

Геофизичко сеизмометријско картирање унутар истражних галерија на преградном месту бране

Бранислав Сретковић, Дејан Вучковић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Геофизичко сеизмометријско картирање унутар истражних галерија на преградном месту бране | Бранислав Сретковић, Дејан Вучковић | Записници Српског геолошког друштва | 2020 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007256>

ЗАПИСНИЦИ СРПСКОГ ГЕОЛОШКОГ ДРУШТВА

за 2020. ГОДИНУ

COMPTE RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ SERBE DE GÉOLOGIE

pour les années 20120

REPORTS OF THE SERBIAN GEOLOGICAL SOCIETY

for the year 2020

Beograd, 2020.

Бранислав Сретковић¹, Дејан Вучковић²
Branislav Sretković¹, Dejan Vučković²

ГЕОФИЗИЧКО СЕИЗМОМЕТРИЈСКО КАРТИРАЊЕ УНУТАР ИСТРАЖНИХ ГАЛЕРИЈА НА ПРЕГРАДНОМ МЕСТУ БРАНЕ

GEOPHYSICAL SEISMIC MAPPING INSIDE THE INVESTIGATIVE GALLERIES AT DAM SITE

ПРЕТХОДНО САОПШТЕЊЕ, СТРУЧНИ РАД PRELIMINARY REPORT, PROFESSIONAL PAPER

Апстракт. Савремена геофизичка истраживања неизоставни су део геолошких истраживања која се изводе за потребе пројектовања и изградње брана. Њихова примена у карстним теренима има посебан значај при сагледавању геолошке грађе зоне преградног места, узимајући у обзир комплексне специфичности карста по питању циркулације површинских и подземних вода те стабилности и процене хазарда за велике објекте као што су бране. У овом раду су представљена испитивања изведена сеизмометријским картирањем унутар две истражне галерије у зони преградног места будуће бране. Геофони су постављени на вертикалним бочним зидовима галерија са тачкама изазивања сеизмичких таласа између свака два геофона. Подаци су добијени у хоризонталним равнима и након обраде су приказани као геофизички модели, карте дистрибуције брзине простирања лонгитудиналних сеизмичких таласа кроз стенску масу у бочним странама галерија. Интерпретирани подаци су представљени у виду геолошких модела, карата издвојених пукотина и зона деградације стенске масе.

Кључне речи: рефракција, карст, пукотине, деградација стенске масе

Abstract. Modern geophysical investigations are unquestionable part of geological investigations carried out for designing and construction of dams. Their use in karst environment has a special importance in defining of geology of a dam site, considering complex specifics of karst in terms of surface and groundwater circulation and the stability and hazard assessment of large structures such as dams. Investigations performed by seismic mapping in two investigative galleries at future dam site are presented in this paper. Geophones were set in vertical side walls of the galleries with shot points between every two geophones. Data were obtained in horizontal planes and after processing presented as geophysical models, maps of velocity of longitudinal seismic waves through the rock mass in the sides of the galleries. Interpreted data are presented in the form of geological models, maps of detected cracks and zones of rock mass degradation.

Key words: refraction, karst, cracks, rock mass degradation

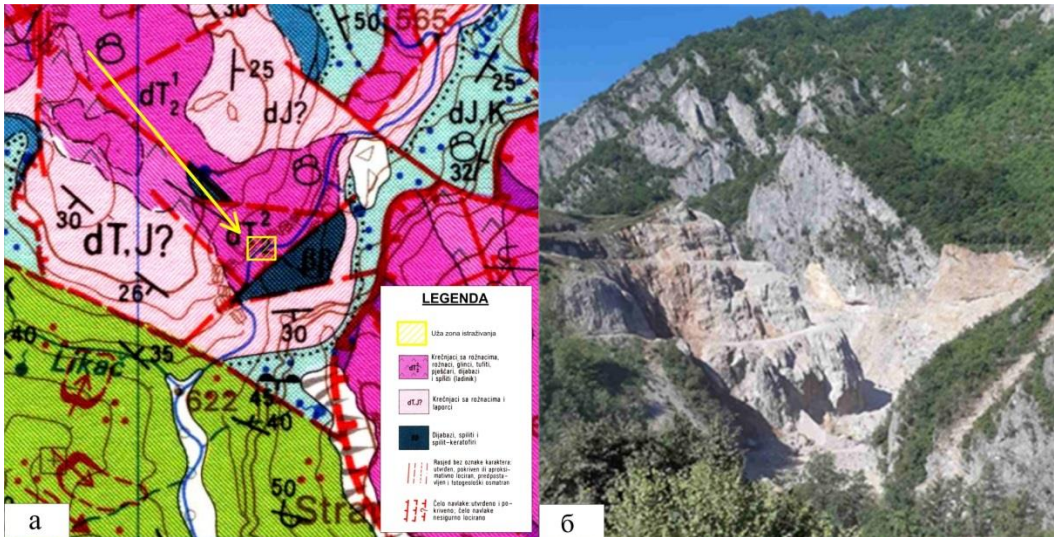
УВОД

¹ Центар за недеструктивна тестирања и геофизику, Мокролушка 86, Београд; студент докторских студија, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Департман за геофизику, Ђушина 7, Београд; Center for nondestructive testing and geophysics, Mokroluška 86, Belgrade; PhD student, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of geophysics, Đušina 7, Belgrade e-mail: bane@c-ntg.com

² Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Департман за геофизику, Ђушина 7, Београд; University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of geophysics, Đušina 7, Belgrade

Геолошко испитивање за потребе дефинисања локације за преградно место бране, представља једну од најзначајнијих студија које би требало извести у различитим размерама и нивоима пре одређивања најбоље позиције за изградњу бране (SISSAKIAN et al., 2019). У истраживањима пре градње објеката, примена геофизичких метода пре истражног бушења обезбеђује не само економичније, него и детаљније дефинисање геолошких јединица испод површине терена. У студијама изводљивости пре изградње брана и акумулација, геофизичке методе имају битан значај за одређивање структурне стабилности, утврђивању присуства могућих прекривених траса раседа, промена у литологији, антиклиналних и синклиналних форми и подземних шупљина (SARI et al., 2020). Методе геофизике са малим захватом по дубини значајно су напредовале током последњих пар деценија, због чега је њихова примена постала значајна код одређивања локације за изградњу бране, током саме градње, као и у погледу њихове безбедности и одрживог управљања током коришћења (LIN et al., 2018).

За потребе одређивања позиције преградног места и типа бране, чија је сврха формирање акумулације за будућу хидроцентралу, у августу 2020. године изведена су геофизичка истраживања на терену. Пројектована су у сарадњи са тимом геолога, са сврхом да дефинишу модел руптурног склопа и квалитативно-квантитативне карактеристике стенске масе у зони преградног места бране. Локација пројектованог преградног профила налази се на терену изграђеном од тријаских кречњака са рожнацима, са врло израженом тектоником (Слика 1а). Ради се о типичном динарском карстном терену (Слика 1б).



Слика 1. а) Део геолошке карте са зоном испитивања; б) Фотографија испитиване локације (фото: Д.Вучковић, 2020.)

Figure 1. a) Part of the geological map with zone of investigation; b) Photograph of investigated location (photo: D. Vučković, 2020.)

Карстни терен је један од најизазовнијих у смислу проблематике везане за коришћење вода, грађевинарство и екологију. Геофизичке методе пружају корисне информације о потповршини карстних подручја, у погледу процене хазарда и анализе ризика приликом коришћења вода (SHALIKAKIS et al. 2011). Деценијама су се хидрогеолошка истраживања суочавала са озбиљним изазовима у подручјима са

комплексном геологијом и у карстним системима. Напредовањем савремених геофизичких поступака прикупљања података, њихове обраде и интерпретације у таквом окружењу, напредовала су и та истраживања (ARIFIN et al. 2020).

Поред геофизичких испитивања која се врше са површине терена и оних која се изводе и бушотинама, при добијању егзактних података за пројектовање и градњу комплексних објеката као што су бране, посебан значај имају испитивања која се врше у истражним галеријама. Истражне галерије, ходници прокопани унутар саме стенске масе, представљају објекте који омогућавају директно сагледавање геолошких и структурних карактеристика унутар саме стенске масе.

МЕТОДЕ

Геофизичка испитивања приказана у овом раду су изведена унутар две истражне галерије (ГЛ-1 и ГЛ-2) на самом преградном профилу бране (Слика 2).



Слика 2. Фотографије две истражне галерије, са припремљеним системом за аквизицију података (фото: Д.Вучковић, 2020.)

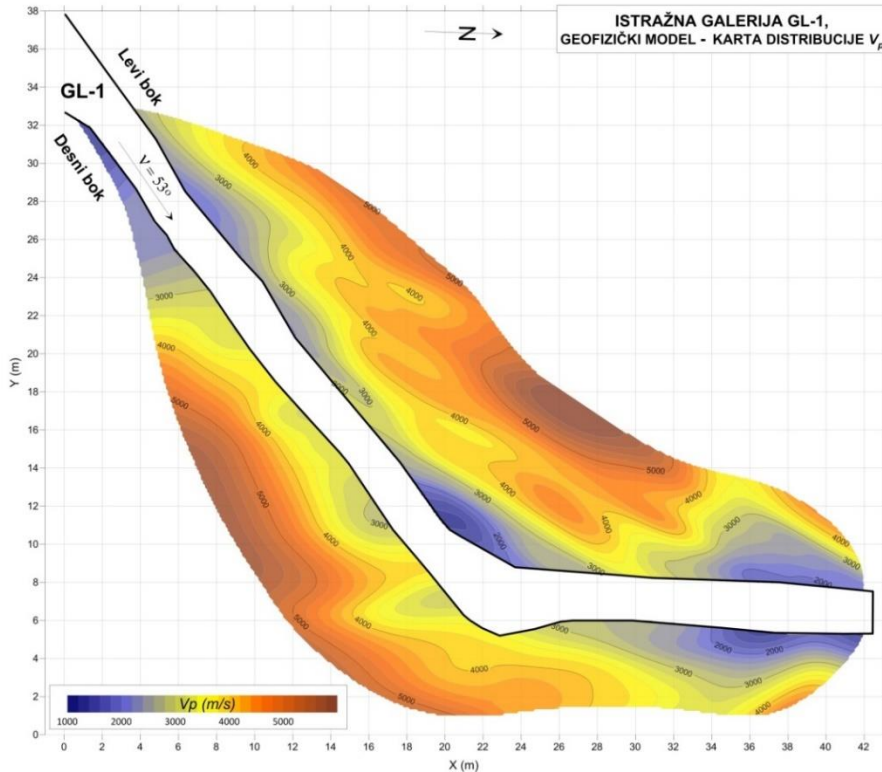
Figure 2. Photographs of two investigative galleries, with prepared data acquisition system (photo: D.Vučković, 2020.)

Галерије су позициониране по једна у обема странама речне клисуре на месту пројектованог преградног места. Унутар обе галерије испитивања су изведена дуж оба бочна вертикална зида. Мерења су изведена сеизмометријском методом, поступком рефрактивног картирања, при коме мерени подаци леже у хоризонталној равни. Параметар који је анализиран на основу времена првих наилазака сеизмичког таласа до геофона је брзина простирања лонгитудиналних, тј. примарних таласа (V_p).

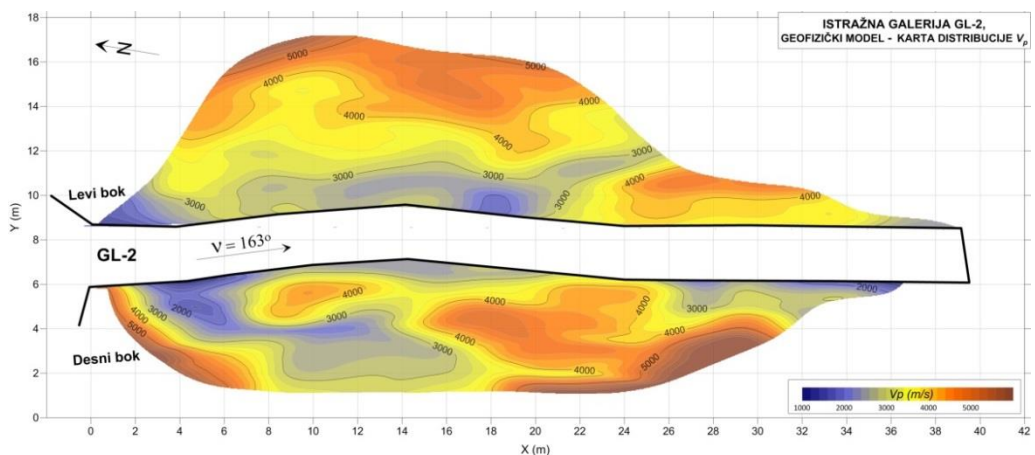
Геофони су постављени у бочним зидовима галерија, на висини 1,5 m, што одговара половини растојања између пода и плафона галерија. Растојање између геофона је износило 3 m у галерији ГЛ-2 и 5 m у галерији ГЛ-1. У циљу постизања што боље резолуције података, изведен је максималан број тачака изазивања сеизмичких таласа, по једна тачка између свака два геофона, као и тачке пре првог и након последњег геофона. Изазивање сеизмичких таласа остварено је ударом чекића масе 10 kg. Интервал узорковања регистровања података износио је 250 μ s.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Као резултати изведених геофизичких испитивања добијени су сетови доходрона. На основу њих су инверзним моделовањем прорачунати модели дистрибуције V_p . Представљени су у виду геофизичких модела у хоризонталним равнинама, карата дистрибуције V_p у боковима галерија (Слике 3 и 4).

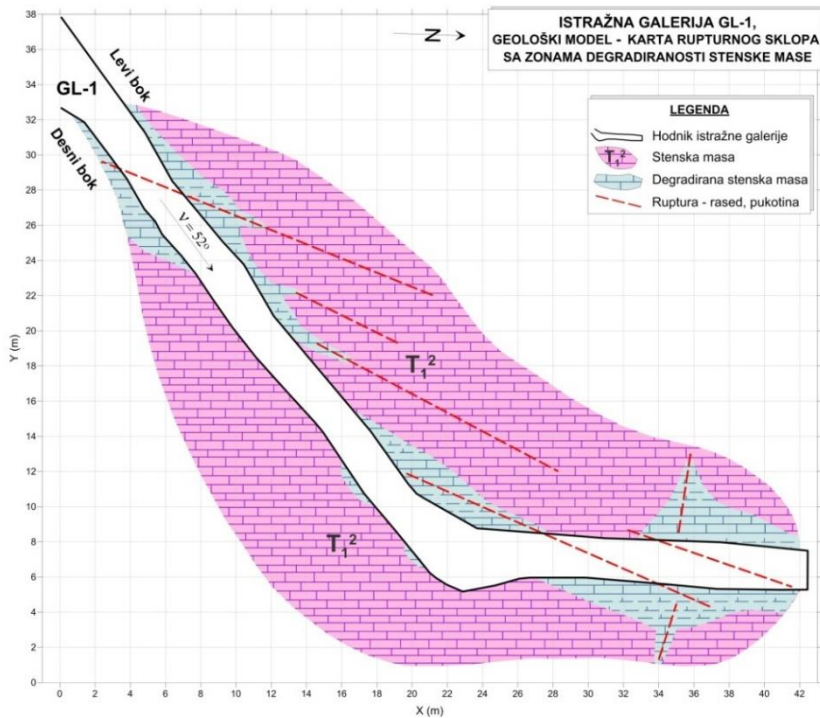


Слика 3. Истражна галерија ГЛ-1, геофизички модел - карта дистрибуције V_p
Figure 3. Investigative gallery GL-1, geophysical model - map of V_p distribution



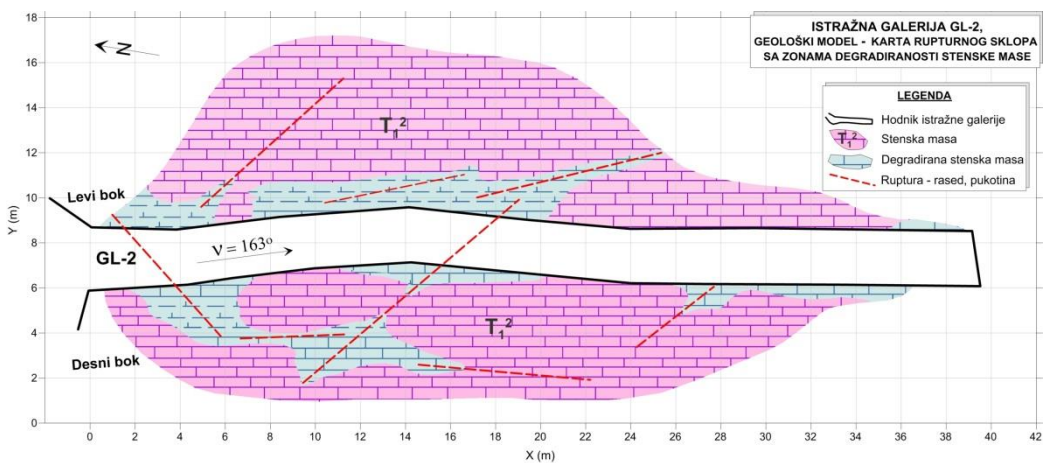
Слика 4. Истражна галерија ГЛ-2, геофизички модел - карта дистрибуције V_p
Figure 4. Investigative gallery GL-2, geophysical model - map of V_p distribution

Анализом добијених модела дистрибуције параметра V_p и применом трансформације у домен хоризонталних градијената V_p , квантитативно су дефинисани елементи геолошке грађе и руптурног склопа бочних страна галерија. Наменски, геолошки модели представљени су као карте руптурног склопа са издвојеним зонама деградације стенске масе.



Слика 5. Истражна галерија ГЛ-1, геолошки модел - карта руптурног склопа са зонама деградације стенске масе

Figure 5. Investigative gallery GL-1, geological model – map of rupture system with zones of rock mass degradation



Слика 6. Истражна галерија ГЛ-2, геолошки модел - карта руптурног склопа са зонама деградације стенске масе

Figure 6. Investigative gallery GL-2, geological model – map of rupture system with zones of rock mass degradation

У истражној галерији ГЛ-1, издвојена је фамилија пукотина са генералним азимутом пружања 25° – 205° . Те пукотине су претежно лоциране у левом боку, неке од њих су визуелно опажене унутар галерије. Оне су без уочених трагова циркулације воде и депоновања површинског материјала. При самом крају галерије, од стационаже 30 m до краја, уочава се у оба бока руптура оријентисана генерално управно на поменути фамилију. У том делу галерије приметан је већи степен деградираности стенске масе, као и трагови повремене циркулације воде. У галерији ГЛ-2 уочавају се две, по бројности доминантне фамилије пукотина, генералне оријентације 131° – 311° и 160° – 340° . Степен деградације бокова галерије је највећи од стационаже 15 m до стационаже 18 m. То је нарочито видљиво у левом боку у ком је присутна велика количина глиновитог материјала депонованог са површине (Слика 7a). На карти је потврђено и присуство пукотине опажене са спољне стране, у стенском масиву изнад улаза у ГЛ-2 (Слика 7б).



Слика 7. а) Продор површинског глиновитог материјала у ГЛ-2; б) Пукотина опажена у зони улаза у ГЛ-2 (фото: Д.Вучковић, 2020.)

Figure 2. a) Breakthrough of surface clay material into GL-2; b) Fracture observed near entrance in GL-2 (photo: D.Vučković, 2020.)

ЗАКЉУЧАК

Сеизмометријским рефрактивним картирањем изведеним у истражним галеријама добијени су геолошки модели стенске масе у бочним странама галерија. Издвојене су фамилије пукотина и утврђене зоне у којима је стенска маса деградирана. Неке од пукотина и зоне деградиране стенске масе су потврђене визуелно на самом терену.

За разлику од поступка профилисања чијом применом добијамо податке о карактеристикама стенске масе у вертикалној равни, поступак картирања омогућава сагледавање тих карактеристика у хоризонталној равни. Такве информације су нарочито корисне приликом геолошких испитивања за потребе изградње брана у карсту, имајући у виду специфичности карстних терена по питању циркулације подземних вода и деградације стенске масе.

GEOPHYSICAL SEISMIC MAPPING INSIDE THE INVESTIGATIVE GALLERIES AT DAM SITE

INTRODUCTION

Geological investigation for selecting and locating dam sites is one of the most significant studies which should be carried out in different scales and stages before deciding the best location for a dam (SISSAKIAN et al., 2019). In foundation research of engineering structures, application of geophysics methods before drilling work allows not only more economical studies but also a more detailed determination of underground sections. Especially in pre-feasibility studies on long tunnel routes, dam sites and lake areas, it has a vital importance in terms of structural safety to determine possible underground buried fault lines, lithological changes, anticlinal-synclinal structures and underground openings (SARI et al., 2020). Near surface geophysical techniques have advanced significantly in the last few decades, and can play a significant role in the siting, construction, and operational safety and sustainable management of dams (LIN et al., 2018).

In order to determine position and type of the dam, which purpose is to form an accumulation for the future hydroelectric power plant, geophysical investigations were performed in August 2020. Designed in cooperation with a team of geologists, they have a goal to define the model of the rupture system and qualitative-quantitative characteristics of the rock mass in the zone of dam site. The projected dam site is located on a terrain built of Triassic limestone with very intensive tectonics (Figure 1a). It is a typical Dinaric karst terrain (Figure 1b).

The karst environment is one of the most challenging in terms of groundwater, engineering and environmental issues. Geophysical methods can provide useful subsurface information in karst regions concerning, for instance, hazard estimation or groundwater exploration and vulnerability assessment (Chalikakis et al. 2011). For many decades, hydrogeological exploration faced serious challenges in areas with complex subsurface geology features, and karst-system environments. However, in the recent time, many researchers could breakthrough using the geophysical exploration in such an environment because of the advancement in the modern way of data acquisition, processing and interpretations (ARIFIN et al. 2020).

Besides the geophysical investigations performed from the terrain surface as well as those performed in boreholes, when obtaining exact data for the design and construction of complex structures such as dams, investigations performed in investigative galleries are of special importance. Investigative galleries, corridors in the rock mass, are objects that allow a direct observation of geological and structural characteristics of rock mass itself.

METHODS

Geophysical investigations presented in this paper are performed inside the two investigative galleries (GL-1 and GL-2) at the dam site (Figure 2).

Galleries are located in both sides of the river gorge at the designed dam site. Inside both galleries investigations were performed in the vertical walls on both sides. Measurements were performed by the seismic method, in the refractive mapping procedure, in which the measured data lie in a horizontal plane. Based on the first arrival times of the seismic wave, analyzed parameter was the longitudinal, i.e. primary waves velocity of propagation (V_p).

Geophones are placed in the side walls of galleries, at a height of 1.5 m, which corresponds to half the distance between the floor and the ceiling of the gallery. Distance between geophones was 3 m in the GL-2 and 5 m in the GL-1. In order to achieve the best possible data resolution, the maximum number of seismic wave shot points was performed, one point between each pair of geophones, as well as points before the first and after the last geophone. The initiation of seismic waves was achieved by hammer of 10 kg mass. Sampling interval of data registration was 250 μ s.

RESULTS AND DISCUSSION

As a result of performed geophysical investigations, sets of hodochrons were obtained. Based on that, models of V_p distribution were calculated by inverse modeling. They are presented as geophysical models in horizontal planes, maps of the V_p distribution at the sides of the galleries (Figures 3 and 4).

By analyzing the obtained models of the V_p distribution and applying the transformation into the domain of horizontal gradients of V_p , the elements of the geological structure and rupture system in the sides of galleries were quantified. Geological models are presented as maps of the rupture system with defined zones of rock mass degradation.

In the investigative gallery GL-1, family of cracks with a general azimuth of 25° - 205° was determined. These cracks are mostly located in the left side, some of them are visually observed inside the gallery. They are without observed traces of water circulation and deposition of surface material. At the very end of the gallery, from the chainage 30 m to the end, there is a rupture observed on both sides of gallery, oriented generally perpendicular to the mentioned family of cracks. In that part of the gallery, a grade of rock mass degradation is noticeable, as well as traces of occasional water circulation. In the GL-2 gallery, dominant families of cracks are determined in two general orientations, 131° – 311° and 160° – 340°. The grade of degradation of the gallery sides is the highest from the chainage 15 m to 18 m. This is especially visible in the left wall, where a large amount of clay material deposited from the surface is present (Figure 7a). The presence of a crack observed from the outside of gallery, in the rock massif above the entrance to GL-2 is confirmed on map (Figure 7b).

CONCLUSIONS

Geological models of the rock mass in the sides of the galleries were obtained by seismometric refractive mapping performed in the investigative galleries. Families of cracks were determined and zones of rock mass degradation were identified. Some of the cracks and parts of degraded rock mass were confirmed visually at the location.

Unlike the profiling procedure, which provides data of the rock mass characteristics in the vertical plane, the mapping procedure enables the observation of these characteristics in the horizontal plane. Such information is especially useful in geological surveys for the dam construction in karst, having in mind the specifics of karst terrains in terms of groundwater circulation and rock mass degradation.

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- ARIFIN, H.M., KAYODE, J.S., HARUN, S., AZHARI, A. & FARHANI, Z. (2020): *RES2D geophysical data for groundwater exploration in a karst complex geologic environment*. 2020 SEG Workshop on underground water and karst imaging
- CHALIKAKIS, K., PLAGNES, V., GUERIN R., VALOIS, R. & BOSCH, F.P. (2011): *Contribution of geophysical methods to karst-system exploration: an overview*. Hydrogeology Journal (2011) 19: 1169–1180
- LIN, C.H., LIN, C.P., HUNG, Y.C., CHUNG, C.C., LINWU, P. & LIU, H.C. (2018): *Application of geophysical methods in a dam project: Life cycle perspective and Taiwan experience*. Journal of Applied Geophysics 158 (2018) 82–92
- SARI, M., SEREN, A. & ALEMDAG, S. (2020): *Determination of geological structures by geophysical and geotechnical techniques in Kirklartepe Dam Site (Turkey)*. Journal of Applied Geophysics 182 (2020) 104174
- SISSAKIAN, V.K., ADAMO, N. & AL-ANSARI, N. (2019): *The role of geological investigations for dam siting: Mosul dam a case study*. Geotechnical and Geological Engineering (2019) 38(2)