

ПРОЦЕНА РИЗИКА ОД ЗЕМЉОТРЕСА ЗА ХЕ „ЂЕРДАП II“

EARTHQUAKE RISK ASSESSMENT OF THE HYDRO-POWER-PLANT “ЂЕРДАП II”

Невена Станковић, Слободан Шупић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – УПРАВЉАЊЕ РИЗИКОМ ОД КАТАСТРОФАЛНИХ ДОГАЂАЈА И ПОЖАРА –**

Кратак садржај: У раду је представљена процена ризика од земљотреса за хидротехнички објекат „Ђердап II“, укључујући и његове помоћне објекте који се налазе на територији општине Неготин. Поступак процењивања и садржај Процене су у складу са Упутством о Методологији за израду процене ризика од катастрофа и планова заштите и спасавања у ванредним ситуацијама. Рад пружа увид у понашање брана при ударима сеизмичке енергије, као и што се бави питањем њихове сеизмичке безбедности.

Кључне речи: Процена ризика, земљотрес, хидротехнички објекат, сеизмичка безбедност

Abstract – *This paper presents earthquake risk assessment of the hydro-power-plant and dam “Djerdap II” including its secondary buildings located in municipality Negotin. The assessment procedure and content of the assessment are in agreement with the Instruction for the Methodology for risk assessment and protection and rescue plans. This paper gives an insight in a dam behaviour during the release of the seismic energy as it also questions seismic safety of dams.*

Key words: Risk assesment, earthquake, dams, hydrotechnical structure, seismic safety

1. УВОД

У раду је представљена анализа понашања брана у случају земљотреса, уз акценат на реакцију конструкције на таласе сеизмичке енергије.

Повод истраживања везе између брана и земљотреса јесте пораст популације која се настањује у окружењу брана, што резултира повећањем рањивости те популације. Истовремено, са данашњим знањем у области сеизмике и грађевинарства, поставља се питање, да ли су хидротехнички објекти грађени кроз историју и даље безбедни у случају појаве земљотреса већег интензитета?

Да ли су бране сеизмички безбедне?

Иако нема доказа да би се услед земљотреса брана урушила – недостатак истих не доказује да су сви хидротехнички објекти сеизмички безбедни. Претходно испитивању понашања бране на утицај дејства сеизмичке енергије, мора се утврдити тип

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада, чији је ментор др Слободан Шупић, доцент.

бране, као и локација (да ли се налази у сеизмички угроженој области).

Земљане бране (насипи) другачије реагују на потресе при компарацији са бетонским бранама. Насипи могу изгубити везу са својим темељима услед појаве ликвифакције. **Ликвифакција** се може дефинисати као промена фазе материјала из чврсте у течну – проурокована довољно дугим излагањем дејству сеизмичке енергије. Ова појава је честа код земљишта које је засићено водом. Постоји већи број сценарија који се могу одиграти у случају излагања земљане бране сеизмичким силама – део насипа се може одронити, може доћи до појаве пукотина или до унутрашње ерозије материјала. Било који од наведених случаја може изазвати клизање одрона у воду, што би за резултат имало формирање поплавног таласа.

Бетонске бране су компактније у односу на земљане бране, односно круће. Уколико се у фази пројектовања занемари асеизмичко инжењерство, може доћи до стварања минорних пукотина у телу бране које би се под притиском воде шириле, што би резултирало колапсом конструкције.

Сеизмички таласи се могу ширити у различитим правцима, што значи да могу имати различити утицај на конструкцију бране. Може доћи до извијања бочних делова тела или темеља бране, што може нарушити интегритет конструкције.

Због великог броја инцидента на бранама услед земљотреса у свету, повећаног броја људи изложених овом ризику, сматра се да је ова проблематика још увек захтева истраживања. Поред великог губитка људских живота, бране имају и велики значај у енергетском и економском систему сваке земље.

Рад такође садржи целокупан процес израде Процене ризика која је део Закона о смањењу ризика од катастрофа и управљању ванредним ситуацијама („Сл. гл. Републике Србије“, бр. 87/2018) [1] уз примену Упутства о методологији за израду процене ризика („Сл. гл. РС“, бр. 80/2019) [2] за хидротехнички објекат „Ђердап II“ и његове помоћне објекте. Огранак ХЕ „Ђердап II“ лоциран је у општини Неготин, а овај огранак је део јавног предузећа „Електропривреда Србија“ у Београду.

За потребе овог рада, неопходни подаци за израду Процене ризика прикупљени су из званичних докумената ХЕ „Ђердап II“ и самосталним истраживањем.

Према Закону о смањењу ризика од катастрофа и управљању ванредним ситуацијама [1], израдом Процена ризика може се извршити идентификација опасности, карактер исте као и степен угрожености садржаја за који се Процена израђује. Узимају се у обзир и фактори који могу узроковати или допринети повећању утицаја опасности и последица које за собом може оставити. Упуством о методологији за израду процене ризика („Сл.гл.РС“, бр. 80/2019) [2] налаже се обухватање дванаест група опасности које треба идентификовати и анализирати, док је за потребе овог рада избор ограничен на једну – опасност од земљотреса.

2. ИДЕНТИФИКАЦИЈА ОПАСНОСТИ И ПРОЦЕНА РИЗИКА ОД ЗЕМЉОТРЕСА

ХЕ „Бердап II“ остварује велики допринос са енергетског аспекта, због чега је од великог значаја за привреду Републике Србије. Према величини и капацитету је други у систему. Поред производње електричне енергије, остварује и велико учешће у водном транспорту. Због свих наведених карактеристика, јасно је зашто је важна израда Процена ризика – неопходно је увидети сваки могући неповољан утицај потенцијалних опасности у циљу спречавања негативног дејства последица. Идентификована опасност за коју ће се израдити Процена јесте опасност од земљотреса.

За Процену ризика од земљотреса, потребно је одговорити на следеће параметре:

- постојање система за идентификацију, обавештавање и евиденције;
- морфологија и састав земљишта;
- сеизмолошке карте и сеизмичке карактеристике терена;
- квалитет градње;
- учесталост, интензитети и епицентри потреса;
- психолошки ефекти и могућа повређивања;
- могућност генерисања других опасности и др [2].

Због непредвидљивог карактера опасности, **системи за идентификацију и рано обавештавање** не постоје. Према подацима из **карте сеизмичког хазарда на нивоу Републике Србије** [3], подручје на ком се објект налази спада у VII степена MCS. На овом подручју земљотреси нису честа појава, али опасност може представљати сеизмичка зона Вранчеа у Румунији, од које је објект удаљен ~400 km.

По питању **морфологије и састава земљишта**, оно је састављено од песка и шљунка, а присутне су и разне врсте глина. Сврстано је између II и III категорије.

Објекти су изграђени 1985. године, у складу са тадашњим Правилником о техничким нормативима за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима (31/1981-844, 49/1982-1249, 29/1983-869, 21/1988-614, 52/1990-1729), из 1981. године. Објекти су према **квалитету градње** изграђени за VIII зону сеизмичке опасности.

Применом EMS-98 Методологије изводи се закључак да су објекти типа D – AB конструкције са зидовима уз висок степен сеизмичке градње и одговарају степену оштећења DG2.

Према карти епицентара земљотреса на подручју Републике Србије [3], у околини општине јављали су се **потреси са епицентрима** магнитуда од 4 до 5. На самој територији општине се нису јављали потреси са епицентром магнитуде веће од 3.

Највероватнији нежељени догађај

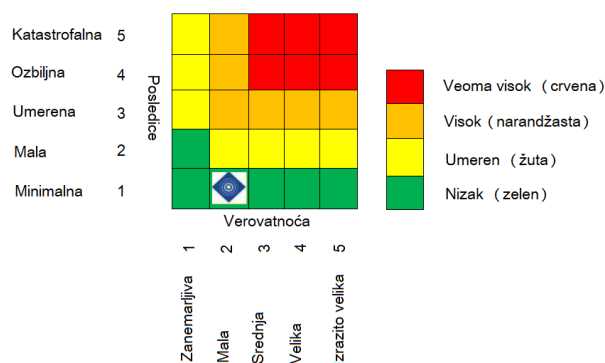
За сценарио највероватнијег нежељеног догађаја се замишља да је захваћена цела површина коју објекти заузимају. Претпостављени интензитет потреса је 4.2 по Рихтеровој скали (IV степен MCS скале), у трајању од 15 секунди. Сматра се да нема повређених или погинулих лица због чега нема трошкова, али је 75 особа под стресом и у благом стању панике. Утицај на економију у виду трошкова износи 240.100,00 РСД, док на критичну инфраструктуру износи 2.277.467,00 РСД (подаци су базирани на консултацији са стручним лицем). Сматра се да нема тенденција за појаву других опасности чији би узрок био претпостављени земљотрес.

Израда матрица

При прегледу утицаја опасности на штићене вредности, укупна материјална штета по економију износи 0.0002% буџета предузећа, док по критичну инфраструктуру износи 0.00021%.

На основу параметра учесталости, процењује се да је учесталост догађаја 1 догађај у 20 година и ређе. Величина последица по живот и здравље људи у овом сценарију је мала, док је величина последица у односу на буџет минимална, као и по критичну инфраструктуру.

Средњом вредношћу свих вредности ризика штићених вредности добија се мали степен верватноће (2) и минималне последице (1) за укупан ризик, који је према овим параметрима низак.



Слика 1.: Матрица укупног ризика

Ниво ризика

Помоћу Табеле 1., која приказује нивое ризика и начине поступања, може се дефинисати прихатљивост ризика:

Закључује да је ризик прихватљив, па самим тим није неопходно предузимати било какве радње по питању начина поступања ради редукације ризика.

Табела 1.: Ниво и прихватљивост ризика

Rizik	Prihvatljivost	Način postupanja	Odluka
Veoma visok	Neprihvatljiv	Zahteva se tretman rizika kojim će se nivo rizika smanjiti na prihvatljiv	
Visok	Neprihvatljiv		
Umeren	Prihvatljiv	Umereni rizik može značiti da je potrebno preduzeti neke radnje	
Nizak	Prihvatljiv	Nizak rizik može značiti da nije neophodno preduzimati bilo kakve radnje	

Третман ризика

Иако није неопходно предузимање било каквих радњи, за третман ризика се ипак предлаже примена и имплементација превентивних мера попут редовног извођења вежби евакуације, едукације запослених о овој опасности, премештање тежих предмета на ниже етаже и причвршћивање предмета за зидове како би се избегле повреде запослених лица због њиховог пада.

Како објекат спада у критичну инфраструктуру на нивоу Републике Србије, налаже се израда Плана смањења ризика од катастрофа.

Нежељени догађај са најтежим могућим последицама

Замишљени сценарио захвата подручје целе површине општине у којој се објекат налази. Епицентар земљотреса јавља се у Румунији (Вранчеа зона), магнитуде 7 по Рихтеровој скали. Потреси на територији општине су VII степен на MCS скали.

Утицај овог сценарија на живот и здравље људи за резултат има 6 погинулих, 11 тешко повређених, 13 лакше повређених, 200 евакуисаних, од чега је 180 лица у стању опште панике. Трошкови по економију износе 1.066.658,00 РСД, док трошкови утицаја на критичну инфраструктуру износе 54.659.200,00 РСД.

Овај потрес изазива генерисање друге опасности као што је клизиште и плављење Дунава, на ком је објекат лоциран. У складишту може доћи до генерисања још једне опасности – пожара, узевши у обзир да се у истом складиште опасне материје.

Као референтни инцидент за овај сценарио узет је земљотрес у Румунији који се догодио 1977. године.

Израда матрица

За процену вероватноће догађаја узет је параметар учесталости, 1 догађај у 20 до 100 година и ређе. Материјални трошкови износе 0.001% буџета, док по критичну инфраструктуру износе 0.05% буџета. Величина последица по живот и здравље људи је умерена, док је по економију минимална, као и по критичну инфраструктуру.

При изради матрица, добија се степен вероватноће за укупан ризик мали (2), а последице такође мале (2), што даје умерен ниво ризика, како је приказано на слици 2.

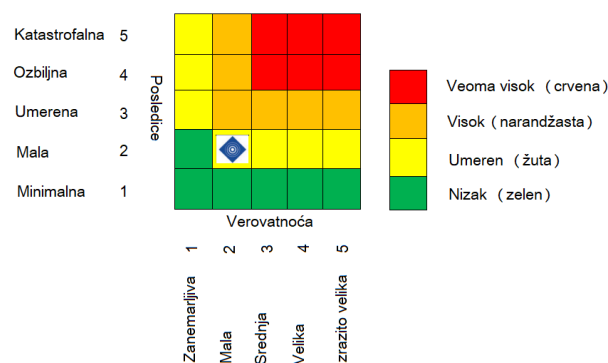
Ниво ризика

Према Табели 2., дефинише се прихватљивост овог ризика помоћу добијеног нивоа ризика:

Табела 2.: Ниво и прихватљивост ризика

Rizik	Prihvatljivost	Način postupanja	Odluka
Veoma visok	Neprihvatljiv	Zahteva se tretman rizika kojim će se nivo rizika smanjiti na prihvatljiv	
Visok	Neprihvatljiv		
Umeren	Prihvatljiv	Umereni rizik može značiti da je potrebno preduzeti neke radnje	
Nizak	Prihvatljiv	Nizak rizik može značiti da nije neophodno preduzimati bilo kakve radnje	

Како је ниво ризика умерен, по питању преихватљивости ризика исти јесте прихватљив, али се за начине поступања доноси одлука да је потребно предузети неке радње у циљу смањења ризика.



Слика 2.: Матрица за укупан ризик

Одређивање комбинације ризика – мултиризика

Као што је споменуто, земљотреси овог интензитета могу проузроковати клизишта и одроне, а могу подстаћи и формирање поплавног таласа реке Дунав. Још једна од опасности која се може јавити јесте техничко-технолошка несрећа изазвана пожаром у складишту опасних материја, а то може резултовати еколошким удесом услед изливања материја. Еколошки удес би могао изазвати још веће последице по живот и здравље људи, као и по екологију.

Третман ризика

Укупан ризик јесте прихватљив, због чега се налаже имплементација превентивних мера попут обуке запослених у циљу сповођења што брже и ефикасније евакуације и побољшања припремљености, препоручује се причвршћивање елемената и предмета за зидове како би се спречиле повреде запослених лица услед пада истих, а исто тако се препоручује и спуштање тешких предмета на ниже етаже.

3. ЗАКЉУЧАК

Рад пружа детаљан преглед проблематике између брана и утицаја дејства сеизмичких сила. Обрађене су реакције различитих типова брана на таласе земљотреса, а представљена је и анализа једног таквог догађаја.

У раду је приказан и процес израде Процене ризика за ХЕ „Бердап II“, где су замишљена два сценарија – сценарио за највероватнији нежељени догађај и сценарио догађаја са најтежим могућим последицама. Извршена је анализа оба сценарија, а обухвата процену вероватноће догађаја, величину последица по штићене вредности чему је уследило одређивање нивоа ризика и прихватљивост истог. Евалуацијом је

утврђен низак ниво ризика за сценарио најверованијег нежељеног догађаја, док је за догађај са најтежим могућим последицама добијен умерени ниво ризика.

У складу са тиме, израђене су карте ризика и предложене су мере за третман ризика које имају за циљ смањење ризика на најмањи могући ниво, што се сматра неопходним, јер је у питању објекат који је од критичног значаја за инфраструктуру Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Закон о смањењу ризика од катастрофа и управљању ванредним ситуацијама („Сл. гл. Републике Србије“, бр. 87/2018)

[2] Упутство о методологији за израду процене ризика („Сл. гл. Републике Србије“, бр. 80/2019)

[3] Републички сеизмолошки завод Србије

Кратка биографија:



Невена Станковић рођена је 1997. год., у Неготину. Након завршене средње школе „Гимназија Предраг Костић“ на друштвено – језичком смеру, уписује Факултет техничких наука у Новом Саду 2017. године, на смеру Управљање ризиком од катастрофалних догађаја и пожара. Дипломски рад одбранила је 2021. године, а мастер рад из области Инжењерство управљања ризиком од катастрофалних догађаја и пожара брани 2022. године.



Слободан Шупић рођен је 1989. године у Требињу у Републици Српској. Од 2013. године запослен је на Факултету техничких наука као сарадник у настави, од 2014. као асистент, а од 2020. као доцент на Департману за грађевинарство и геодезију, ужа научна област: Грађевински материјали, процјена стања и санација конструкција.