



Górnictwo solne w Bośni i Hercegowinie oraz wybrane walory geoturystyczne rejonu Bałkanów – sprawozdanie z wyjazdowego seminarium naukowego PSGS *Salt mining in Bosnia and Herzegovina and selected geotourist values on the Balkans – report from the scientific expedition of the PSMA*

Łukasz GRZYBOWSKI ^{1, 2}

¹ Tunak Pracownia Geologiczno-Inżynierska, Pl. Niepodległości 1, 62-510 Konin, e-mail: lukasz.grzybowski@yahoo.pl

² Instytut Geologii UAM, ul. Maków Polnych 16, 61-606 Poznań

STRESZCZENIE

Zapoznanie się z historią eksploatacji i m stanem górnictwa solnego w rejonie Tuzli było celem kolejnego seminarium naukowego Polskiego Stowarzyszenia Górnictwa Solnego (PSGS), które odbyło się w maju 2016 r. Górnictwo solne w Bośni i Hercegowinie skoncentrowane jest w rejonie miasta Tuzla w północno-wschodniej części kraju. Obecnie, wydobywanie soli prowadzi się metodą otworową ze złoża Tetima, oddalonego ok. 10 km od Tuzli. W przeszłości, w mieście Tuzla, działała podziemna kopalnia soli „Tušanj” oraz prowadzona była niekontrolowana eksploatacja otworowa, skutkująca znacznymi odkształceniami powierzchni, co stanowiło istotne zagrożenie dla miasta. Całkowite zaniechanie eksploatacji soli w Tuzli i przeniesienie działalności górniczej w rejon Tetimy, uchroniło miasto przed dalszymi zniszczeniami. Niemniej jednak, w centrum Tuzli nadal obserwuje się zjawisko subsydencji. Rejon, największego obniżenia powierzchni terenu (o 12 m), został zrehabilitowany poprzez budowę sztucznych jezior, pełniących funkcję rekreacyjną. Dodatkowo, uczestnicy wyprawy pokonując trasę o długości ponad 2000 km, mieli okazję zapoznać się z różnorodnymi atrakcjami geoturystycznymi rejonu Bałkanów, w szczególności z efektami działania procesów krasowych w archipelagu wysp Kornati w Chorwacji czy Jaskini Postojnej na Słowenii.

Słowa kluczowe: Górnictwo solne, Bośnia i Hercegowina, Tuzla, złoża soli Tetima, szkody górnicze

ABSTRACT

To learn about the history of salt exploitation and the current status of salt mining operations in the area of Tuzla was the objective of the subsequent scientific expedition of the Polish Salt Mining Association (PSMA), which took place in May 2016. Salt mining operations in Bosnia and Herzegovina are mainly based around the town of Tuzla in the north-eastern region of the country. At the moment, salt exploitation takes place through solution mining from the Tetima deposit, ca. 10 km away from Tuzla. An underground “Tušanj” salt mine used to operate in Tuzla previously, along with uncontrolled salt leaching that caused major subsidence of the ground, in itself a significant hazard for the town. Yet, further damage to the town was ultimately avoided by complete discontinuation of salt exploitation in Tuzla and transferring the mining operations to the Tetima area. Nevertheless, subsidence can still be observed in the centre of Tuzla. The area with most significant subsidence has been rehabilitated through development of artificial lakes, serving the recreational purposes. In addition, as the expedition participants covered the +2000km long route, they had the opportunity to observe the various geotourism attractions of the Balkans, particularly the effects of karst processes at the Kornati Archipelago (Croatia) and Postojna Cave (Slovenia).

Keywords: Salt mining, Bosnia and Herzegovina, Tuzla, Tetima salt deposit, mining damages

WSTĘP

Górnictwo solne w Bośni i Hercegowinie, podobnie jak i w Polsce, ma wielowiekową tradycję. Rejon północno-wschodniej Bośni, między innymi ze względu na istniejące tu liczne słone źródła, stanowił atrakcyjne miejsce dla rozwoju osadnictwa już od czasów neolitu. Wzmianki o solnym mieście pojawiają się także w zapiskach Konstantyna Porfirogenety, cesarza Bizancjum w X w. Potencjał surowcowy tego obszaru docenili przybyli na te ziemie w XV w. Turcy, którzy rozpoczęli eksploatację solanek w zorganizowany sposób. U podnóża Gór Majewica, stworzyli centrum przemysłowe, którego nazwa – Tuzla, pochodzi od tureckiego słowa Tuz, czyli sól. Miasto szybko stało się ważnym ośrodkiem produkcji soli w tej części Imperium Osmańskiego. Rozwój górnictwa przyspieszył wraz z zajęciem tych terenów przez Monarchię Austro-Węgierską pod koniec XIX w. Przez kolejne 100 lat intensywne prace górnicze i spowodowane nimi szkody doprowadziły do poważnych następstw dla miasta i jego mieszkańców. Trudne czasy dla Bośni, związane z wojną w latach 1992-1995, spowodowały, że przemysł solny dopiero od dekady przeżywa swój ponowny, szybki rozwój, przy czym zagrożenia związane z dawną eksploatacją zostały w dużym stopniu zażegnane.

Zapoznanie się z m stanem górnictwa solnego w Bośni i Hercegowinie, w tym ze stosowanymi technikami eksploatacji było celem kolejnej wyprawy naukowej Polskiego Stowarzyszenia Górnictwa Solnego, która trwała od 25 do 29 maja 2016 r. Oprócz celu podstawowego, uczestnicy seminarium, mieli okazję zapoznać się z licznymi atrakcjami

geologicznymi i historycznymi Bałkanów, pokonując w ciągu 4 dni, trasę o długości ponad 2 tysiące kilometrów, biegnącą m.in. wzdłuż wybrzeży Adriatyku, poprzez takie historyczne miasta Chorwacji jak Split, Trogir i Zadar (Ryc. 1). Interesującym aspektem wyprawy było przyjrzenie się zjawiskom krasowym występującym w atrakcyjnym krajobrazowo, archipelagu wysp Kornati w Chorwacji oraz w znanej speleologom Jaskini Postojna na Słowenii.

GÓRNICTWÓ SOLNE W REJONIE TUZLI (BOŚNIA I HERCEGOWINA)

LOKALIZACJA I SYTUACJA GEOLOGICZNA

Przemysł solny w Bośni i Hercegowinie skoncentrowany jest wokół miasta Tuzla w północno-wschodnim rejonie kraju, gdzie prowadzona jest eksploatacja soli metodą otworową z powierzchni oraz zlokalizowane są zakłady chemiczne. Obecnie, Tuzla jest trzecim co do wielkości miastem w Bośni i Hercegowinie (po Sarajewie i Banja Luce) i liczy ok. 160 tys. mieszkańców. Miasto leży u podnóża Gór Majewica z najwyższym szczytem Stolice o wysokości 916 m n.p.m. położonym ok. 16 km na wschód od Tuzli.

Złoża soli w tym rejonie związane są z tzw. Basenem Tuzli, który jest częścią większego Basenu Południowo-Panońskiego zlokalizowanym w obrębie Dynarydów Wewnętrznych. Basen ten, jest jednym ze 150 basenów śródgórskich, powstałych tu w oligocenie po ostatecznym ukształtowaniu się Dynarydów, które miało miejsce w eocenie (faza pirenejska orogenezy alpejskiej). Formacja solna związana z sedimentacją morską facji lagunowej, jest wieku środkowioceńskiego



Ryc. 1. Trasa seminarium naukowego PSGS – Bałkany 2016

Fig. 1. The route of the PSMA scientific expedition – the Balkans 2016

(dolny baden, ok. 15,5 mln lat temu), co zostało potwierdzone badaniami mikropaleontologicznymi (Vrabac i in., 2013), choć inni autorzy podają także dolny miocen – karpac (Hrvatovic, 2006). Kilkukrotne zmiany warunków sedymentacji związane z transgresją i regresją morską mają swoje odzwierciedlenie w budowie wewnętrznej złóż, w którym osady chlorkowe przewarstwione są utworami marglisto-ilastymi oraz dolomitami.

Dokładnie pod miastem, znajduje się eksploatowane już od czasów historycznych złożo soli Tuzla, natomiast w odległości ok. 10 km od centrum, zlokalizowane jest złożo Tetima, na którym operuje otworowa kopalnia soli i którą zwiedzili uczestnicy seminarium.

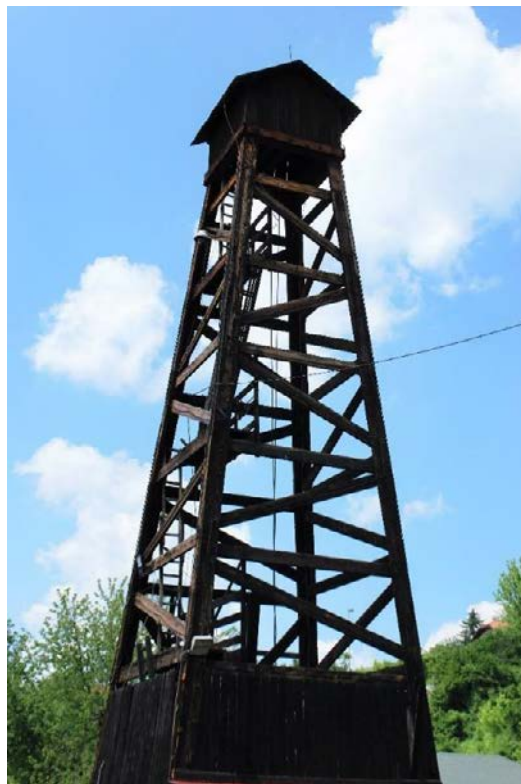
HISTORIA EKSPLOATACJI I PROBLEMY ŚRODOWISKOWE

Początek osadnictwa na tych ziemiach w neolicie można wiązać z istnieniem tu licznych słonych źródeł. W trakcie prac archeologicznych natrafiono na ceramiczne naczynia datowane na 3500 lat p.n.e., które służyły do odparowywania wody z pozyskiwanych solanek. Z czasem, miejsca występowania źródeł zaczęto pogłębiać ujmując solankę płytkimi studniami.

Intensyfikacja produkcji soli miała miejsce po przybyciu Turków w XV w., którzy panowali tu bez przerwy przez ponad 400 lat. Jednak rzeczywisty rozwój przemysłu solnego nastąpił po przejściu władzy nad Bośnią przez Monarchię Austro-Węgierską pod koniec XIX w. W tym czasie powstały tu liczne nowe otwory eksploatacyjne, warzelnie i zakłady chemiczne, m.in. fabryka sody w Lukavacu w 1893 roku. Jest to także tzw. „era niekontrolowanej eksploatacji”, która polegała na ujmowaniu otworami (Ryc. 2) krasowo-szczelinowego systemu przepływu solanek, bezpośrednio nad złożem soli. Jedynie w pierwszym etapie, trwającym do 6 miesięcy, do otworu zatłaczano słodką wodę, w celu powiększenia pustki w obrębie ciała solnego i zwiększenia wydajności odwiertu. Przez następne 100 lat, powstało tu ponad 200 otworów, z których pompowano solankę z głębokości 200-300 m. Bilans tego układu hydrogeologicznego był ujemny, co oznacza, że wydobywano więcej solanki niż wynosiła naturalna odnawialność zasobów. W efekcie czego, wysokość piezometryczna zwierciadła została obniżona o ok. 200 m (Hadzihrustic i in. 2000, Djuric, 2008).

Równocześnie z eksploatacją otworową w NE części złoża w Tuzli, po II Wojnie Światowej, w NW części złoża rozpoczęto prace górnicze w podziemnej kopalni soli „Tušanj”. Na złożo „Tuzla” składały się cztery serie solne tworzące pięć pokładów (I, II, IIIA, IIIB i IV). Eksploatacja prowadzona była zarówno tradycyjną metodą komorowo-filarową w obrębie pokładu II o największej miąższości, jak i przy użyciu ługowania prowadzonego z najniższego poziomu kopalni (ok. 500 m p.p.t.) w dolnej części pokładu II i w pokładzie III (Brańka i in., 1996). Zagospodarowanie złoża w Tuzli odbywało się przy istotnym udziale polskiej myśli technicznej.

Szyby w kopalni „Tušanj” zaprojektowało Biuro Projektów Przemysłu Węglowego - Biuro w Krakowie, a wykonało je Przedsiębiorstwo Budowy Szybów Bytom. Z kolei krakowski Chemkop zaprojektował i nadzorował eksploatację ługowniczą prowadzoną w kopalni, a także wykonywał pomiary echosondą tworzonych kawern.



Ryc. 2. Wieża eksploatacyjna z czasów niekontrolowanego wydobycia soli w Tuzli

Fig. 2. Uncontrolled solution mining well in Tuzla

Ponad 100 letnia niekontrolowana eksploatacja otworowa w Tuzli, doprowadziła do ubytku mas skalnych i zmiany ciśnienia piezometrycznego, co spowodowało powstanie deformacji nieciągłych na terenie miasta. W miejscu najbardziej intensywnej subsydencji powierzchnia terenu obniżyła się o 12 m. Szacuje się, że w tym czasie, ponad 2000 budynków zostało uszkodzonych i wyburzonych a ok. 20 000 mieszkańców zostało przesiedlonych (Djuric, 2008). Pracująca w skrajnie niekorzystnych warunkach hydrogeologicznych kopalnia podziemna, która znajdowała się w obrębie wpływu eksploatacji otworowej, powodowała dodatkowe zagrożenie dla Tuzli. Kiedy w latach 80-tych ubiegłego wieku, deformacje na powierzchni zmusiły władze do zmniejszenia wydobycia solanki w otworach, rozpoczęła się stopniowa odbudowa zwierciadła. Zwiększające się ciśnienie piezometryczne w górotworze powodowało zagrożenie utraty hermeticznosci kopalni, m.in. obserwowano deformację obudowy szybów (Ahmedinovic i in., 2002). W tej sytuacji rozpoczęto poszukiwania nowego miejsca, które przejęłoby ciężar eksploatacji soli w regionie. W 1978 roku odkryto i rozpoczęto



Ryc. 3. Jeziora Panońskie – przykład udanej rekultywacji terenu szkód górniczych (fot. G. Czapowski)
Fig. 3. Pannonian Lakes – successful example of mining damage area rehabilitation (phot. G. Czapowski)

dokumentowanie złoża soli w Tetimie oddalonej o ok. 10 km od Tuzli.

Złoże w Tetimie rozpoczęto eksploatować w sposób nowoczesny metodą ługowniczą (kontrolowanej eksploatacji) w 1992 roku. Niestety, wojna która ogarnęła Bałkany w latach 1992-1995, spowodowała wstrzymanie prac, a ich wznowienie nastąpiło dopiero na początku XXI wieku. Ze względu na zapotrzebowanie na solankę, przez jakiś czas utrzymywana była również eksploatacja otworów w Tuzli. Konieczność ochrony powierzchni terenu spowodowała, że kopalnia podziemna stopniowo była likwidowana poprzez zalewanie. Nie oznacza to, że proces obniżania terenu w Tuzli został całkowicie zatrzymany. Wyniki prowadzonych badań geodezyjnych, wskazują, że w niektórych miejscach teren nadal się obniża z szybkością do 10 cm/rok (Mancini i in., 2009).

W obszarach o największej intensywności subsydencji, czyli w centrum Tuzli, dozwolona jest tylko zabudowa sportowo-rekreacyjna. Problem ten rozwiązano poprzez budowę trzech sztucznych zbiorników wodnych, pełniących funkcję rekreacyjną, o nazwie „Jeziora Panońskie”. Zbiorniki wykonano przy użyciu materiałów naturalnych jak i syntetycznych. Na bezpośrednim podłożu ułożono materiał geosyntetyczny z polietylenu, który następnie pokryto warstwą żwiru, co nadało całości wygląd plaży (Ryc. 3). Powierzchnia największego jeziora wynosi ok. 10 000 m² przy długości 180 m i maksymalnej głębokości 1.6 m. Zasilanie obiektu w solankę i wodę odbywa się za pomocą rurociągów łączących obiekt z Kopalnią „Tetima” jak i sztucznym zbiornikiem wody w Lukavacu. W jeziorach utrzymywane jest stałe zasolenie ok. 35 g/l, czyli podobne do zasolenia w Adriatyku. Powyżej jezior zbudowano „solne wodospady”, które czynią z tego miejsca rodzaj centrum inhalacyjnego. Na terenie kom-

pleksu znajdują się liczne bary oraz restauracja a także małe muzeum archeologiczno-geologiczne. Podczas gorących dni lipcowych, z obiektu korzysta nawet do 10 tys. osób dziennie, a jak podaje spółka Panonika (informacja ze strony www), w zeszłym sezonie kompleks odwiedziło ponad 300 tys. turystów.

WYDOBYCIE SOLI – STAN OBECNY

Po zakończeniu wydobycia w Tuzli, całość eksploatacji soli przejęła kopalnia otworowa w Tetimie. Sytuacja geologiczna, podobnie jak w złożu Tuzla, jest skomplikowana. Złoże soli „Tetima” znajduje się w obrębie mioceńskich osadów morskich wypełniających synklinę Dokanj. Kształt złoża jest soczewkowaty, a jego wymiary to ok. 2000 na 1000 m. Głębokość do stropu złoża wynosi od 400 m w jego południowo-wschodniej części do 1000 m w części północno-zachodniej. Złoże zapada generalnie na zachód pod kątem wynoszącym średnio 16°. Miąższość serii solnej wynosi maksymalnie 150-200 m w centrum złoża i zmniejsza się w kierunku jego granic. Zawartość NaCl w złożu wynosi przeciętnie 92%. Zarówno strop jak i spąg złoża są silnie zaangażowane tektonicznie. W stropie występuje brekcja anhydrytowo-marglista, natomiast spąg tworzą tektonicznie przemieszczone bloki dolomitu z przewarstwieniami anhydrytu. Warunki hydrogeologiczne są niekorzystne. W warstwach stropowych jak i spągowych występują naporowe poziomy wodonośne. Dodatkowo, w NE i E krawędziach złoża, wody stropowego poziomu wodonośnego kontaktują się bezpośrednio z ciałem solnym, co powoduje rozwój procesów subrozcyjnych.

Eksploatacja odbywa się poprzez ługowanie otworami z powierzchni z zastosowaniem izolacji olejowej (Ryc. 4, 5). Urozmaicona morfologia powierzchni (stoki gór Majejica),



Ryc. 4. Głowica ługownicza na złożu soli kamiennej Tetima
Fig. 4. Solution mining wellhead at Tetima salt deposit

powoduje konieczność grupowania placów przyotworowych w klastrach i udostępnienie złoża otworami kierunkowymi, przy czym pierwszy otwór jest pionowy. Podstawową techniką ługowania jest metoda ługowania bocznego w wariacie zbliżonych butów rur. Standardowy zestaw wolno wiszących kolumn eksploatacyjnych stanowią rury 7" i 4 1/2". W ostat-

nim czasie rozpoczęto pracę nad rozwojem nowej metody ługowania boczno-stropowego mającego na celu ograniczenie utraty medium izolującego oraz przyspieszenie osiągnięcia pełnego nasycenia solanki (Suścic i in., 2015). W tym celu zaproponowano m.in. zmniejszenie średnicy wrębu w pierwszym etapie ługowania komory, co ma na również celu zmini-



Ryc. 5. Instalacje w budynku aparatury kontrolno-pomiarowej. Kopalnia Soli „Tetima”
Fig. 5. Instalations at controlling & measuring building. Salt mine “Tetima”



Ryc. 6. Perystyl – centralny dziedziniec w Pałacu Dioclecjana (fot. G. Czapowski)
Fig. 6. Peristilium – central court in the Diocletian's Palace (phot. G. Czapowski)

malizowanie ryzyka kontaktu wyrobiska z przemieszczonymi blokami skał spągowych. W pracach związanych z „Tetimą” od lat uczestniczy krakowski OBRSch Chemkop.

W 2012 roku produkcja soli w Bośni i Hercegowinie wyniosła 862 tys. ton i systematycznie wzrasta w porównaniu do

poprzednich lat. W 2008 roku produkcja wyniosła 555 tys. ton, a rok później już ponad 662 tys. ton. (dane za USGS, 2012). Zastosowanie nowoczesnych technologii ługowania, współpraca zagraniczna a także pojawianie się nowych rynków zbytu na produkty solne w regionie (m.in. w Serbii,



Ryc. 7. Dekoracje w Pałacu Dioclecjana: przywieziony z Egiptu granitowy sfinks mający 3500 lat.
Fig. 7. Decorations in the Diocletian's Palace: 3500-year-old granite sphinx derived from Egypt

Chorwacji, Macedonii), rysuje ciekawe perspektywy dla przemysłu solnego w Bośni. Z rozmów przeprowadzonych z pracownikami firmy Rudnik Soli Tuzla, wynika, że duże nadzieje na rozwój górnictwa solnego w Bośni i Hercegowinie (m. in. rozwój segmentu magazynowania gazu) wiąże się z przyjęciem kraju do Unii Europejskiej. W lutym tego roku, Bośnia i Hercegowina złożyła wniosek o członkostwo w Unii i obecnie oczekuje na przyznanie statusu oficjalnego kandydata. Niemniej jednak, kraj jest nadal podzielony etnicznie i tym samym politycznie, co jest efektem niedawnego konfliktu, o którym pamięć jest cały czas żywa. Mogliśmy się o tym przekonać podczas wieczornego spaceru po Sarajewie, słuchając przy tym relacji miejscowej przewodniczki z życia w oblężonym mieście.

SPLIT, TROGIR I ZADAR – CHORWACKIE MIASTA NAD ADRIATYKIEM

W trakcie podróży przez Chorwację, wzdłuż wybrzeży Adriatyku, w programie seminarium znalazł się czas na krótkie wizyty o charakterze turystycznym w kilku interesujących miastach Dalmacji. Duże wrażenie na uczestnikach zrobił pochodzący z czasów rzymskich Pałac Dioklecjana w Splicie (Ryc. 6). Pałac zbudowano na początku IV w. n.e. dla Cezara Dioklecjana, który osiadł w nim na emeryturze, po swojej abdykacji w 305 r. Budynek, a w zasadzie zespół budynków, otoczonych murem warownym, został zbudowany na bazie prostokąta o wymiarach 214 na 185 metrów. Interesujący jest

fakt, że pierwotnie od strony południowej rezydencja przylegała bezpośrednio do morza, a obecnie od Adriatyku oddziela ją kilkudziesięciu metrowa promenada. Wskazuje to na obniżenie poziomu Morza Adriatyckiego na przestrzeni wieków. Pałac został zbudowany z wapieni i wysokiej jakości marmurów pochodzących z Wysp Brač i Seget. Wykorzystano również występujące w pobliżu tufy oraz cegłę wypalaną w okolicznej Salonie. Do wykonania dekoracji architektonicznych stosowano kamienie pochodzące z różnych rejonów świata, m.in. z Grecji, Azji Mniejszej czy Egiptu (Marasovic i in., 2010). Niektóre dekoracje takie jak granitowe sfinksy (Ryc. 7) czy ozdobne kolumny, zostały bezpośrednio przywiezione z Egiptu. W roku 1979 pałac i zabytkowe centrum Splitu, zostały wpisane na listę światowego dziedzictwa UNESCO.

W odległości ok. 30 km od Splitu, leży urokliwe, 13-tysięczne miasto Trogir, znane ze swojej starówki, również wpisanej na listę światowego dziedzictwa UNESCO. Najciekawsze zabytki znajdują się tu przy Placu Jana Pawła II. Są to m.in. Katedra Świętego Wawrzyńca z XII w. oraz miejska Loggia (XIV w.) służąca jako miejsce rozpraw, gdzie oskarżeni o łamanie prawa sądzeni byli publicznie.

Zatrzymując się na noc w Biogradzie, część uczestników seminarium wybrała się na wieczorne zwiedzanie pobliskiego Zadaru. W tym 90-cio tysięcznym mieście, w jego starej części, panuje nieustannie ożywiona atmosfera. Najsłynniejszym zabytkiem miasta jest rzymskie forum, które zbudowano



Ryc. 8. Klify na wyspie Dugi Otok (w tle Jezioro Mir) (fot. S. Burliga)

Fig. 8. Cliffs on Dugi Otok island (Salt Lake Mir in the background) (phot. S. Burliga)

w I w p.n.e. na którym znajdują się pozostałości antycznych świątyń, m.in. Jupitera, Junony i Minerwy. Forum zostało wykonane na polecenie cesarza Oktawiana Augusta, a wyryta w kamieniu inskrypcja o tym informująca, przetrwała do dziś. Ciekawą atrakcją miasta stanowią tzw. morskie organy zlokalizowane na nabrzeżu. Są to ukryte pod schodami rury, które zostały tak ułożone aby podczas uderzeń fal wydawały dźwięki poprzez otwory zainstalowane na promenadzie. Niestety, tego dnia morze nie było łaskawe dla członków i sympatyków PSGS-u, rzekome dźwięki były ledwo słyszalne.

SŁONE JEZIORO MIR I KRASOWY KRAJOBRAZ ARCHIPELAGU KORNATI

Kolejnym punktem programu seminarium był rejs na Archipelag Kornati, składający się z 147 wysp rozsianych na powierzchni ok. 320 km². Wyspy zbudowane są ze skał węglanowych wieku kredowego (od Barremu do Senonu) (Perica i in., 2004). Celem wyprawy była Zatoka Telašćica znajdująca się w południowo-wschodniej części wyspy Dugi Otok. Ta malownicza Zatoka wciną się w głąb wyspy na ok. 8 km. Ze względu na walory krajobrazowe w 1988 roku utworzono tu Park Przyrodniczy (Nature Park Telašćica). Południowy brzeg wyspy Dugi Otok, od strony otwartego morza, stanowią strome klify o wysokości do 160 m (Ryc. 8). W południowo-wschodniej krawędzi wyspy znajduje się słone Jezioro Mir, które powstało po ostatniej epoce lodowcowej, jako efekt zalania wodą morską zapadliska krasowego przy wysokim sta-

nie Adriatyku. Ze względu na niewielką powierzchnię jeziora (ok. 0.23 km²) i maksymalną głębokość do 7 m, zasolenie jest nieco wyższe niż w otwartym morzu i wynosi do 42 g/l (Žic i in., 2012). Temperatura wody jest również, o ok. 2°C wyższa niż Adriatyku, co powoduje, że jezioro jest licznie odwiedzane przez turystów.

Jezioro Mir (Ryc. 9) jest izolowane od Morza Adriatyckiego pakietem skał wapiennych o grubości ok. 90 m. Nie jest znane żadne połączenie podziemne (typu tunel) pomiędzy tymi zbiornikami, co powoduje, że zasilanie jeziora wodą morską jest bardzo ograniczone i związane jest głównie z jej przelewaniem się podczas sztormów przez południowy brzeg jeziora (Mlakar i in., 2015). Badania hydrochemiczne prowadzone na Jeziorze Mir (Žic i in., 2012), potwierdzają niemal zupełną izolację tego zbiornika od wód otwartego morza. W szczególności, zawartość jodu w wodzie jeziornej jest niemal czterokrotnie mniejsza niż w wodach Adriatyku. Na południowym brzegu jeziora, w miejscu gdzie brak jest roślinności, widoczne są liczne formy krasu powierzchniowego, m.in. karry typu sieciowego (z ang. *network-type karren*) utworzone na wyeksponowanych powierzchniach uławicenia skał wapiennych.

JASKINIA POSTOJNA – WYJĄTKOWY PRZYKŁAD KRASU DYNARSKIEGO

Opuszczając region Bałkanów, w drodze powrotnej do Krakowa, zwiedziliśmy słynną Jaskinię Postojną na Słowenii.



Ryc. 9. Słone Jezioro Mir na wyspie Dugi Otok
Fig. 9. Salt Lake Mir on Dugi Otok island



Ryc. 10. Draperie naciekowe w Jaskini Postojnej (fot. G. Czapowski)

Fig. 10. Cave drapery in the Postojna (phot. G. Czapowski)

Jest to jedna z najczęściej odwiedzanych jaskiń na świecie, która przyciąga blisko 0.5 mln turystów rocznie (Sebela i in. 2014). Długość korytarzy przekraczająca 20 km, plasuje ją na pierwszym miejscu pod względem wielkości wśród jaskiń w rejonie klasycznego krasu słoweńskiego. Jaskinia została udostępniona do zwiedzania w 1881 roku, chociaż znaleziono ślady bytowania ludzi z epoki paleolitu, a pierwszy napis na ścianie jaskini pochodzi z XIII w. System jaskiniowy rozwinął się w wapieniach górnokredowych. Na podstawie datowań nacieków, szacuje się, że system był już aktywny prawie 1 mln lat temu (Sebela, 2012). Wejście do jaskini znajduje się na rzędnej wysokości 529.5 m n.p.m., natomiast 18.5 metra niżej znajduje się ponor rzeki Pivka. Trasa turystyczna prowadzi starym korytarzem wydrążonym przez rzekę. W jaskini można podziwiać imponujące formy skalne typu kolumny naciekowe, stalaktyty, stalagmity i draperie (Ryc. 10). Jaskinia Postojna znana jest z bogactwa fauny, gdyż żyje tu 37 różnych gatunków zwierząt, w tym osobliwy płaz *Proteus anguinus* (Odmieniec jaskiniowy). Około dwu godzinne zwiedzanie (przy czym większość trasy pokonuje się kolejką) zakończyliśmy w sali koncertowej, w której znajduje się pod-

ziemny urząd pocztowy, działający tu od 1899 roku. Jaskinia Postojna jest obiektem wielu badań naukowych z różnych dziedzin m.in. hydrologicznych, geofizycznych, mikrotektonicznych, biologicznych, klimatycznych i innych.

PODSUMOWANIE

Seminarium wyjazdowe na Bałkany, mimo intensywnego programu, było bardzo udane. Szczególne powody do zadowolenia dała możliwość przyjrzenia się pracy kopalni soli w Tetimie, w której wiele rozwiązań przypomina te znane z kopalń w Górze czy Mogilnie. Nic dziwnego, skoro w projekt i budowę zakładu od początku zaangażowani byli pracownicy OBRSch Chemkop. Z ust pracowników firmy Rudnik Soli Tuzla, usłyszeliśmy słowa uznania pod adresem krakowskiej firmy. Na autorze niniejszego tekstu duże wrażenie zrobiło rozwiązanie problemu posadowienia instalacji ługowniczych i transportowych w trudnym, górzystym terenie. Trzeba również podkreślić gościnność z jaką zostaliśmy przyjęci przez dyrekcję kopalni, w szczególności zaś przez naszego przewodnika po zakładzie i historii górnictwa solnego w rejonie Tuzli, Pana Amira Sušica.

LITERATURA / REFERENCES

- AHMEDINOVIC R., HADZIHRUSTIC I., BIKEDIC D., 2002. The planned flooding of the salt-works „Tušanj” in Tuzla, Bosnia and Herzegovina. SMRI 2002 Fall Meeting. Bad Ischl (Austria), October 6-10, 2002.
- BRANĀKA S., KIRMIC A., 1996. Method of controlled blanket-free leaching of salt deposits. SMRI 1996 Spring Meeting. Houston (TX), April 15-16, 1996.
- DJURIC N., 2008. Ending the 100 years salt water industrial exploitation in mineral salt site in Tuzla. In: Rapantova N. & Hrkal Z.: *Mine Water and the Environment*. Ostrava (VSB – Technical University of Ostrava).
- HADZIHRUSTIC I., ORUC E., IBRELJIC I., 2000. The controlled exploitation ceasing of unprofitable and destabilised salt deposit in a water saturated massif. 8th World Salt Symposium. The Hague, May 7-11, 2000. Abstract Volume II: 1167-1169.
- HRVATOVIĆ H., 2006. Geological Guidebook through Bosnia and Herzegovina. Geological Survey of Federation of Bosnia and Herzegovina. Sarajevo.
- MANCINI F., STECCHI F., GABBIANELLI G., 2009. GIS-based assessment of risk due to salt mining activities at Tuzla (Bosnia and Herzegovina). *Engineering Geology* 109: 170-182.
- MARASOVIĆ K., MATETIĆ-POLJAK D., 2010. The use of decorative stone in Diocletian's Palace in Split. *Historia Antiqua* 19: 89-100.
- MLAKAR M., FIKET Ž., GEČEK S., CUKROV N., CUCULIĆ V., 2015. Marine lake as in situ laboratory for studies of organic matter influence on speciation and distribution of trace metals. *Continental Shelf Research* 103: 1-11.
- NEZIROVIĆ S., 2016. Revitalization of degraded areas of the Tuzla basin and forming artificial lakes in the function of tourism development. *Aerul si Apa. Componente ale Mediului* (4248). Babes Bolyai University, Faculty of Geography, Department of Physical and Technical Geography, Cluj-Napoca.
- PERICAD., MARJANAC T., ANIČIĆ B., MRAK I., JURAČIĆ M., 2004. Small karst features (karren) of Dugi Otok island and Kornati archipelago coastal karst (Croatia). *Acta Carsologica* 33/1: 118-129.
- SUŠIĆ A., HODŽIĆ A., NUHANOVIĆ S., MILJANOVIĆ J., 2015. New leaching method on the rock salt deposit „Tetima” near Tuzla. *Mining and Metallurgy Engineering Bor* 1.
- ŠEBELA S., 2012. Postojna-Planina cave system, Slovenia. *Encyclopedia of Caves*. Elsevier, 618-624.
- ŠEBELA S., TURK J., 2014. Natural and anthropogenic influences on the year-round temperature dynamics of air and water in Postojna show cave, Slovenia. *Tourism Management* 40: 233-243.
- USGS 2012 Minerals Yearbook, Bosnia and Herzegovina, www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country, www.panonika.ba – Strona firmy zarządzającej kompleksem „Jeziora Panońskie”
- VRABAC S., FERHATBEGOVIĆ Z., DULOVIĆ I., JAHIĆ A., 2013. Biostratigraphic characteristics of the Badenian and Sarmatian of the rock salt deposit Tetima near Tuzla. International Workshop: Neogene and Quaternary Stratigraphy – Actual Terminology and Nomenclature. Belgrade, September 20, 2013. Abstract Volume: 15-17.
- ŽIC V., TRUESDALE V.W., GARNIER C., CUKROV N., 2012. The distribution of iodine in the Croatian marine lake, Mir – The missing iodate. *Eustarine, Coastal and Shelf Science* 115: 377-387.