

**UTICAJ NIVOVA VODE AKUMULACIJE MODRAC NA POMJERANJE  
VRHOVA KONTRAFORA BRANE U FUNKCIJI NJENOG  
ODRŽAVANJA I KORIŠTENJA**

**IMPACT WATER LEVEL ACCUMULATION MODRAC ON MOVING  
THE TOPS OF COUNTERFORTS DAM OF ITS IN THE FUNCTION  
MAINTENANCE AND USING**

**Prof.dr.sc. Nedim Suljić, dipl.ing.grad.**  
**Univerzitet u Tuzli, Rudarsko-geološko-gradjevinski fakultet**  
**Tuzla**

**Mr.sc. Omer Kovčić, dipl.ing.grad.**  
**JP za vodoprivrednu djelatnost „Spreča“**  
**Tuzla**

**REZIME**

*Brana Modrac je izgrađena 1964. godine sa ciljem stvaranja akumulacije za dobijanje vode potrebne tuzlanskom industrijskom bazenu. U konstruktivnom smislu brana Modrac je gravitaciona i sastoji se iz devet kontrafora, odnosno deset svodova, jednog manjeg gravitacionog dijela na lijevoj obali i jednog većeg gravitacionog dijela na desnoj obali. Brana je izgrađena na koti uspora 203,00 m.n.m. i sa krunom preliva na koti 200,00 m.n.m. Tokom gradnje brane izgrađene su injekcione zavjese i kontaktno injektiranje. U toku redovnih osmatranja brane Modrac kao i tokom redovnog održavanja uočene su pukotine na kontraforima koje su zahtijevale sanaciju cijele brane. U radu su analizirane mjerene veličine horizontalnih pomjeranja vrhova tri karakteristična kontrafora brane usljed različitih nivoa vode u akumulaciji u funkciji održavanja i korištenja betonske gravitacione brane i akumulacije.*

**Ključne riječi:** brana, akumulacija, pomjeranje, kontrafori, nivo vode

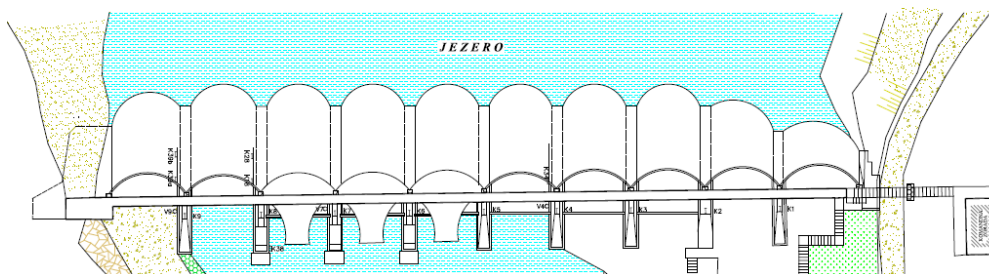
**ABSTRACT**

*Modrac Dam was built in 1964. with the aim of creating a accumulation for the obtaining of water needed Tuzla industrial basin. Structurally dam Modrac the gravitational and composed of nine counterforts as well as a smaller portion of gravity on the left bank and a larger portion of gravity on the right bank. The dam was constructed at a height 203.00 m asl slowdown and the crown spillway at a height 200.00 m asl. During the construction of the dam were performed injection curtains and contact injecting. During the regular of monitoring dam Modrac as well as during regular maintenance were detected cracks on kontraforima that required remediation of whole dam. This paper analyzes the measured parameter of horizontal displacements of three tops characteristic counterforts dam due to different water levels in the accumulation in the function maintenance and use of concrete gravity dams and reservoirs.*

**Keywords:** dam, accumulation, movement, counterforts, the water level

## 1. KARAKTERISTIKE BRANE MODRAC

Brana „Modrac“, u konstruktivnom smislu, predstavlja armirano betonsku gravitacionu višelučnu strukturu. Sastavljena je od devet kontrafora, deset lukova i gravitacionih blokova na lijevoj i desnoj obali. Navedeni konstruktivni elementi su međusobno povezani monolitnim vezama, dok su u uzdužnom presjeku ukrućeni preko mostovske konstrukcije, odnosno preko svih polja kontrafora, slika 1.



Slika 1. Situacija brane Modrac

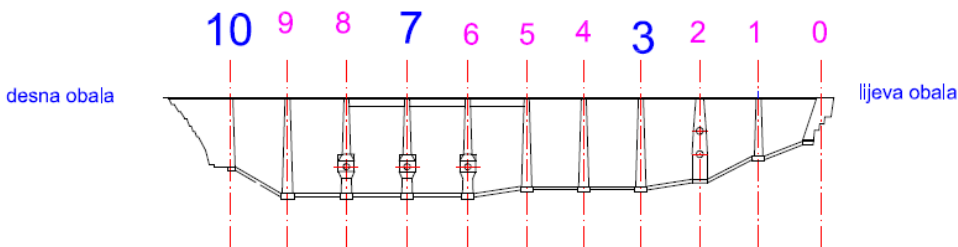
Dužina brane u kruni iznosi 192,00 m, a visina 30,00 m. Osovinski razmak između kontrafora je različit i iznosi 16,00 m, 16,50 m i 17,00 m. Debljina betonskog kontrafora u kruni (vrh kontrafora) iznosi 1,40 m, a u dnu je 3,00 m. Vrhovi kontrafora brane su izvedeni na koti 205,50 m.n.m., a kota mosta iznad kontrafora je 205,85 m.n.m.

Na tijelu brane su uočene prsline, što na osnovu 50-godišnjeg vremena korištenja brane i dosadašnjih osmatranja ukazuje na slijedeće:

- nema neposredne opasnosti po stabilnost konstrukcije brane sa aspekta globalne deformabilnosti,
- prsline i prisutnost vode na intradosima lukova brane znače promjenu statičkog sistema čija posljedica može biti smanjenje nosivosti konstrukcije,
- vertikalne prsline na intradosima lukova i njihovim osloncima kao i mjerena horizontalna pomjeranja intradosa lukova, takođe ukazuju na promjenu statičkog sistema koji ima za posledicu smanjenje nosivosti konstrukcije,
- neophodno je izvesti sanacione radove na svodovima brane radi sprječavanja širenja prsline, jer bi vremenom te deformacije mogle prouzokovati veoma štetne posljedice po branu i nizvodni tok rijeke Spreče mjereno od profila brane.

## 2. MJERENJE NIVOVA VODE U AKUMULACIJI

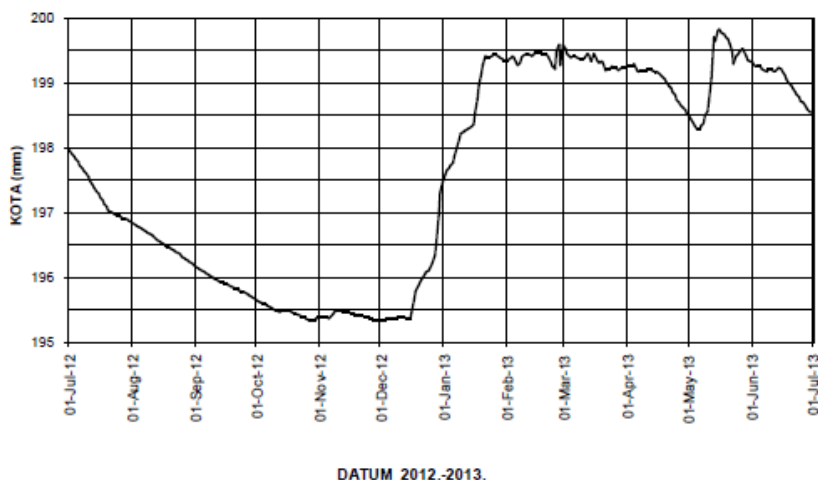
U ovom radu se analiziraju relativna horizontalna pomjeranja vrhova kontrafora broj 4, 7 i 9, a koja su određena preko koordinatnih viskova koji su ugrađeni na kontrafore. Istovremeno je uz horizontalna pomjeranja vrhova kontrafora analiziran i mjereno nivo vode u akumulaciji koji ima veoma bitan uticaj na navedena horizontalna pomjeranja vrhova kontrafora, slika 2.



Slika 2. Dispozicija kontrafora brane

U toku 2013. godine maksimalni nivo vode u akumulaciji „Modrac“ bio je na koti 199,83 m.n.m. u toku maja mjeseca, dok je minimalni nivo bio na koti 197,57 m.n.m. i koji je zabilježen 01.01.2013. godine.

U vremenu od 01.07.2012. godine do 30.06.2013. godine (period od jedne kalendarske godine), vršena su mjerenja nivoa vode u akumulaciji. Prema provedenim mjerenjima može se zaključiti da je akumulacija u navedenom periodu bila relativno puna sa tendencijom dužeg perioda pada i rasta nivoa vode. U ovom vremenskom periodu nisu registrovana preliivanja preko prelivnih polja brane.



Slika 3. Dijagram vremenskih oscilacija nivoa vode u akumulaciji od 01.07.2012. do 30.06.2013.

Sa dijagrama prikazanog na slici 3 možemo vidjeti da od početka mjerenja, odnosno od 01.07.2012. godine do sredine decembra 2012. godine, nivo vode u akumulaciji ima konstantan pad sa kote 197,95 m.n.m. do kote 195,31 m.n.m., tako da kota 195,31 m.n.m. predstavlja i minimalnu kotu nivoa vode za analizirani vremenski period.

Od sredine decembra 2012. godine do sredine januara 2013. godine registrovan je stalan rast nivoa vode u akumulaciji, i to od kote 198,07 m.n.m. do kote 199,42 m.n.m. te je akumulacija bila relativno puna. Uzrok rastu nivoa vode u akumulaciji su padavine koje su bile u tom periodu.

Od kraja januara 2013 godine pa do sredine aprila 2013. godine registrovano je oscilatorno ponašanje nivoa vode u akumulaciji sa kratkim periodima vremena rasta i pada nivoa vode.

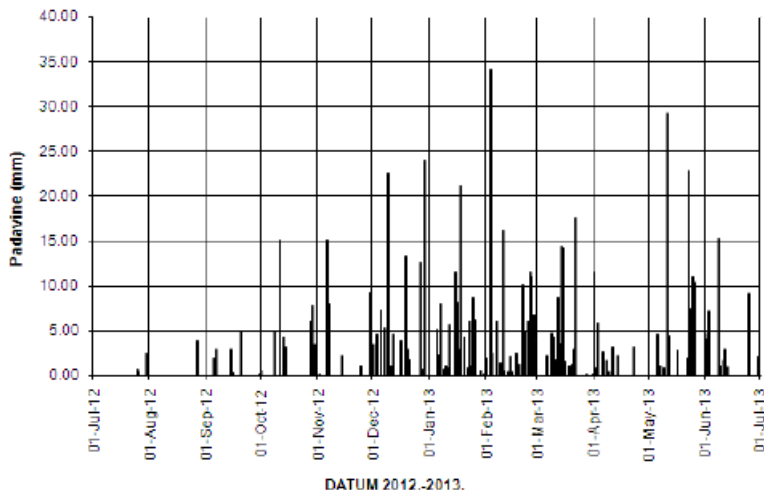
Period od sredine aprila 2013. godine do početka maja 2013. godine registruje stalan pad nivoa vode i to do kote 198,28 m.n.m..

Od početka maja pa do sredine maja 2013. godine registrovan je izrazit rast nivoa vode u akumulaciji sve do kote 199,83 m.n.m. koja i predstavlja maksimalnu kotu nivoa vode za razmatrani period od jedne godine. Za razmatrani vremenski period od 01.07.2012. godine do 30.06.2013. godine prosjek nivoa vode u akumulaciji je iznosio 198,86 m.n.m. pa možemo reći da je akumulacija bila puna tokom tog vremenskog intervala.

Period od sredine maja 2013. godine do kraja mjenenog vremenskog intervala (30.06.2013. godine) karakterizira konstantan pad nivoa vode u akumulaciji zbog sunčanih vremenskih intervala i veoma slabih padavina.

Promatrajući razmatrani period od jedne godine (01.07.2012. godine do 30.06.2013. godine) možemo reći da je akumulacija bila relativno puna, što ima za posljedicu vremenske prilike ne samo na profilu brane već naročito uzvodno od brane. Povećanje nivoa vode u akumulaciji

direktno je vezano za padavine u slivnom području brane i akumulacije, sa naročitim značajem uticaja vremena sabiranja i površinskog pokrivača u slivu.



Slika 4. Dijagram visina padavina za period 01.07.2012. do 30.06.2013.

Na slici 4 prikazane su visine padavina na mjernoj stanici „Modrac“ tokom razmatranog perioda. Na osnovu dijagrama padavina i dijagrama oscilacija nivoa vode u akumulaciji može se uočiti njihova direktna veza kao i određeni periodi „kašnjenja“ sliva što ima za posljedicu stanje i obradu površinskog pokrivača na slivu te uticaj evapotranspiracije kao gubitaka u opštoj jednačini vodnog bilansa.

### 3. HORIZONTALNA RELATIVNA POMJERANJA VRHOVA KONTRAFORA

Analizirana su relativna horizontalna pomjeranja kontrafora broj 4, 7 i 9 preko koordinatnih viskova. Viskovi se postavljaju na čelične konzole (vješaju se o čelične konzole). Čelične konzole su ankerovane na kruni kontrafora, a svaki od visaka je smješten u čeličnu cijev. Viskovi su montirani još u aprilu 1964. godine prilikom gradnje brane.

U razmatranom ranije navedenom jednogodišnjem periodu svakodnevno su vršena mjerenja uz sastavljanje odgovarajućih zapisnika, što dovodi do pokazatelja uticaja nivoa vode u akumulaciji na pomjeranja vrhova kontrafora brane. Analizirana su pomjeranja vrhova razmatranih kontrafora u smjeru uzvodno i nizvodno od profila brane, kao i u smjeru lijeva obala – desna obala, što se može vidjeti na slijedećim tabelama i dijagramima.

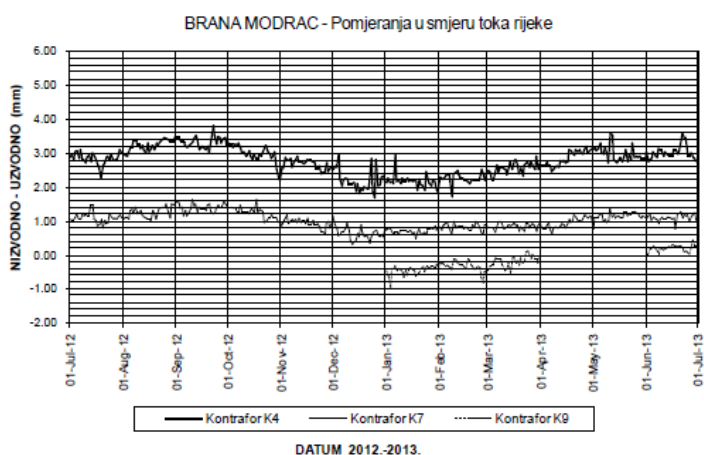
Tabela 1. Maksimalne registrovane vrijednosti relativnih horizontalnih pomjeranja vrhova kontrafora broj 4, 7 i 9 za 2012. godinu (mm)

Pomjeranje Kontrafor br.	U pravcu X- ose		U pravcu Y – ose		Ukupno	
	Nizvodno	Uzvodno	Desna obala	Lijeva obala	X- osa	Y - osa
4	3,81	0,66	2,19	-3,93	3,15	6,12
7	1,64	-0,13	1,73	-0,26	1,77	1,99
9	0,56	-1,92	-6,18	-8,27	2,48	2,09

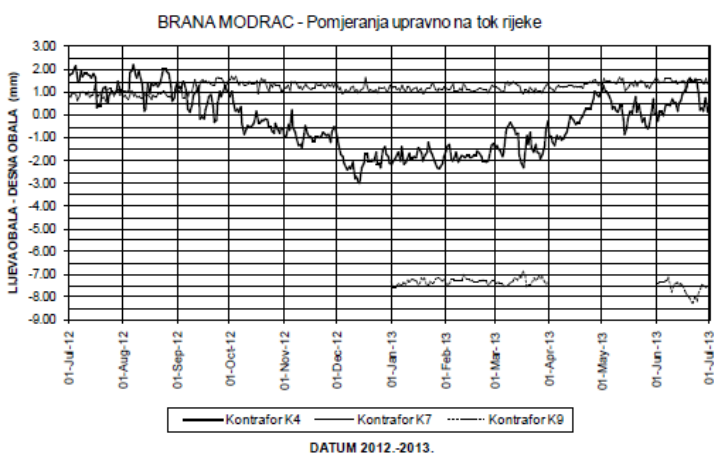
Tabela 2. Maksimalne registrovane vrijednosti relativnih horizontalnih pomjeranja vrhova kontrafora broj 4, 7 i 9 za period januar – juni 2013. godinu (mm)

Pomjeranje Kontrafor br.	U pravcu X- ose		U pravcu Y – ose		Ukupno	
	Nizvodno	Uzvodno	Desna obala	Lijeva obala	X- osa	Y - osa
4	3,60	1,72	1,61	-2,37	1,88	3,98
7	1,38	0,48	1,66	0,94	0,90	0,72
9	0,45	-0,94	-6,84	-8,27	1,39	1,43

Prema tabelama 1 i 2 urađeni su vremenski dijagrami relativnih horizontalnih pomjeranja vrhova kontrafora broj 4, 7 i 9 u pravcu toka rijeke Spreče (x-osa) i u pravcu upravno na tok rijeke (y-osa), koji su prikazani na slikama 4 i 5.



Slika 5. Dijagram relativnih horizontalnih pomjeranja vrhova kontrafora broj 4, 7 i 9 u pravcu toka rijeke Spreče (x-osa)



Slika 6. Dijagram relativnih horizontalnih pomjeranja vrhova kontrafora broj 4, 7 i 9 upravno na tok rijeke Spreče (y-osa)

#### 4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na osnovu mjerenja relativnih horizontalnih pomjeranja vrha tri karakteristična kontrafora višelučne betonske brane „Modrac“ tokom razmatranog perioda vremena od 01.07.2012. godine do 30.06.2013. godine koja su prikazana tabelarno i na dijagramima, a koja su u direktnoj vezi sa promjenom nivoa vode u akumulaciji, možemo zaključiti slijedeće:

- komponente pomjeranja vrhova kontrafora u pravcu toka rijeke Spreče, odnosno u smjeru uzvodno – nizvodno, predstavljaju periodične funkcije vremena bez naročitih tendencija promjena kroz razmatrano vrijeme,
- komponente pomjeranja vrhova kontrafora upravno na tok rijeke Spreče, odnosno u smjeru lijeva obala – desna obala, takođe predstavljaju periodične funkcije vremena,
- rast i pad nivoa vode u akumulaciji je bitno promjenjiv pod dejstvom visine padavina na slivu akumulacije, gdje maksimalno opterećenje konstrukcije brane sa prelivanjem preko prelivnih polja nije bilo ostvareno u razmatranom vremenskom periodu,
- ponašanja pomjeranja na vrhovima kontrafora broj 4 i 7 su uobičajna shodno vremenskim prilikama, odnosno ciklusi izmjereni u toku razmatrane godine se zatvaraju,
- ponašanja pomjeranja vrha kontrafora broj 9 nisu potpuna, jer su mjerenja vršena samo za period januar-mart 2013. godine i juni 2013. godine, te shodno raspoloživim podacima pomjeranja vrha kontrafora broj 9 su u graničnim vrijednostima,
- nejednakost pomjeranja vrhova kontrafora upravno na njihovu ravan, i po smjeru i po veličini, odnosno kontrafori broj 4 i 7 imaju suprotan smjer pomjeranja od kontrafora broj 9. Ovo tumačimo različitim djelovanjem poprečnih ukrčenja na kontraforima.

Dominantan smjer horizontalnih pomjeranja je u smjeru toka rijeke Spreče (x-osa) gdje se uzvodna pomjeranja odvijaju tokom zimskih mjeseci (pri niskim temperaturama zraka). Tokom ljetnih mjeseci i pri visokim temperaturama zraka registrovana su povratna pomjeranja vrhova kontrafora brane.

Zbog uočenih mrežastih prslina na svodovima brane kao i zbog pomjeranja mjerenih vrhova tri karakteristična kontrafora, možemo zaključiti da je neophodno redovno održavanje kako konstrukcije samog tijela betonske višelučne gravitacione brane tako i akumulacije. Održavanje bi se ogledalo kako odgovarajućim sanacionim radovima tijela brane tako i održavanju projektovane korisne zapremine akumulacije smanjujući količinu suspendovanog nanosa ispred tijela brane koji dodatno opterećuje njenu konstrukciju, što zajedno sa oscilacijama nivoa vode prouzrokuje deformacije koje se odražavaju na korištenje brane i akumulacije Modrac.

#### 5. REFERENCE

- [1] Energoinvest Sarajevo: Brana Modrac-tehničko osmatranje, fizikalne metode osmatranja, 2013.
- [2] Suljić N., Kovčić O.: Climate Change Impacts on The Accumulation of Modrac, 17th International Research/Expert Conference „Trends in the Development of Machinery and Associated Technology“ TMT 2013, Istanbul, Turkey, 2013.
- [3] Suljić N., Kovčić O., Kadrić S., Kikanović N., Muminović R.: Analyses of Flood Flows at Profile of Dam „Modrac“ and Its Impact on Downstream Area, 1st Regional Symposium on Landslides in Adriatic-Balkan Region, Zagreb, Croatia, 2013.