

*Uroš Mirković<sup>1</sup>, Vladan Kuzmanović<sup>2</sup>*

## **PRORAČUN TERMIČKIH NAPONA GRAVITACIONE BETONSKE BRANE U FAZI IZGRADNJE I EKSPLOATACIJE**

### **Rezime:**

U radu je prikazan prostorni numerički model za faznu termičko-naponsku analizu gravitacione betonske brane. Na osnovu proračuna temperaturnog polja, uzimajući u obzir i sadejstvujuću stensku masu, određeni su termički naponi za dve izabrane dužine lamele (15 i 20 m). Proračun je urađen za period koji obuhvata izgradnju, punjenje akumulacije i početak eksploatacije. Na osnovu dobijenih rezultata, dati su zaključci i preporuke za proračun termičkih napona i određivanje dužine lamela kod gravitacionih betonskih brana.

*Ključne reči: termički naponi, gravitaciona brana, dužina lamele, građenje, eksploatacija*

## **LONG-TERM THERMAL-STRESS ANALYSIS OF CONCRETE GRAVITY DAM**

### **Summary:**

This paper presents numerical model for the phased thermal-stress analysis of concrete gravity dams, including the surrounding rock mass. Based on the temperature field computation, thermal stresses were determined for different monolith lengths. Computations cover the construction phase, reservoir filling and the beginning of exploitation period. Based on the obtained results, conclusions and recommendations for the computation of thermal stresses and monolith lengths of concrete gravity dams are given.

*Key words: thermal stresses, gravity dam, monolith length, construction, exploitation*

---

<sup>1</sup> mast. inž. građ., Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, Republika Srbija, [uros.mirkovic@jcerni.rs](mailto:uros.mirkovic@jcerni.rs)

<sup>2</sup> dr, redovni profesor, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Republika Srbija, [vladak@grf.bg.ac.rs](mailto:vladak@grf.bg.ac.rs)

## 1. PRSLINE USLED TERMIČKIH NAPONA ZATEZANJA

Usled nejednakog širenja i skupljanja betona, u telu brane se javljaju naponi zatezanja koji mogu izazvati nastanak prslina. Prsline se vremenom šire, slabe otpornost brane na smicanje, i omogućavaju proviranje vode i povećanje uzgona. [1]

## 2. USLOV ZA POJAVU PRSLINA U BETONU BRANE

Uslov za pojavu prsline je da maksimalni glavni napon zatezanja bude veći od čvrstoće betona na zatezanje u posmatranom trenutku (i na posmatranom mestu u konstrukciji), tj.

$$\sigma_1(t) > f_z(t)$$

gde su:

$\sigma_1(t)$  - maksimalni glavni napon zatezanja, u trenutku  $t$ ,

$f_z(t)$  - računski čvrstoća betona na zatezanje, u trenutku  $t$ .

Usled uticaja temperature, prekoračenje čvrstoće betona na zatezanje po pravilu nastaje u pravcu ose brane. Zbog toga se prsline javljaju u vertikalnoj ravni, po visini poprečnog preseka brane. Širina prslina i rastojanje poprečnih preseka u kojima su se pojavile prsline zavise od „stepena ograničenosti”. Stepen ograničenosti je mera ograničenosti promene zapremine tela (brane). Na ograničenost promene zapremine utiču sredina u kojoj je brana temeljena, druge konstrukcije sa kojima je brana u kontaktu i prethodno izbetonirani blokovi [2].

## 3. DUŽINA LAMELE GRAVITACIONE BETONSKE BRANE

U cilju sprečavanja mogućnosti nastanka prslina usled termičkih napona zatezanja, gravitacione betonske brane se vertikalnim razdelnicama dele na lamele. Zazor (otvor) između lamela (dilataciona ili konstruktivna razdelnica) omogućava da se termički naponi rasterete i spreči nastanak prslina. Ispravno postavljenim dilatacionim razdelnicama izbegavaju se i prsline usled nejednakog sleganja, koje može nastati kao rezultat topografskih i/ili geomehaničkih uslova. Širina lamele je obično između 6 i 16 m, a određuje se iz uslova da prsline u betonu budu u prihvatljivim granicama.

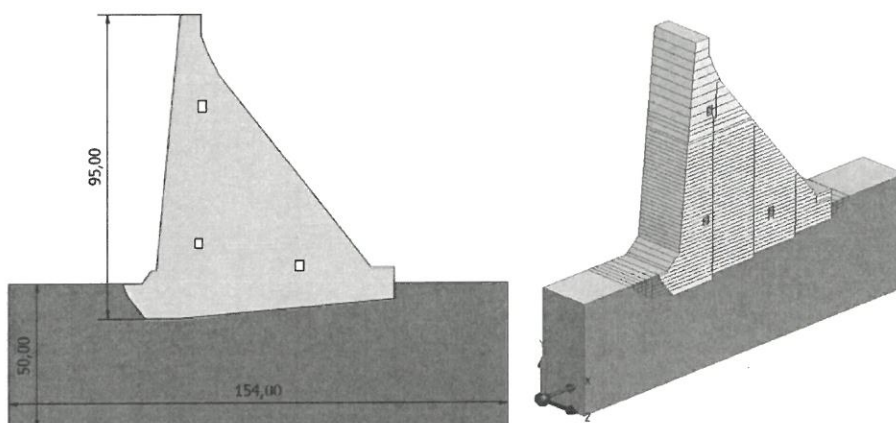
Razvoj savremenih metoda i alata za proračun konstrukcija omogućio je proračun naponskog stanja usled temperaturnih uticaja.

U ovom radu prikazan je proračun naponskog stanja jedne lamele gravitacione betonske brane visine 95 m. Za usvojene dimenzije blokova, redosled betoniranja i dinamiku građenja određeno je naponsko stanje usled sopstvene težine i uticaja temperature. Modelom je obuhvaćena i sadejstvjuća stenska masa. Proračun je urađen za period koji obuhvata: izgradnju objekta, punjenje akumulacije i početak eksploatacije. Analiza uticaja dimenzija blokova na naponsko stanje sprovedena je razmatrajući dve varijante proračuna sa pretpostavljenim dužinama blokova (lamele) od 15,0 i 20,0 m (dužina blokova jednaka je dužini lamele).

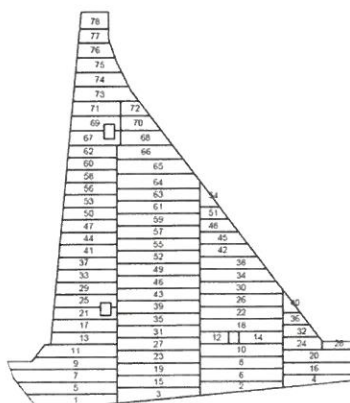
## 4. OPIS MODELA

### 4.1. TRODIMENZIONALNI GEOMETRIJSKI MODEL BRANE

Trodimenzijski geometrijski model za termički proračun brane obuhvata jednu lamelu brane sa pripadajućom stenskom masom (Slika 1).



Slika 1 - Trodimenzionalni geometrijski model lamele brane



Slika 2 - Blokovi u poprečnom preseku lamele sa planom betoniranja

Lokalni koordinatni sistem brane postavljen je sa koordinatnim početkom kao na Slici 1, sa pozitivnim smerom X ose u pravcu toka reke i Z ose ka desnom boku brane. Y osa je vertikalna osa sa pozitivnim smerom naviše.

Pripadajuća stenska masa prikazanog modela je dimenzija 154,0 x 20,0 x 50,0 m (L:B:H). Uzvodna i nizvodna ivica stenske mase je oko 35,0 m uzvodno i nizvodno od ivica brane. Najniža kota modela je na 101,0 mm (kota dna stenske mase) a najviša na 230,0 mm (kota krune)

brane), dok je gornja kota stenske mase 151,0 mm. Modeliranjem pripadajuće stenske mase na pomenuti način, obezbeđeno je i odgovarajuće modeliranje pojava u zoni temeljne spojnice.

Telo brane (tj. posmatrane lamele) je modelirano zapremniskim telima (3D solidima) koja čine lamelu sastavljenu od 78 blokova. Blokovi tela brane su stubastog tipa, dužine koja je jednaka dužini lamele (20,0 m), prosečne širine 20,0 m i visine - 3,0 m (blokovi 1-63), 3,5 m (blokovi 64-77) i 4,0 m (blok 78).

Prikaz blokova sa usvojenim planom betoniranja prikazan je na Slici 2.

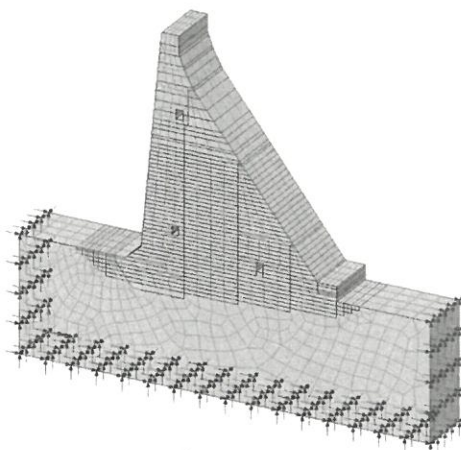
## 4.2. TRODIMENZIONALNI MKE MODEL BRANE

### 4.2.1. Mreža konačnih elemenata

Nakon formiranja geometrijskog modela, formiran je i trodimenzionalni MKE model prikazane lamele brane. MKE model, pored lamele brane, obuhvata i deo pripadajuće stenske mase. Svaki blok predstavlja novu fazu, čime je omogućena realna simulacija dinamike građenja. Mreža konačnih elemenata modela brane je kreirana korišćenjem heksaedarskih konačnih elemenata HX8M. Model se sastoji od 4068 elemenata i 5335 čvorova.

### 4.2.2. Konturni uslovi

U proračunu naponskog stanja, zadati su granični uslovi po pomeranjima: na donjoj, uzvodnoj i nizvodnoj granici stenske mase sprečeno je pomeranje čvorova u svim pravcima. S obzirom da je solid pripadajuće stenske mase relativno mali, na ovaj način omogućeno je realno ponašanje stenske mase ispod lamele brane kao i njena deformacija usled sopstvene težine.



Slika 3 - Konturni uslovi pri proračunu naponskog stanja

Sopstvena težina brane i okolne stenske mase se uzima kao inicijalno opterećenje modela na osnovu koga se definiše početno naponsko stanje. Izračunavanje napona i pomeranja usled sopstvene težine vrši se u prvom koraku svake od faza betoniranja blokova. Dobljene vrednosti

napona predstavljaju početno naponsko stanje za sledeće korake jedne faze u kojima se razmatra uticaj ostalih opterećenja na branu.

Delovanje hidrostatičkog pritiska i uzgona nije razmatrano jer bi se na ovaj način „maskirao“ doprinos i uticaj temperature na naponsko stanje u telu brane.

Temperaturno polje za odgovarajući proračunski korak preuzima se iz prethodno sprovedenog termičkog proračuna uz pomoć jednosmerne spregnute analize (temperatura utiče na deformaciju, ali ne i obrnuto). Pomoću modula „Nonlinear and Transient“ program automatski konvertuje model iz termičke u naponsku analizu. Na početku svake faze definiše se aktivan deo modela, s obzirom na mogućnost da se iz faze u fazu pojavljuju novi aktivni delovi modela, odnosno da neki delovi modela, koji su bili aktivni u prethodnim fazama, u narednoj fazi više ne postoje („birth and death element“). Uzimanje u obzir istorije deformacija kroz vremenske korake izvršeno je izborom opcije „Time domain-viscous“ koja se nalazi u okviru modula „Nonlinear and Transient“.

#### 4.2.3. Parametri materijala za proračun naponskog stanja

Za proračun naponskog stanja betonske konstrukcije brane korišćeni su sledeći parametri:

– beton u telu brane:

- zapreminska masa  $\gamma = 2360,0 \text{ kg/m}^3$ ,
- modul elastičnosti  $E = 30,0 \text{ GPa}$ ,
- Poasonov koeficijent  $\nu = 0,20$ ,

– stenska masa:

- zapreminska masa  $\gamma = 2430,0 \text{ kg/m}^3$ ,
- modul elastičnosti  $E = 20,0 \text{ GPa}$ ,
- Poasonov koeficijent  $\nu = 0,20$ .

#### 4.2.4. Faze proračuna

Proračun naponskog stanja je sproveden za fazu izgradnje, fazu punjenja akumulacije i fazu eksploatacije. Faza izgradnje obuhvata period od 0 do 512. dana sa 78 proračunskih podfaza jednakog trajanja (za svaki od blokova), faza od završetka izgradnje do početka punjenja akumulacije obuhvata period od 512 do 1080. dana, dok preostali deo analiziranog vremena obuhvata period punjenja akumulacije zajedno sa eksploatacionim periodom (1080-1804. dan).

#### 4.2.5. Dinamika građenja brane i punjenja akumulacije

Karakteristični datumi pri građenju brane su:

- datum početka građenja - 18.10.
- prva pauza od 12 dana (od 15.12. do 27.12. iste godine)
- druga (letnja) pauza od 135 dana (od 20.06. do 02.11. druge godine)
- treća pauza (od 15.12. do 27.12. druge godine)
- punjenje akumulacije u periodu od 27.05. do 20.11. četvrte godine.

Dinamika građenja brane po blokovima definisana je tako da prati prethodno navedene datume i pauze sa odgovarajućom preraspodelom graničnih i konturnih uslova nad izmenjenom geometrijom modela koja je uslovljena betoniranjem po blokovima.

Ukupan broj dana koji su korišćeni pri proračunu je 1804 (obuhvaćena je i eksploatacija objekta u toku pete godine od početka građenja).

## 5. PRIKAZ NAPONSKOG STANJA SA UTICAJEM DUŽINE LAMELE

Kada se govori o termičkim naponima zatezanja kod gravitacionih betonskih brana, po pravilu se misli na normalne napone koji deluju u pravcu ose brane. S obzirom na usvojeni koordinatni sistem u modelu, to su  $\sigma_z$  naponi koji se u programu obeležavaju kao SZ naponi i, po konvenciji, pozitivni su naponi zatezanja.

Rezultati koji slede, prikazani su u srednjoj ravni lamele jer se očekuje da su  $\sigma_z$  naponi u ovoj ravni najveći.

S obzirom na to da je analiza naponskog stanja relevantna samo za betonski deo lamele, prikaz naponskog stanja stenske mase biće isključen iz prikaza na slikama koje slede.

Ekstremne vrednosti napona zatezanja se, u ovakvim modelima, gotovo uvek javljaju na mestima gde se susiće konačni elementi stenske mase i betonske konstrukcije. Modelirani spoj pomenutih materijala nije u potpunosti realan (jer je kontinualan) i uzrok je pojave ekstremnih napona zatezanja usled različite krutosti ova dva materijala. Iz datog razloga, temeljna spojnica je isključena iz prikaza i to izostavljanjem blokova koji se nalaze do nje (blokovi 1-4).

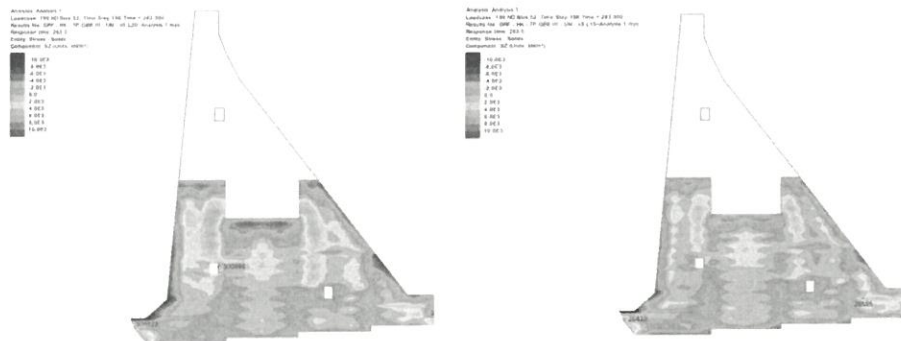
Analiza uticaja dimenzija blokova na naponsko stanje izvršena je promenom samo jedne dimenzije kod svih blokova modela - dimenzija u pravcu dužine lamele i to sa 20,0 na 15,0 m. U skladu sa tim, moglo bi se reći da ova analiza ujedno obuhvata i analizu uticaja dužine lamele na naponsko stanje u telu brane.

Dužina posmatrane lamele jednaka je rastojanju u pravcu podužne ose brane između dve susedne vertikalne razdelnice. Na položaj i broj razdelnica utiču: naponsko stanje u telu brane usled termičkih procesa, topografske karakteristike terena, konstruktivne karakteristike brane, usvojena metoda građenja i tehnologija ugrađivanja betona. Ako se ima u vidu da su gravitacione betonske brane izuzetno masivne konstrukcije, najveći broj razdelnica radi se upravo u cilju ograničavanja termičkih napona zatezanja. [2]

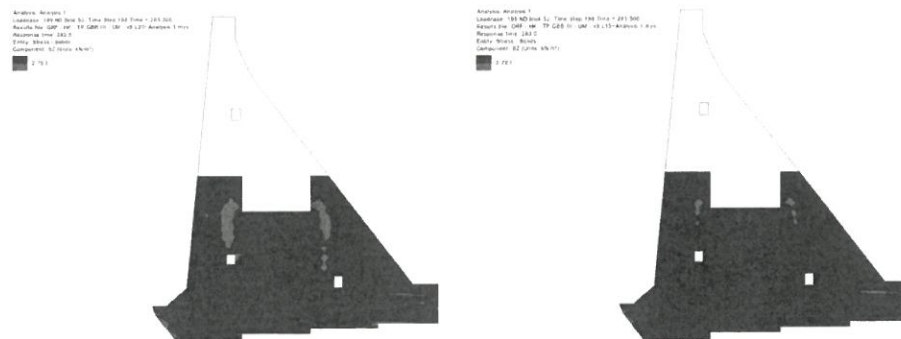
Naponsko stanje u telu brane prikazano je u ovom radu samo u pojedinim fazama (zbog praktičnosti prikaza) i to za:

- 283. dan od početka izgradnje u toku druge (letnje) pauze u izvođenju radova,
- 512. dan od početka izgradnje konstrukcije, u trenutku završetka objekta,
- 1804. dan od početka izgradnje konstrukcije, u vreme eksploatacije objekta.

Naponsko stanje za 283. dan od početka izgradnje konstrukcije prikazano je na Slici 4 i Slici 5. Ekstremne vrednosti napona zatezanja za obe dužine lamele, javljaju se u masi betona uzvodno i nizvodno obuhvatajući i delove oko galerija kao i lokalno, oko temeljne spojnice (sa uzvodne i nizvodne strane). S obzirom na to da ove zone čine blokovi koji napreduju u odnosu na preostali deo konstrukcije kao i da se betoniranje vrši u letnjem periodu godine, u masi betona ostaje zarobljena velika količina toplote. Ona se oslobađa hidratacijom cementa pri čemu se beton hladi, pa je i očigledno da su maksimalni naponi zatezanja posledica ovih procesa. Kako ne bi došlo do dodatnog povećanja temperature betona usled visokih letnjih temperatura, izvršen je prekid u betoniranju blokova (u trajanju od 135 dana). Ekstremna vrednost napona zatezanja je i u ovoj fazi, sa redukcijom dužine lamele sa 20,0 m na 15,0 m, opala za 1,20 MPa, uz smanjenje zona koje predstavljaju prekoračenje dozvoljenog napona zatezanja (2,70 MPa).

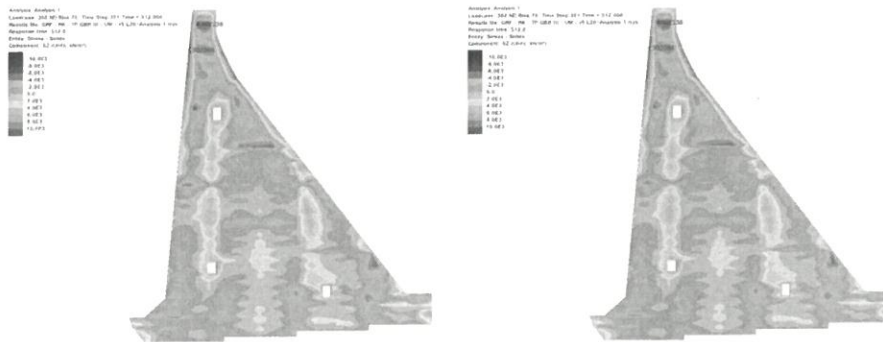


Slika 4 - Prikaz napona SZ u srednjoj ravni lamele dužine 20 m (levo) i 15 m (desno) za datum 27.07. (283. dan od početka građenja konstrukcije)

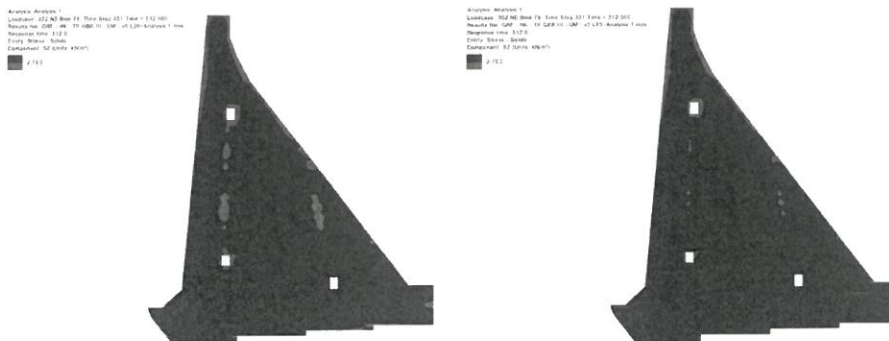


Slika 5 - Prikaz napona SZ koji je veći od od 2,70 MPa (crvene zone) u srednjoj ravni lamele dužine 20 m (levo) i 15 m (desno) za datum 27.07. (283. dan od početka građenja konstrukcije)

Naponsko stanje za 512. dan od početka izgradnje konstrukcije i u trenutku završetka betoniranja poslednjeg bloka, prikazano je na Slici 6 i Slici 7. Ekstremne vrednosti napona zatezanja za obe dužine lamele, javljaju se uz gornji deo uzvodnog i nizvodnog lica brane. Ovo su i najviše vrednosti napona zatezanja u celom proračunskom periodu. Očigledno je da su maksimalni naponi zatezanja posledica naglog hlađenja betona u površinskoj zoni. Ekstremne vrednosti se javljaju i u masi betona koja je brže napredovala u odnosu na ostali deo konstrukcije, obuhvatajući i zone oko galerija, kao i lokalno, u zoni temeljne spojnice (dole, sa uzvodne i nizvodne strane). Pri betoniranju ovih blokova, zarobljena je velika količina toplote. Ona se oslobađa hidratacijom cementa pri čemu se beton hladi, pa je i očigledno da su maksimalni naponi zatezanja posledica ovih procesa. Na Slici 7 se može videti značajno smanjenje zone koja predstavlja prekoračenje dozvoljenog napona zatezanja (2,70 MPa), u funkciji redukcije dužine lamele za 5,0 m.



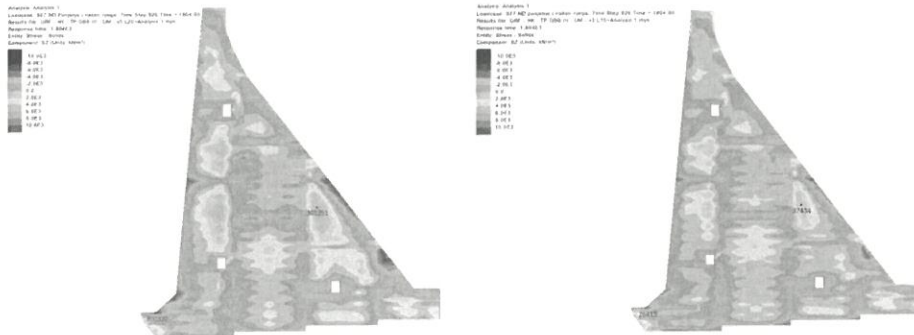
Slika 6 - Prikaz napona SZ u srednjoj ravni lamele dužine 20 m (levo) i 15 m (desno) za datum 13.03. (512. dan od početka građenja konstrukcije)



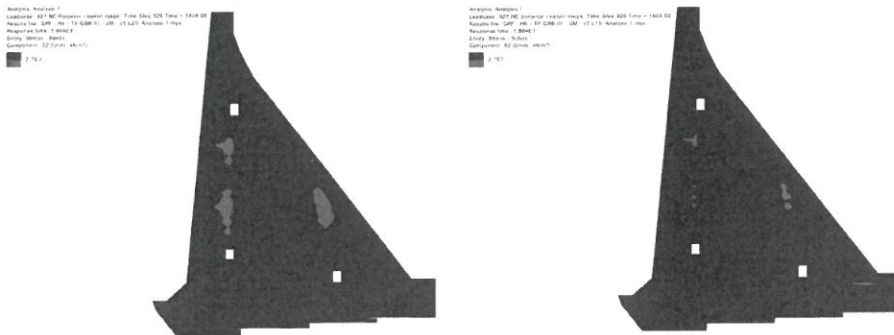
Slika 7 - Prikaz napona SZ koji je veći od od 2,70 MPa (crvene zone) u srednjoj ravni lamele dužine 20 m (levo) i 15 m (desno) za datum 13.03. (512. dan od početka građenja konstrukcije)

Naponsko stanje za poslednji proračunski, 1804., dan od početka izgradnje konstrukcije prikazano je na Slici 8 i Slici 9. Ekstremne vrednosti napona zatezanja javljaju se, takođe, u masi betona koja je brže napredovala u odnosu na ostali deo konstrukcije, kao i lokalno, u zoni temeljne spojnice (dole i sa uzvodne strane). Pri betoniranju ovih blokova, zarobljena je velika količina toplote. Ona se oslobađa hidratacijom cementa pri čemu se beton hladi, pa je i očigledno da su maksimalni naponi zatezanja posledica ovih procesa. Ekstremna vrednost napona zatezanja je i u ovoj fazi, sa redukcijom dužine lamele sa 20,0 m na 15,0 m, opala za 1,30 MPa, uz značajno smanjenje zona koje predstavljaju prekoračenje dozvoljenog napona zatezanja (2,70 MPa).





Slika 8 - Prikaz napona SZ u srednjoj ravni lamele dužine 20 m (levo) i 15 m (desno) za datum 25.09. (1804. dan od početka građenja konstrukcije)



Slika 9 - Prikaz napona SZ koji je veći od 2,70 MPa (crvene zone) u srednjoj ravni lamele dužine 20 m (levo) i 15 m (desno) za datum 25.09. (1804. dan od početka građenja konstrukcije)

## 6. ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedene termičko-naponske analize jedne lamele gravitacione betonske brane koja se gradi metodom blokova i prikazanih rezultata može se zaključiti sledeće:

- Rezultat proračuna napona zatezanja pokazao je prekoračenje čvrstoće betona na zatezanje za obe proračunske varijante. Analizom slike naponskog stanja u različitim vremenskim trenucima uočava se da smanjenje dužine lamele sa 20,0 na 15,0 m značajno utiče na smanjenje zona u kojima se javljaju prekoračenja napona zatezanja.
- Nakon betoniranja jednog bloka javljaju se naponi pritiska u njegovoj užoj zoni. Ovo se može objasniti zagrevanjem i širenjem bloka usled oslobađanja toplote hidratacije uz ograničenu deformaciju usled sadejstva sa susednim blokovima. Naknadnim hlađenjem betona, dolazi do njegovog skupljanja i, usled ograničene deformacije, naponi pritiska prelaze u napone zatezanja.

- Naponi zatezanja u središnjem delu lamele su uvećani u zonama koje su brže napredovale u visinu u odnosu na ostali deo konstrukcije, zato što je u njima zarobljena veća količina toplote, koja se kasnije intenzivno oslobađa tokom hidratacije cementa. Osim toga, pomenute zone su većom površinom bile izložene razmeni toplote sa spoljašnjom sredinom, što je dodatno uticalo na pojavu uvećanih napona zatezanja u pomenutim zonama, naročito u zimskom periodu.
- Uvećane vrednosti napona zatezanja javljaju se i u zonama koje su dugo bile izložene visokim temperaturama tokom letnje pauze u izgradnji. Na osnovu toga se može zaključiti da se pri dugotrajnim prekidima betoniranja mora posvetiti značajna pažnja pravilnom negovanju i zaštiti betonskih površina izloženih radijaciji.
- Ekstremne vrednosti napona na uzvodnom licu se javljaju u zimskom periodu i u rano proleće (od decembra do početka aprila) i to pre punjenja akumulacije. Razlog je uticaj niskih temperatura u ovom delu lamele, pri čemu se beton hladi i skuplja.
- Ekstremne vrednosti napona na nizvodnom licu i na kruni brane javljaju se takođe u zimskom periodu godine i u rano proleće. Razlog je, takođe, uticaj niskih temperatura u ovom delu lamele, pri čemu se beton hladi i skuplja.
- Najveći naponi zatezanja javljaju se nakon betoniranja poslednjeg bloka (512. dan od početka izgradnje konstrukcije) u prethodno pomenutoj zoni krune brane sa uzvodne i nizvodne strane. Ovakvo naponsko stanje pokazuje da je navedenu zonu konstrukcije (imajući u vidu i eventualnu dalju redukciju dužine lamele), potrebno zaštititi konturnim betonom koji će imati bolje karakteristike od betona u telu brane. Ovu zonu je potrebno ojačati i odgovarajućom površinskom armaturom kako bi se prihvatili ovi naponi zatezanja.
- Za betonsku mešavinu zadatih karakteristika, predloženi raspored blokova i dinamiku izgradnje, izabrane dužine lamela su previše velike. Zato je neophodno njihovo dalje smanjenje, sve dok naponi zatezanja ne budu u okviru dozvoljenih. Ukoliko je neophodno, moglo bi se pribeći i izmeni rasporeda i dinamike betoniranja blokova.
- Na osnovu prethodnog, može se zaključiti i da su opravdane preporuke za dužinu lamela gravitacionih betonskih brana koje se kreću u opsegu između 6,0 i 16,0 m. Za razmatranu branu, može se očekivati da bi lamela dužine od 8,0 do 12,0 m bila odgovarajuća u smislu eliminacije zona sa prekoračenim naponima zatezanja.

## LITERATURA

- [1] Savić Lj.: Uvod u hidrotehničke građevine, drugo izdanje, Građevinski fakultet, Beograd, 2009.
- [2] Kuzmanović V.: Prilog termičkom proračunu gravitacionih brana od valjanog betona, doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Beograd, 2007.
- [3] Kuzmanović V., Savić LJ., Mladenović N.: Computation of Thermal-Stresses and Contraction Joint Distance of RCC Dams. Journal of Thermal Stresses. 36 (2), pp.112-134, 2013.
- [4] Kuzmanović V., Savić Lj., Mladenović N.: Thermal-stress behaviour of RCC gravity dams. FME Transactions. 43 (1), pp.30-34, 2015.

Društvo građevinskih konstruktora Srbije

SIMPOZIJUM 2020

13-15. maj 2021- ARANĐELOVAC

# ZBORNİK RADOVA SA NACIONALNOG SIMPOZIJUMA DGKS



U SARADNJI SA



Република Србија  
Министарство  
просвете, науке и  
технолошког развоја

POKROVITELJ



PLATINASTI SPONZORI

Metalinkara

ŠIRBEGOVIĆ®  
INŽENJERING

DELTA  
REAL ESTATE

baldini  
studio

INTERNATIONAL

STRABAG  
TEAMS WORK.

PUT INŽENJERING

ZLATNI SPONZORI



ARMONT  
LICA ZGRADA

MORAVACEM  
A CRH COMPANY

PERI

ProClub

MG  
PRECAST.O.O.O.

DNEC

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

624(082)(0.034.2)  
69(082)(0.034.2)

ДРУШТВО грађевинских конструктора Србије. Симпозијум 2020 (2021 ; Аранђеловац)  
Зборник радова са Националног симпозијума DGKS [Електронски извор] / Друштво  
грађевинских конструктора Србије, Симпозијум 2020, 13-15. мај 2021, Аранђеловац ; [уредници  
Златко Марковић, Иван Игњатовић, Бошко Стевановић]. - Београд : Универзитет, Грађевински  
факултет : Друштво грађевинских конструктора Србије, 2021 (Аранђеловац : Графопак). - 1 USB  
fleš меморија ; 5 x 2 x 1 cm

Системски захтеви: Нису наведени. - Насл. са насловне стране документа. - Радови на срп. и  
енгл. језику. - Тираж 200. - Библиографија уз сваки рад. - Summaries.

ISBN 978-86-7518-211-5 (GF)

а) Грађевинарство -- Зборници  
COBISS.SR-ID 37696777

<b>Izdavač:</b>	<b>Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet</b> Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73/I
<b>Suizdvač:</b>	<b>Društvo građevinskih konstruktora Srbije</b> Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73
<b>Urednici:</b>	prof. dr Zlatko Marković v.prof. dr Ivan Ignjatović prof. dr Boško Stevanović
<b>Tehnički urednik:</b>	v.prof. dr Jelena Dobrić
<b>Tehnička priprema:</b>	doc. dr Nina Gluhović doc. dr Marija Todorović Isidora Jakovljević
<b>Grafički dizajn:</b>	Tijana Stevanović
<b>Dizajn korica:</b>	Tijana Stevanović
<b>Štampa:</b>	Grafopak, Arandelovac
<b>Tiraž:</b>	200 primeraka

**Beograd, maj 2021.**

<b>S-30</b>	<i>Uroš Mirković, Slobodan Radovanović, Nikola Divac, Snežana Vulović -</i> UTICAJ ZAVESE I DRENAŽNIH BUŠOTINA NA FILTRACIONU SLIKU U TEMELJNOJ SPOJNICI GRAVITACIONIH BRANA .....	407
<b>S-31</b>	<i>Uroš Mirković, Vladan Kuzmanović, Goran Todorović -</i> TERMIČKA ANALIZA GRAVITACIONE BETONSKE BRANE U FAZI IZGRADNJE I EKSPLOATACIJE .....	416
<b>S-32</b>	<i>Uroš Mirković, Vladan Kuzmanović -</i> PRORAČUN TERMIČKIH NAPONA GRAVITACIONE BETONSKE BRANE U FAZI IZGRADNJE I EKSPLOATACIJE .....	426
<b>S-33</b>	<i>Faris Trešnjo, Azra Mahinić -</i> PRIMJENA METODE PRITISNUTIH ŠTAPOVA I ZATEGA NA VISOKOSTIJENOM NOSAČU .....	436
<b>S-34</b>	<i>Petar Subotić, Duško Lučić -</i> PREGLED METODA ZA ODREĐIVANJE PRORAČUNSKOG OPSEGA NAPONA PREMA EN 1993-1-9 .....	448
<b>S-35</b>	<i>Nikola Božović, Jovana Ivanović, Olga Đurić-Perić -</i> METODOLOGIJA PRORAČUNA ANKERA PREMA EN1992-4 SA OSVRTOM NA STARE SRPS PROPISE .....	454
<b>S-36</b>	<i>Snežana Mašović, Nenad Pecić, Saša Stošić, Dragan Mašović -</i> NOVI PROPISI ZA SAOBRAČAJNA OPTEREĆENJA DRUMSKIH MOSTOVA	464
<b>S-37</b>	<i>Zlatko Marković, Jelena Dobrić, Milan Spremić -</i> NOVA GENERACIJA EVROKODA 3 – NAJVAŽNIJE IZMENE .....	474
<b>S-38</b>	<i>Jelena Skoković -</i> U KORAK SA DRUGOM GENERACIJOM EVROKODOVA – DOSADAŠNJA ISKUSTVA I PROJEKCIJE .....	484
<b>S-39</b>	<i>Nemanja Jakovljević, Ivan Milićević, Branko Milosavljević -</i> ANALIZA RAZLIČITIH MODELA UTEZANJA AB ZIDOVA SLOŽENIH POPREČNIH PRESEKA PREMA EVROKODU 8 .....	492
<b>S-40</b>	<i>Mladena Luković, Zhekang Huang and Dick Hordijk -</i> DUKTILAN BETON (SHCC) ZA KONTROLISANJE ŠIRINE PRSLINA U ARMIRANOBETONSKIM GREDAMA .....	504
<b>S-41</b>	<i>Aljoša Filipović, Jelena Dobrić, Dragan Blagojević, Mileva Samarđžić –</i> <i>Petrović, Dragan Buđevac, Zlatko Marković -</i> POČETNE IMPERFEKCIJE STUBOVA RAVNOKRAKOG L POPREČNOG PRESEKA OD NERĐAJUĆEG ČELIKA .....	513
<b>S-42</b>	<i>Zoran Mišković, Siniša Savatović, Marko Popović, Marina Latinović -</i> ODREĐIVANJE PRIGUŠENJA I MODALNIH KARAKTERISTIKA MODELA NOSAČA PRIMENOM WAVELT TRANSFORMACIJE .....	523