjivati, vršeći tako pritisak na donji tok Chang Jianga i okolna priobalna područja (Zhang i dr., 2016).

5.2. Negativni ekološki utjecaji sedimentacije

Dosadašnja iskustva pokazala su da brane štetno utječu na lokalne i regionalne ekosustave i ostale čimbenike okoliša. Djelovanjem hidroelektrane Tri klanca smanjuje se sposobnost rijeke u pročišćavanju i uklanjanju toksina. Održavanjem optimalnog protoka za vrijeme kišnih sezona smanjuju se učinci razrjeđivanja te se zajedno s ekstremno niskim razinama dodatno pogoršava kvaliteta vode u rijeci. Osim toga, toksini se često apsorbiraju na čestice sedimenata koji se najviše taloži uzvodno od brane pa to dodatno pogoršava kvalitetu vode (Zhang i dr., 2016). S ekonomskim rastom, porastom broja stanovništva i povećanim životnim standardom raste i odlaganje industrijskih otpadnih voda i poljoprivrednih kemikalija u rijeku Chang Jiang te se tako slabi njegova ekološka vitalnost (Zhang i dr., 2016). Također, nakon izgradnje hidroelektrane povećala se plovnost, a samim time i prijevoz robe što je utjecalo na dodatnih 3,8 milijuna tona otpada u akumulacijsko jezero. Zbog toga je došlo do značajnog pada u kvaliteti vode. Godine 2003. kvaliteta vode glavnog riječnog toka bila je II i III kategorije. Godine 2009. na području rezervoara kvaliteta vode se pogoršala na IV kategoriju, a u nekim slučajevima i na najlošiju V kategoriju (Li i dr., 2013).

Hidroelektrana Tri klanca nalazi se u regiji koja ima veliki broj kopnenih i vodenih vrsta. Izuzetna značajka bioraznolikosti ovoga prostora je obilje prastarih, rijetkih, endemskih i ugroženih vrsta. Postoji čak 177 endemskih vrsta riba, od kojih je njih čak 25 ugroženo (Li i dr., 2013). Punjenje akumulacijskog jezera hidroelektrana Tri klanca štetno je utjecalo na fizička staništa vodenih organizama, ali i riba s iznimnom ekonomskom vrijednošću. Smanjenje populacija vrsta uglavnom se pripisuje gubicima mrjestilišta uzrokovanim gradnjom brana (Zhang i dr., 2016). Istovremeno, hidrološki režimi igraju važnu ulogu u strukturiranju biološke raznolikosti unutar riječnog ekosustava. Promjena hidrološkog režima uzrokovana djelovanjem hidroelektrane Tri klanca značajno je utjecala na raznolikost riba. Na primjer, za razmnožavanje šarana potreban je adekvatan protok vode kako bi jaja mogla plutati. Sukladno tome, minimalni protok i prikladna povećanja dnevnog protoka izuzetno su važni tijekom reproduktivne sezone. Stoga u novije vrijeme upravitelji brana pokušavaju oponašati prirodnu dinamiku protoka rijeke što je bolje moguće, kako bi umanjili utjecaje na nizvodne ekosustave (Zhang i dr., 2016).

Smanjena sedimentacija negativno je utjecala i na ekologiju ušća. Značajnim smanjenjem dotoka u ušće hidroelektrana Tri klanca može poremetiti ravnotežu slatkovodne i morske vode, što rezultira prodorom slane vode u ušće (Zhang i dr., 2016). Visoka koncentracija soli u lokalnim podzemnim vodama može smanjiti plodnost tla i time utjecati na održivost lokalne

poljoprivrede. Prije izgradnje hidroelektrane Tri klanca sedimenti bogati hranjivim tvarima opskrbljivali su tlo, priobalnu vegetaciju i vodeni ekosustav. Izgradnjom brane produktivnost tih područja u ušću ugrožena je zbog smanjenja učestalosti i jačina poplava (i količine isporučenog sedimenata nizvodno).

5.3. Geološke opasnosti

Zatvaranjem 660 km dugog jezera uzvodno od hidroelektrane Tri klanca značajno su se reaktivirale ozbiljne geološke opasnosti. Stotine klizišta ponovno je aktivirano i oni su sada u fazi povremenog klizanja. Dodatni problemi su odronjavanja i debritni tokovi. (Tang i dr., 2019). Tijekom povijesti na području Tri klanca protežući se od Yichanga do Chongqinga duž rijeke Chang Jiang često su zabilježena razna klizišta. Nestabilnost padina povezana je s geološkim i socioekonomskim obilježjima prostora (Li i dr., 2013). I prije zatvaranja brane na ovom se području događalo prosječno 5 velikih geoloških katastrofa godišnje. To su uglavnom bile opasnosti u obliku klizišta i odrona, ali su također zabilježeni potresi i urušavanja. Zatvaranjem akumulacijskog jezera zasigurno se povećala učestalost geoloških opasnosti u planinskom i tektonski aktivnom području rezervoara Tri klanca. Najekstremniji primjer je klizište Qianjiangping iz 2003. godine s popratnim impulsnim valom (jedan od oblika sekundarnih katastrofa povezanih s klizištima toga područja). Klizanje je uzrokovalo 24 smrtna slučaja te je uništilo mnoge kuće i brodove (Tang i dr., 2019). Nakon zatvaranja akumulacije i s tim povezanog preseljenja stanovništva na viša područja, porasla je učestalost i veličina klizišta zbog reaktivacije starih klizišta i aktiviranja novih. Pri izgradnji hidroelektrane Tri klanca inženjerske aktivnosti znatno su se povećale (obnova okruga i gradova za preseljenje lokalnog stanovništva na viša područja i izgradnja autoputa od Yichanga do Chongqinga uz rijeku Chang Jiang). Kao posljedica tih aktivnosti, otkriven je evidentan porast pojave klizišta na padinama doline rijeke Chang Jiang. Do kraja 2008. godine preseljeno je preko 1,2 milijuna ljudi od kojih je samo njih 210 tisuća preseljeno izvan područja akumulacijskog jezera Tri klanca dok je ostalo lokalno stanovništvo preseljeno samo na viša područja gdje je izvorna vegetacija bila ozbiljno uništena (Li i dr., 2013). Klizišta, odroni, pukotine i slijeganje tla glavne su pojave nestabilnosti u području akumulacijskog jezera Tri klanca. Na području od Yichanga do Jiangjina uz rijeku Chang Jiang postoji 4429 geoloških opasnosti. Među njima je 4256 klizišta i odrona, 42 pukotine i 73 slučaja slijeganja tla (Tang i dr., 2019). Od početne faze planiranja izgradnje ovog ogromnog projekta do danas poduzeto je mnogo znanstvenih

istraživanja kako bi se identificirale i ublažile geološke opasnosti toga područja. Pokušavaju se otkriti karakteristike geoloških opasnosti toga područja te kako se one razvijaju. Također se radi i na praćenju geoloških opasnosti i primjeni protokola ranog upozoravanja kako bi se spriječili potencijalni katastrofalni događaji (Tang i dr., 2019).

Posebnu grupu geoloških opasnosti čine potresi koji su manifestacija endogenih procesa na Zemlji. Prije izgradnje hidroelektrane Tri Klanca, kineska seizmološka služba počela je pratiti potrese u regiji 1958. godine. Općenito, hidroelektrana Tri klanca nalazi se na relativno stabilnom tektonskom području. Područje akumulacije i okolni krajevi imaju umjerenu seizmičku aktivnost. Prije izgradnje brane i stvaranja akumulacije većina potresa bilo je male i srednje jačine, a njihov prostorni raspored bio je raspršen. Nakon akumulacije vode u području jezera od 2003. do 2016. godine ukupno je zabilježeno oko 8440 potresa, od kojih je 6896 imalo magnitudu manju od 1. Od magnitude 1-1.9 1377 potresa, 2-2.9 149 potresa, 3-3.9 12 potresa 4-4.9 5 potresa i 5-5.9 1 potres. Yao i dr. u radu iz 2017. godine analizirali su seizmičke aktivnosti na području od 10 km duž rijeke Chang Jiang. Analizirane su seizmičke aktivnosti s akumulacijom vode do 135 m, 156 m i 175 m. Istraživanjem su zaključili da je frekvencija potresa na području rezervoara Tri klanca akumulacijom vode znatno porasla u odnosu na vrijeme prije akumulacije. Velika većina tih potresa (99.8%) slabija je od 3 magnitude, dok je samo 0.2% potresa s magnitudom većom od 3. Nakon akumulacije vode učestalost potresa znatno se povećala. Međutim, seizmičke aktivnosti s magnitudom većom od 3 nisu se znatno promijenile. Najjači potres nakon akumulacije bio je magnitude 5.1 što odgovara prirodnim potresima na tom području prije akumulacije. Mikro i mali potresi nakon akumulacije vode usko su povezani s vodenim opterećenjem, promjenama tlaka pora, fluktuacijama nivoa vode i infiltracijom vode (Yao i dr., 2017). Većina mikro i malih potresa uzrokovani su akumulacijom i ne-tektonskog su postanka.

5.4. Raseljavanje stanovništva

Raseljavanje stanovništva jedan je od dugogodišnjih problema koji je uzrokovao projekt izgradnje hidroelektrane Tri klanca. Zbog njega je došlo do preseljenja 1,3 milijuna stanovnika. Takvo veliko preseljavanje vrlo je složen zadatak. Građanima ne moraju samo biti obračunati i rekonstruirani poplavljeni stanovi i infrastruktura, već im se mora pružiti i individualna podrška kako bi ponovno mogli obnoviti vlastita sredstva za život. Za vrijeme izgradnje hidroelektrane

Tri klanca preseljenje stanovništva provedeno je u 4 faze te svaka faza odgovara porastu vodostaja. Prva faza: 1993. – 1997. do 90 m, druga faza: 1998. – 2003. do 135 m, treća faza: 2004. – 2006. do 156 m i četvrta faza: 2007. – 2009. do 176 m. Prema tome, preseljenje je službeno završeno 2009. godine (Duan i Wilmsen, 2012). Ukupno je preseljeno 1,3 milijuna ljudi od kojih je njih 550 700 iz ruralnih krajeva (od kojih je 196 200 s područja jezera). Preseljena su i 2 velika grada, 10 okruga i 106 gradova u kojima je živjelo oko 750 tisuća ljudi (Zheng, 2016). U tom je razdoblju preraspodijeljeno 21.400 hektara poljoprivrednih površina, obnovljeno je 40,23 milijuna m² stanova, a 1599 tvornica je premješteno ili zatvoreno (Duan i Wilmsen, 2012). Područje izgradnje projekta jedno je od najgušće naseljenih regija Kine. Ta gustoća naseljenosti nije proporcionalna dostupnoj obradivoj površini po stanovniku. Izgradnjom projekta i plavljenjem plodnih ravnica dodatno je povećan nedostatak poljoprivrednog zemljišta. Osim toga, kvaliteta preostalog poljoprivrednog zemljišta znatno je lošija od plodnih ravnica koje su preplavljene izgradnjom projekta. Pad količine i kvalitete zemljišta dovela je u pitanje mogućnost ruralnih preseljenika da od rada na zemlji stvaraju prihod. Nedostatak obradivog zemljišta prisililo je mnoge stanovnike regije da povrate zemljište krčenjem šuma. To krčenje šuma bilo je vrlo opasno i najvjerojatnije je doprinijelo ozbiljnosti poplava duž Chang Jianga 1998. godine. Zbog toga je 1999. godine vlada prilagodila politiku preseljenja iz ruralnih područja. Prema novoj politici, stanovništvo pogođeno projektom ohrabrivano je u preseljenju izvan regije kako bi se zaštitio krhki ekosustav. Tada je 196 tisuća ljudi preseljeno na donji tok rijeke Chang Jiang, u gradove duž istočne obale. Međutim, regija je i dalje ostala gusto naseljena pa su pritisci na okoliš ostali veliki. Godine 2012. nakon potpunog završetka izgradnje hidroelektrane preseljenje je ušlo u završnu fazu. Do tada su vlasti bile zaokupljene fizičkim preseljenjem i izgradnjom infrastrukture. Pozornost se tada preusmjerila na podršku preseljenoj zajednici i osiguravanju potrebnih sredstva za njihov život. Rezultati preseljenja do 2012. godine bili su neujednačeni. Općenito su uvjeti stanovanja i infrastruktura preseljenika znatno poboljšani. Međutim, mnogi problemi koji su se pojavili tijekom faze izgradnje nisu bili riješeni te su i dalje ugrožavali opstojnost preseljene zajednice. To su bili problemi smanjenog poljoprivrednog zemljišta i degradacije okoliša, nezaposlenosti, niskog stupnja obrazovanja, neuspjeha malih poduzeća i neodgovarajuće socijalne sigurnosti. Mnogi stanovnici značajno su osiromašili što je dovelo do nezadovoljstva i prigovora. Kao odgovor na sve veći pritisak, vlada je izradila „Plan rada“ za rješavanje otvorenih pitanja i potporu razvoju regije. Vlada je preseljenicima obećala pružiti potporu da dostignu pristojan životni standard do 2020. godine. Strategije su uključivale: poboljšanje proizvodnih uvjeta preseljenika, stvaranje mogućnosti zapošljavanja razvojem obuka i ekološki prihvatljivih

industrija i zaštitu osnovnog životnog standarda preseljenika uspostavljanjem mreže socijalne sigurnosti (Duan i Wilmsen, 2012).

5.5. Potapanje kulturne i arheološke baštine

Područje hidroelektrane Tri klanca ima bogatu arheološku i kulturnu baštinu. To područje je neprekidno naseljeno još od doba prapovijesti. Pri izgradnji hidroelektrane Tri klanca potopljena je razna baština iz 8000 godina stare kineske povijesti. Potopljeno je preko 60 nalazišta iz paleolitskog doba, preko 80 nalazišta iz doba neolitika i više od 470 povijesnih nalazišta od dinastije Hana do dinastija Ming i Qing. Dakle, riječ je o velikom kulturnom gubitku drevne kineske civilizacije. Očuvani i premješteni su samo dijelovi baštine no veći dio ipak je potopljen. Uz kulturnu baštinu stradala je i arheološka. Do danas je identificirano preko 1200 potopljenih arheoloških nalazišta, uključujući 30 nalazišta iz kamenog doba starosti između 30 000 i 50 000 godina. U počecima izgradnje projekta Tri klanca vlada je nerado pomagala u spašavanju kulturne baštine i arheoloških nalazišta no na kraju je ipak izdvojila oko 125 milijuna dolara i tako pomogla u spašavanju barem manjeg dijela bogate kineske povijesti toga kraja (Facts and Details, 2011).

6. Zaključak

Rijeka Chang Jiang kulturno, povijesno i gospodarsko gledano najvažnija je rijeka Kine. U njezinom porječju živi više od 400 milijuna ljudi. Rastuća potražnja za energijom, učestale poplave i želja za snažnim gospodarskim rastom bili su glavni razlozi kineske vlade za izgradnju hidroelektrane Tri klanca. Kao najpozitivnija strana hidroelektrane Tri klanca ističe se zaštita od poplava. Pri izgradnji brane često je naglašavano da će ona biti uspješna u obrani od poplava čak i pri padu „stogodišnjih“ kiša. Dugi niz godina brana je učinkovito kontrolirala poplave na gornjem toku rijeke Chang Jiang te je znatno poboljšala upravljanje poplavama na srednjem i donjem toku rijeke. Zaštitila je živote i imovine ljudi te potaknula gospodarski i društveni razvoj na području cijelog porječja. Kao pozitivne strane uz zaštitu od poplava ističu se proizvodnja električne energija, olakšana unutarnja plovidba i kvalitetnija vodoopskrba. Radom hidroelektrane uštedena je energija te je znatno smanjena emisija štetnih plinova. Možemo zaključiti da se iskorištavanjem vodnih resursa izgradnjom brana kontroliraju poplave,

navodnjavaju obradive površine, olakšava plovidba i proizvodi električna energija. Međutim, rješavanjem tih problema istodobno stvaramo i mnoge druge vrlo štetne pojave. Negativni utjecaji brana izrazito su složeni, a hidroelektrana Tri klanca nije iznimka. Brana narušava značajke rijeke narušavajući protočni režim, prijenos sedimenta i njegova termalna obilježja. Smanjena sedimentacija na srednjem i donjem toku uzrokovala je negativne ekološke procese u delti rijeke i smanjila produktivnost ribolova u moru što je negativno utjecalo na daljnji ekonomski razvoj toga kraja. Stvaranjem akumulacijskog jezera hidroelektrane Tri klanca značajno se povećala ranjivost toga prostora od geoloških opasnosti. Na padinama doline rijeke Chang Jiang aktivirano je na stotine klizišta. Uz klizišta, evidentan je i porast broja mikro potresa i potresa slabijih od 3 magnitude po Richteru. Još uvijek postoje mnoge nepoznanice u procjeni geoloških, ekoloških i okolišnih utjecaja hidroelektrane Tri klanca. Nakon dugog i složenog postupka evaluacije, još uvijek nije moguće jednostavno zaključiti je li izgradnja hidroelektrane Tri klanca dobar ili loš projekt. Iako su dosadašnja istraživanja pokazala da brana ima pozitivne i negativne utjecaje na okoliš, i dalje postoje različita stajališta i različiti argumenti. Sve to naglašava složenost i nepredvidljivost različitih utjecaja brane. U budućnosti je potrebno povećati pozitivne učinke hidroelektrane Tri klanca te maksimalno iskoristiti njezine prednosti, dok je njezine nedostatke potrebno ozbiljno proučavati kako bi se smanjili njezini negativni utjecaji na okoliš.

Literatura

Besta S., 2019: Hydropower in China and other top generators across Asia, NS ENERGY, 13. rujna, <https://www.nsenergybusiness.com/features/hydropower-china-top-generators-asia/> (02.09.2020.).

Britannica, 2019: Yangtze River, <https://www.britannica.com/place/Yangtze-River> (02.09.2020.).

Britannica, 2020: Three Gorges Dam, <https://www.britannica.com/topic/Three-Gorges-Dam> (02.09.2020.).

Buchanan, N. (ur.), 2005: *Sva čuda svijeta*, prevela sa engleskog jezika Tamara Levak Potrebica, Mozaik knjiga, Maribor.

Caicai, D., Jing Xuan, T., 2018: What Killed the Yangtze River?, *Caixin Global*, 21. srpnja, <https://www.caixinglobal.com/2018-07-21/what-killed-the-yangtze-river-101306836.html> (02.09.2020.).

Caiyu L., 2020: New shipping lanes needed in Three Gorges reservoir region: NPC deputies, *Global Times*, 28. svibnja, <https://www.globaltimes.cn/content/1189856.shtml> (02.09.2020.)

Deng, F., Lin, T., Zhao, Y., Yuan, Y. 2017: Zoning and Analysis of Control Units for Water Pollution Control in the Yangtze River Basin, China. *Sustainability*, 9(8), 1374, DOI: 10.3390/su9081374.

Duan, Y., Wilmsen, B., 2012: Addressing the resettlement challenges at the Three Gorges Project, *International Journal of Environmental Studies*, 69(3), 461–474, DOI: 10.1080/00207233.2012.676374.

Facts and Details, 2011: Three Gorges Dam: Benefits, Problems and Costs, <http://factsanddetails.com/china/cat13/sub85/item1046.html> (02.09.2020.).

Facts and Details, 2020: Yangtze river,
<http://factsanddetails.com/china/cat15/sub99/item460.html> (02.09.2020.).

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> (02.09.2020.).

Gleick P., 2009: Three Gorges Dam Project, Yangtze River, China, *The World's Water 2008-2009*, Pacific Institute for Studies in Development, *Environment, and Security*, Washington D.C., Island Press, 139-150.

Hayashi, S., Murakami, S., Xu, K.-Q., Watanabe, M., 2008: Effect of the Three Gorges Dam Project on flood control in the Dongting Lake area, China, in a 1998-type flood, *Journal of Hydro-Environment Research*, 2(3), 148–163, DOI: 10.1016/j.jher.2008.10.002.

Jutarnji list, 2020: Kinu pogodila nova pošast: 'Ugroženo je 34 milijuna ljudi, a najgore tek slijedi!', 13. srpnja, <https://www.jutarnji.hr/vijesti/svijet/kinu-pogodila-nova-posast-ugrozeno-je-34-milijuna-ljudi-a-najgore-tek-slijedi-15007847> (02.09.2020.).

Li, K., Zhu, C., Wu, L., Huang, L., 2013: Problems caused by the Three Gorges Dam construction in the Yangtze River basin: a review. *Environmental Reviews*, 21(3), 127–135, DOI: 10.1139/er-2012-0051.

Lopez-Puyol J., Ponseti M., 2006: The Three Gorges Dam Project in China: history and Consequences, *Revista HMiC*, IV, 151–188.

Nadilo, B., 2002: Projekt Tri klanca – najveća hidroelektrana na svijetu na rijeci Jangce, *Građevinar*, 54(4), 239-245, <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-54-2002-04-05.pdf> (02.09.2020.).

Proleksis enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2016.,
<https://proleksis.lzmk.hr/52781/> (02.09.2020.).

Raknić D., 2020: Nova kataklizma u Wuhanu, ugroženi milijuni, preko stotinu mrtvih: ‘Ovo nismo vidjeli godinama’, *Jutarnji List*, 07. srpnja, <https://www.jutarnji.hr/vijesti/svijet/nova-kataklizma-u-wuhanu-ugrozeni-milijuni-preko-stotinu-mrtvih-ovo-nismo-vidjeli-godinama-15006809> (02.09.2020.).

Reid D., 2015: Yangtze River: Facts, History & Location, Study.com, 25. rujna, <https://study.com/academy/lesson/yangtze-river-facts-history-location.html> (02.09.2020.).

Tang H., Wasowski J., Juang H., 2019: Geohazards in the three Gorges Reservoir Area, China – Lessons learned from decades of research, *Engineering Geology* 261, 1-16, DOI: 10.1016/j.enggeo.2019.105267.

Travel China Guide. 2020: Three Gorges Dam Project, <https://www.travelchinaguide.com/attraction/hubei/yichang/three-gorges-dam.htm> (02.09.2020).

Wang, Y., Rhoads, B. L., Wang, D., Wu, J., Zhang, X., 2018: Impacts of large dams on the complexity of suspended sediment dynamics in the Yangtze River, *Journal of Hydrology*, 558, 184–195, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.01.027.

Watts J., 2011: China warns of 'urgent problems' facing Three Gorges dam, *The Guardian*, 20. svibnja, <https://www.theguardian.com/world/2011/may/20/three-gorges-dam-china-warning> (02.09.2020).

Wines M., 2011: China Admits Problems With Three Gorges Dam, *The New York Times*, 19. svibnja, <https://www.nytimes.com/2011/05/20/world/asia/20gorges.html> (02.09.2020.).

Yao, Y.-S., Wang, Q.-L., Liao, W.-L., Zhang, L.-F., Chen, J.-H., Li, J.-G., Zhao, Y.-N., 2017: Influences of the Three Gorges Project on seismic activities in the reservoir area. *Science Bulletin*, 62(15), 1089–1098, DOI: 10.1016/j.scib.2017.07.014.

Zhang, X., Dong, Z., Gupta, H., Wu, G., Li, D., 2016: Impact of the Three Gorges Dam on the Hydrology and Ecology of the Yangtze River. *Water*, 8(12), 590, DOI: 10.3390/w8120590.

Zheng, S., 2016: Reflections on the Three Gorges Project since Its Operation. Engineering, 2(4), 389–397, DOI: 10.1016/J.ENG.2016.04.002.

Izvori

Statista, 2019: The world's largest hydroelectric dams as of 2019, based on generating capacity, <https://www.statista.com/statistics/474526/largest-hydro-power-facilities-in-the-world-by-generating-capacity/> (02.09.2020.).

Wikipedia, 2020: Hidroelektrana Tri klanca, https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana_Tri_klanca (02.09.2020.).