Marek POZZI, Henryk KLETA Politechnika Śląska, Gliwice

GEOMECHANICZNE PROBLEMY ZABUDOWY TERENÓW PO GÓRNICTWIE RUDNYM NA PRZYKŁADZIE REJONU TARNOWSKICH GÓR

Streszczenie. Na terenach pogórniczych należy często dokonywać oceny możliwości zabudowy z uwagi na istniejące wyrobiska górnicze i możliwości deformacji powierzchni terenu. W artykule przedstawiono przykład takiej oceny dla niewielkiego obszaru w Tarnowskich Górach, w miejscu dawnej eksploatacji rud cynku i ołowiu. Ocenę przeprowadzono w oparciu o modelowanie komputerowe geomechanicznych własności górotworu z wykorzystaniem metodyki GSI.

GEOMECHANICAL PROBLEMS BUILDING SITES AFTER MITING ORE FOR EXAMPLE TARNOWSKIE GÓRY AREA

Summary. In areas after miting be frequently evaluate the possibility of building because of the existing underground excavations and risk of deformations on the surface area. The article is an example of such an assessment to a small area in the city Tarnowskie Gory in place of former ore Zn-Pb exploitation. The assessment was carried out bassed on computer modeling of geomechanical property of rock massif using Geological Streinght Index (GSI) procedure.

1. Wstęp

Budowa na terenie pogórniczym wymaga szczególnego potraktowania procesu projektowego. Dawna eksploatacja kopalin spowodowała powstanie pustek w górotworze, podlegających procesom reologicznym, prowadzących nieraz do ich samolikwidacji z widocznymi zmianami na powierzchni terenu oraz zmianami sytuacji geologiczno-

inżynierskiej i hydrogeologicznej górotworu. W procesie projektowym należy uwzględnić, zwłaszcza w przypadku płytkiej eksploatacji, zaszłości historycznych eksploatacji kopalin i zmiany warunków występowania wód podziemnych.

W niniejszym artykule przedstawiono ocenę geologiczno-górniczą terenu o powierzchni około 2 ha, położonego w Tarnowskich Górach, przeznaczonego pod zabudowę jednorodzinną, a zlokalizowanego w obszarze dawnej, płytkiej eksploatacji rud kruszców, prowadzonej do początków XX wieku i objętej obecnie ochroną Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków. W tym rejonie prowadzono eksploatację podziemną rud Zn-Pb oraz odkrywkowo rud limonitowych- żelaziaków brunatnych.

W procesie administracyjnym uzgadniania projektu decyzji o warunkach zabudowy dla inwestycji konieczne było przeprowadzenie oceny, czy pozostałości po dawnej, płytkiej eksploatacji mogą oddziaływać na obiekty budowlane na powierzchni oraz czy inwestycja, polegająca na budowie domu jednorodzinnego, sieci wodociągowej i sieci kanalizacyjnej może oddziaływać na stan zachowania wyrobisk, mogących znajdować się pod powierzchnią terenu.

2. Lokalizacja rejonu badań

Działka zlokalizowana jest w Tarnowskich Górach pomiędzy ulicami: Szczęść Boże, od strony płn.-wsch., Stanisława Staszica od strony zachodniej, Wodociągowej od strony południowej. W odległości około 550 m na wschód od działki znajduje się Kopalnia Zabytkowa i Skansen Maszyn Parowych, natomiast w odległości około 80 m na południe Ujęcie Wody "Staszic", należące do GPW w Katowicach.

3. Budowa geologiczna

3.1. Morfologia terenu

Omawiany obszar znajduje się na terenie Wyżyny Śląskiej. Powierzchnia terenu znajduje się na maksymalnej wysokości około 309 m. n. p. m., przy czym jest zróżnicowana pod

względem wysokościowym. W północnej części działki występują liczne formy antropogeniczne w postaci dołów lub szybików, pozostałości po kopalnictwie rud żelaza oraz wzniesienia powstałe z rumoszu wapiennego, obecnie w większości słabo widoczne ze względu na ich likwidację. W środkowej i południowej części działki znajdują się dwa betonowe bunkry z początków XX w. Od strony północnej i zachodniej teren działki graniczy z nasypem pod linią kolejową, której tory zostały usunięte.

3.2. Litostratygrafia

W budowie geologicznej rejonu Tarnowskich Gór, rozpoznanej do głębokości około 900 m, wyróżnia się utwory czwartorzędowe, triasu i karbonu produktywnego [1].

Osady czwartorzędowe reprezentowane są przez utwory plejstoceńskie, związane ze zlodowaceniem południowo- i środkowopolskim. Są to głównie gliny i piaski różnoziarniste, stanowiące częściowe przykrycie GZWP Bytom w części północno-zachodniej i południowej.

Na terenie działki utwory czwartorzędowe reprezentowane są tylko przez warstwę gleby niewielkiej grubości.

Trias reprezentowany jest przez osady wapienia muszlowego i pstrego piaskowca.

Wapień muszlowy górny - warstwy tarnowickie

Są to dolomity margliste, pelityczne, niekiedy oolityczne o oddzielności płytkowej, o miąższości dochodzącej do 30 m.

Środkowy wapień muszlowy - dolomit diploporowy

Składa się z serii warstw o łącznej miąższości 25-30 m. Są to szarożółte zwarte dolomity, przewarstwione szarożółtawym oolitycznym dolomitem. Zwarty dolomit zawiera liczne i małe kawerny, podczas gdy warstwy oolityczne mają charakter porowaty. Środkowy wapień muszlowy jest szeroko rozprzestrzeniony na powierzchni we wschodniej części triasowej Niecki Bytomskiej, a także na północny wschód od Będzina. Występuje niemal na całym obszarze Niecki Tarnogórskiej.

Dolomity kruszconośne

Warstwy gorazdeckie, terebratulowe i karchowickie uległy silnej dolomityzacji. Utwory te określa się jako dolomity kruszconośne. Występują najczęściej pod dolomitami diploporowymi, także bezpośrednio pod utworami czwartorzędowymi. Górna granica dolomitów kruszconośnych nie jest stała i często trudna do ustalenia, zwłaszcza między dolomitami kruszconośnymi a diploporowymi. Dolomity kruszconośne są zbudowane z dolomitów krystalicznych barwy od jasno- do ciemnoszarej oraz brunatnej lub żółtej w przypadku skał zwietrzałych. Miąższość dolomitów kruszconośnych waha się w granicach 10-30 m.

Wapień muszlowy dolny – warstwy gogolińskie

Wykształcone są jako wapienie zbite, częściowo krystaliczne, w górnych partiach margliste z wkładkami wapieni zdolomityzowanych i wapieni zlepieńcowatych oraz margli. *Pstry piaskowiec*

Wykształcony w postaci utworów retu - wapieni, margli, dolomitów z wkładkami iłów oraz niżej ległych piasków, żwirów z wkładkami iłów pstrych. Sumaryczna grubość utworów wapienia muszlowego wynosi około 80 m, retu - około 30.

Bezpośrednio pod utworami triasu występują osady karbonu produktywnego, wykształcone w facji piaskowcowej, często zlepieńcowej oraz mułowcowej i iłowcowej i zawierają liczne, bilansowe pokłady węgla, w dużej części wyeksploatowane. Sumaryczna grubość rozpoznanych utworów karbonu wynosi około 800 m.

3.3. Tektonika

Analizowany rejon znajduje się w centralnej części Niecki Tarnogórskiej, stanowiącej fragment większej struktury synklinalnej Bytom-Brodła.

3.4. Warunki górnicze

Analizowany obszar znajduje się w obrębie byłego pola górniczego Z. Froche Zukunft, utworzonego w obrębie dawnej Królewskiej Kopalni Rud Ołowiu i Srebra "Fryderyk", funkcjonującej w latach 1784-1934 [3]. Rozpatrywany obszar znajduje się poza zasięgiem wpływów kopalń węgla kamiennego [6].

Wzdłuż zachodniej granicy działki przebiega sztolnia "Fryderyk" ("Sztolnia Fryderyk Głęboka"), oddana do użytku w XIX w (1834 r.), której zadaniem było odwadnianie górotworu dla potrzeb eksploatacji rud w Kopalni "Fryderyk". Jak wynika z przekrojów i map górniczych, zamieszczonych w *Atlasie* [4], arkusz nr 10-Repty, rzędna spagu tego

wyrobiska znajduje się na wysokości 257,6-258,0 m n.p.m [3]. Na analizowanym terenie znajduje się zatem na głębokości około 45-40 m. Sztolnia posiada następujące wymiary: szerokość- 1,5 -3.0 m, wysokość- 3,0-6,0 m, kształt wyrobiska jest sklepieniowy. Do sztolni "Fryderyk" dochodzą wyrobiska (chodniki) o przebiegu równoleżnikowym, z których jedno przebiega przez obszar działki.

Ponadto na terenie działki znajdują się pozostałości po kopalnictwie rud limonitowychżelaziaków brunatnych w postaci zgłębień terenu i nasypów z rumosza wapiennego. Ślady wybierania rud żelaza pozostają jeszcze widoczne w postaci zagłębień terenu i nasypów. Teren jest jednak niwelowany, z wykorzystaniem rumoszu wapiennego nasypów.

4. Warunki hydrogeologiczne

Analizowany teren znajduje się pod względem hydrograficznym w granicy dorzecza Odry i odwadniany jest przez Dramę – prawobrzeżny dopływ Kłodnicy.

Obraz warunków hydrogeologicznych jest zdeterminowany głównie dwoma czynnikami: naturalnym i działalnością górniczą. Budowa geologiczna sprzyja istnieniu kilku poziomów wodonośnych.

Poziom wodonośny czwartorzędowy- ze względu na niewielką miąższość utworów czwartorzędowych na analizowanym terenie brak jest retencji wód opadowych, które infiltrują do utworów triasowych.

Triasowe piętro wodonośne rejonu niecki bytomskiej stanowi zasobny zbiornik wód podziemnych. Analizowany rejon znajduje się w granicach Głównego Zbiornika Wód Podziemnych Bytom nr 329 [6,10]. Jest to zbiornik zamknięty, szczelinowo – krasowy, hydrogeologicznie częściowo zakryty, intensywnie drenowany wyrobiskami górniczymi kopalń rud Zn - Pb, węgla kamiennego oraz ujęciami studziennymi. W rejonie tym dominują wody typu Id (o podwyższonej twardości i zawartości NO₃⁻). Zbiornik GZWP Bytom ma głównie granice tektoniczno – erozyjne, jedynie w części zachodniej i północno – zachodniej są to granice wyznaczone przez wododziały podziemne.

W utworach węglanowych triasu wyróżnić można dwa, w zasadzie odizolowane od siebie, poziomy wodonośne, posiadające charakter szczelinowo-krasowy [6]:

Poziom wodonośny wapienia muszlowego obejmował serię wapieni dolomitycznych i dolomitów kruszconośnych o łącznej miąższości maksymalnej około 60 m. Seria ta jest silnie porowata, partiami zbrekcjonowana, silnie kawernista, spękana i stwarza bardzo dogodne warunki do gromadzenia i przewodzenia wody. Opisany poziom izolują od spodu iły witriolowe i marglisto - wapienne, górna część warstw gogolińskich. Przyjmuje się, że w warunkach naturalnych zwierciadło wody poziomu wapienia muszlowego występowało na rzędnej około + 265 m n.p.m. Zasilanie tego poziomu odbywa się przez utwory czwartorzędowe lub bezpośrednio przez wychodnie warstw Triasu.

Poziom wodonośny retu ma zdecydowanie większe rozprzestrzenienie. Poziom ten jest wykształcony w postaci wapieni gruboławicowych silnie spękanych dolnych warstw gogolińskich oraz wapieni jamistych i utworów dolomityczno - marglistych retu o łącznej miąższości około 30 m. Utwory te cechuje dobrze rozwinięty system szczelin i kawern, co stwarza dogodne warunki do szybkiej cyrkułacji wód.

Eksploatację wód podziemnych systemu wodonośnego zbiornika Bytom prowadzi się ujęciami studziennymi należącymi m. in. do Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągowego w Tarnowskich Górach (najbliższe ujęcie znajduje się w odległości około 80 m na południe od rejonu działki, w szybie "Staszic" (dawniej "Adolph") dawnej kopalni rud Zn-Pb w Reptach Śląskich, Oddział Produkcji Wody "Staszic") oraz w ramach odwodnienia nieczynnych od końca lat osiemdziesiątych kopalń rud Zn-Pb szybem "Bolko" (środkowa i południowa część zbiornika GZWP Bytom).

Jakość wód jest główną przyczyną ich nieprzydatności do celów komunalnych czy nawet przemysłowych. Z tego powodu ponad 58% ujmowanych wód zbiornika nie może być wykorzystywana i jest zrzucana do cieków powierzchniowych.

W rejonie działki wody drenowane są głęboką sztolnią "Fryderyk" i trafiają do rzeki Dramy.

W analizowanym rejonie zwierciadło wody poziomu triasowego znajduje się na głębokości około 40 - 50 m. Poziom wodonośny wapienia muszlowego w praktyce nie występuje na skutek drenażu starymi zrobami porudnymi. Jednocześnie występuje łączność hydrauliczna pomiędzy poziomem wapienia muszlowego i retu, powodując obecność jednego poziomu wodonośnego, drenowanego przez studnię zlokalizowaną w szybie "Staszic [3].

5. Geomechaniczne uwarunkowania dla powierzchni terenu wynikające z istnienia sztolni "Fryderyk"

5.1. Ogólne warunki występowania zapadlisk na powierzchni terenu

Zagrożenie związane z występowaniem na powierzchni terenu deformacji nieciągłych typu powierzchniowego najczęściej związane jest z istnieniem w górotworze pustki – niezlikwidowanego wyrobiska, która ulega zawałowi z wytworzeniem sklepienia ciśnień [2, 4]. Przyjmuje się, że wokół pustki wytwarza się strefa skał odprężonych, w której skały ulegają spękaniu, a następnie rozkruszeniu i opadają na dno pustki, tworząc strefę zawału. Nad pustką pierwotną wytwarza się sklepienie ciśnień utrzymujące skały nadległe w stanie pierwotnych naprężeń, a jego wysokość jest zależna głównie od wymiarów pustki pierwotnej i własności masywu skalnego. W wyniku rozkruszenia się skał rośnie ich objętość, a tworząca się pustka wtórna może "wędrować" ku powierzchni terenu. W przypadku gdy miąższość zwięzłego masywu skalnego jest odpowiednio duża, to pustka wtórna może ulec samopodsadzeniu, a na powierzchni terenu nie wystąpią deformacje nieciągłe typu powierzchniowego. Jednakże, gdy wysokość strefy spękań jest większa od miąższości zwięzłego masywu skalnego, wówczas pustka wtórna ujawni się na powierzchni terenu lub bezpośrednio pod spągiem luźnych warstw nadkładu, w wyniku czego na powierzchni terenu powstanie deformacja nieciągła [2].

5.2. Założenia numerycznej oceny możliwości utraty stateczności sztolni "Fryderyk" w aspekcie potencjalnego zagrożenia deformacjami nieciągłymi powierzchni terenu

Zagrożenie deformacjami nieciągłymi powierzchni terenu spowodowanych utratą stateczności wyrobisk zlokalizowanych na małej głębokości zależy od szeregu czynników, a w szczególności od [2, 4]:

- głębokości położenia wyrobiska,
- budowy geologicznej masywu skalnego,
- własności fizykomechanicznych skał,
- warunków hydrogeologicznych,
- zagospodarowania powierzchni terenu.

Określenie potencjalnego zagrożenia ze strony sztolni "Fryderyk" w aspekcie deformacji nieciągłych oparto na wykorzystaniu metody numerycznej. Zagrożenie z tytułu utraty stateczności sztolni "Fryderyk" określono na podstawie oceny wielkości współczynnika stateczności układu geomechanicznego metodą redukcji wytrzymałości na ścinanie [9].

W tej metodzie zakłada się, że utrata stateczności układu geomechanicznego w wyniku zniszczenia masywu skalnego wywołana jest stopniowym obniżeniem parametrów wytrzymałościowych masywu skalnego. W metodzie tej określa się minimalną wielkość współczynnika stateczności FS_{min}, będącego swoistym współczynnikiem bezpieczeństwa.

Współczynnik stateczności (FS) układu geomechanicznego jest obliczany jako stosunek wielkości (tg φ , c, R_r) określonych dla materiału budującego masyw skalny do wielkości (tg φ_{f} , c_f, R_{rf}), przy których dochodzi do utraty jego stateczności, co wyraża zależność:

$$FS = \frac{tg\varphi}{tg\varphi_f} = \frac{c}{c_f} = \frac{R_r}{R_{rf}}$$

gdzie:

 ϕ – kąt tarcia wewnętrznego masywu skalnego,

c - spójność masywu skalnego,

Rr – wytrzymałość na rozciąganie,

φ_f, c_f, R_{rf} – wielkości, przy których dochodzi do utraty stateczności.

Przebieg obliczeń współczynnika stateczności uzależniony jest od przyjętego modelu. Jeżeli modelowany masyw skalny jest niestateczny, w kolejnych iteracjach parametry wytrzymałościowe są zwiększane aż do uzyskania modelu statecznego i odwrotnie w przypadku masywu skalnego statecznego – parametry są stopniowo obniżane aż do utraty stateczności modelu.

Przyjęto, że dla bezpiecznego stanu układu geomechanicznego minimalna wielkość wskaźnika stateczności wynosi $FS_{min} \ge 1,5$. Obliczenia wykonano metodą elementów skończonych za pomocą programu Phase², dla płaskiego modelu masywu skalnego z wyrobiskiem i obciążeniem na powierzchni terenu. Przyjęte obciążenie nad wyrobiskiem na powierzchni terenu symuluje obciążenie od zagospodarowania terenu, np. ciężar od posadowionego budynku. W obliczeniach numerycznych przyjęto trzy etapy stanu naprężeniowego, a mianowicie etap pierwszy – wpływ pierwotnego stanu naprężenia, etap

drugi – wpływ wykonania wyrobiska i etap trzeci – zadanie obciążenia nad wyrobiskiem na powierzchni terenu. Obliczenia wykonano zakładając, że masyw skalny odpowiada modelowi Coulomba-Mohra, a wytrzymałość masywu skalnego w strefie zniszczenia została uwzględniona poprzez zmianę spójności. Spójność masywu skalnego cp w strefie zniszczenia dla poszczególnych modeli obliczeniowych była przyjmowana jako cp=c (model obliczeniowy I), cp=0,5c (model obliczeniowy II), cp=0,25c (model obliczeniowy III, gdzie c – spójność masywu skalnego w strefie sprężystej).

Dobór parametrów obliczeniowych dokonano, z uwzględnieniem złożoności budowy geologicznej masywu skalnego w rejonie sztolni "Fryderyk", gdzie dolomity i wapienie budujące triasowy masyw skalny w tym rejonie cechują się zmiennymi parametrami wytrzymałościowymi. Skały te są lokalnie zwięzłe i mało spękane lub mało zwięzłe, zwietrzałe i silnie spękane. Z tych względów obliczenia numeryczne przeprowadzono dla szerokiego zakresu prawdopodobnych własności wytrzymałościowych triasowego masywu skalnego w przedmiotowym rejonie.

Tablica 1

		d		· · · · · ·	
Obliczeniowy wariant masywu skalnego	GSI	Wytrzymałość na rozciąganie masywu skalnego, [MPa]	Spójność masywu skalnego, [MPa]	Kąt tarcia wewnętrznego masywu skalnego, [stopnie]	Spójność masywu skalnego w strefie zniszczenia, [MPa]
Ι	50	0.115	2.490	30.52	2.490
	40	0.054	2.116	27.57	2.116
	30	0.026	1.760	24.60	1.760
	20	0.012	1.383	21.49	1.383
II	50	0.115	2.490	30.52	1.245
	40	0.054	2.116	27.57	1.058
	30	0.026	1.760	24.60	0.880
	20	0.012	1.383	21.49	0.692
III	50	0.115	2.490	30.52	0.623
	40	0.054	2.116	27.57	0.529
	30	0.026	1.760	24.60	0.440
	20	0.012	1.383	21.49	0.346

Parametry obliczeniowe masywu skalnego zbudowanego z węglanowych
utworów triasowych w rejonie sztolni "Fryderyk"

Do obliczeń przyjęto średnią wytrzymałość na ściskanie $R_c = 50$ MPa, typową dla węglanowych utworów triasowych [8] oraz wskaźnik GSI z przedziału od wartości 20 do 50,

pozwalający transponować wytrzymałość próbek skalnych na wytrzymałość masywu skalnego.

Klasyfikacja masywów skalnych GSI (ang. Geological Strenght Index) jest stosowana dla potrzeb oszacowania wytrzymałości górotworu w zróżnicowanych warunkach geomechanicznych [5,12]. W założeniach tej klasyfikacji przyjęto, że wytrzymałość górotworu zależy od właściwości fragmentów–bloków skalnych i ich możliwości przemieszczania się w różnych warunkach naprężeniowo-deformacyjnych. Parametry masywu skalnego zbudowanego z węglanowych utworów triasowych, określone za pomocą programu RocLab, przedstawiono w tablicy 1.

5.3. Analiza wyników obliczeń numerycznych stateczności sztolni "Fryderyk" z uwzględnieniem zagospodarowania powierzchni terenu

W tablicy 2 zestawiono obliczone wartości współczynnika stateczności FS dla poszczególnych modeli obliczeniowych masywu skalnego w otoczeniu modelowanej sztolni "Fryderyk", po obciążeniu powierzchni w wyniku zagospodarowania przedmiotowego terenu (w obliczeniach przyjęto obciążenie Q=40,5 kN/m², powierzchni terenu nad modelowanym wyrobiskiem na szerokości 20 m). Z obliczeń wynika, że podstawowy wpływ na wielkość współczynnika stateczności FS posiada wielkość parametru GSI oraz spójność masywu skalnego w obrębie strefy zniszczenia w otoczeniu modelowanego wyrobiska (rys. 2).

Tablica 2

Obliczeniowy wariant masywu skalnego	GSI	Współczynnik stateczności FS
	50	13,62
	40	11,83
1	30	9,78
	20	7,93
	50	3,98
11	40	3,74
11	30	3,11
	20	2,75
	50	2,71
Ш	40	2,52
111	30	2,18
	20	1.51

Zestawienie wyników obliczeń współczynnika stateczności FS



Rys. 1. Rozkład współczynnika stateczności FS dla obliczanych modeli masywu skalnego Fig. 1. Schedule for the stability factor (FS), calculated models of rock massif

Jedną z miar zagrożenia utraty stateczności układu geomechanicznego jest rozkład odkształceń postaciowych i kształtowanie się strefy zniszczenia wokół modelowanego wyrobiska [7, 11, 13]. Rozkład największych odkształceń postaciowych w stosunku do wyrobiska i powierzchni terenu wskazuje na położenie potencjalnych linii nieciągłości, które moga być miejscem inicjacji nieciągłości charakterystycznych dla stanów zniszczeniowych w masywach skalnych. Ograniczenie występowania tych stref jedynie do bezpośredniego sasiedztwa wyrobiska, z równoczesnym brakiem ich występowania w rejonie powierzchni terenu na górnej krawedzi modelu numerycznego, wskazuje, że w takim przypadku geomechanicznym może wystąpić jedynie samo podsadzenie wyrobiska, bez powstania deformacji nieciągłej na powierzchni terenu. Wyniki wykonanych obliczeń wskazują, że na powierzchni terenu nie powstanie zagrożenie deformacjami nieciągłymi typu powierzchniowego w przypadku utraty stateczności sztolni "Fryderyk" (rys. 2 i 3).



- Rys. 2. Rozkład odkształceń postaciowych i strefa zniszczenia wokół modelowanej sztolni "Fryderyk", wariant masywu skalnego II, GSI=20
- Fig. 2. Schedule of strain and spread destruction around the drainage adit "Fryderyk", II variant of rock Massie, GSI = 20



- Rys. 3. Rozkład odkształceń postaciowych i strefa zniszczenia wokół modelowanej sztolni "Fryderyk", wariant masywu skalnego II, GSI=40
- Fig. 3. Schedule of strain and spread destruction around the drainage adit "Fryderyk", II variant of rock Massie, GSI = 40

Wyniki obliczeń numerycznych wykazały, że naprężenia masywu skalnego związane z obecnością wyrobiska oraz dodatkowym obciążeniem spowodowanym obecnością obiektów

budowlanych na powierzchni nie wywołają deformacji wyrobiska oraz nie spowodują powstania deformacji nieciągłych na powierzchni terenu.

BIBLIOGRAFIA

- 1. Cempiel E., Pozzi M., Mzyk T.: Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne, w związku z projektowaniem inwestycji mogącej zanieczyścić wody podziemne dla ośrodka sportowo rekreacyjnego Bytom Sucha Góra, Gliwice 2001.
- 2. Chudek M.: Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu. Wyd. Pol. Śl. Gliwice 2002.
- 3. Des Oberschlesischen Erzbergbauers, 1911-1912, Wrocław, Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu.
- 4. Duży S., Kleta H., Plewa F.: Zagrożenie powierzchni ze strony starych zrobów w obszarze likwidowanej kopalni. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 246, Gliwice 2000.
- 5. Hook E., Brown E.T.: Praktical Estimates of Rock Mass Strength. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Vol. 34, no. 8, 1997
- 6. Kleczkowski A.S. (red): Mapa obszarów GZWP w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1 : 500 000, Wyd. AGH, Kraków 1990.
- Kleta H., Lamparski H., Plewa F. Zagrożenie geotechniczne w obrębie płytkiego kopalnictwa zatopionej kopalni węgla kamiennego. Konferencja naukowo-techniczna. VI Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Ustroń 2001.
- Kleta H., Pozzi M.: Stateczność poziomów eksploatacyjnych złoża wapieni w świetle badań geologiczno-inżynierskich i numerycznych. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 271, Gliwice 2006.
- 9. Kleta H., Jendryś M.: Wpływ górniczych odkształceń poziomych na stateczność skarp w świetle analizy numerycznej. Budownictwo Górnicze I Tunelowe, nr 2, Katowice 2007.
- Kowalczyk A., Musiał T.: Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych ujęcia "Staszic" w Reptach Śląskich, ZBU "Intergeo", Sosnowiec 1994.
- 11. Mikoś T.: Metodyka kompleksowej rewitalizacji, adaptacji i rewaloryzacji zabytkowych obiektów podziemnych z wykorzystaniem technik górniczych. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-dydaktyczne, Kraków 2005.
- 12. Pinińska J.: Systemy geologiczno-inżynierskiej oceny skał i masywów skalnych. Przegląd Geologiczny, vol. 49, nr 9, 2001.
- 13. Piwowarski W.: Deformacje pogórnicze generujące proces nieciągły. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 283, Gliwice 2008.