



DARIUSZ IGNACY<sup>1)</sup>  
PIOTR GRUHLIK<sup>2)</sup>

## UNIQUE DESIGN REQUIREMENTS FOR CIVIL ENGINEERING STRUCTURES ON THE SURFACE OF MINING AND POST-MINING AREAS THREATENED BY FLOODING: A CASE STUDY OF A LARGE-SCALE HIGHWAY PROJECT

### ODMIENNOŚĆ PROJEKTOWANIA OBIEKTÓW BUDOWLANYCH NA POWIERZCHNI TERENÓW GÓRNICZYCH ORAZ POGÓRNICZYCH ZAGROŻONYCH ZAWODNIENIAMI NA PRZYKŁADZIE DUŻEJ INWESTYCJI DROGOWEJ

**STRESZCZENIE:** Przedmiotem artykułu jest szczegółowa analiza lokalizacji śląskiego fragmentu autostrady A1 na sztucznie odwadnianym terenie pogórnym „Bytom – Centrum I” i wpływu takiej lokalizacji na zmiany w środowisku wodnym powodowane przez górnictwo. Eksploatacja górnictwa rud oraz węgla kamiennego doprowadziła do znaczących przekształceń hydrogeologicznych oraz hydrologicznych terenu górnego. Trwające od ponad 200 lat odwadnianie złóż oraz powierzchni doprowadziło do powstania głębokiego leja depresji, co skutkuje osuszeniem wielu terenów górnictwa i pogórnictwa całego Górnego Śląska. Te wymuszone warunki wodne środowiska terenów górnictwa często traktowane są jako naturalne. Tymczasem obowiązujące prawo nakazuje przedsiębiorcom górnictwem lub ich następcom prawnym przywrócić w terenie górnym pierwotne naturalne warunki wodne w procesie likwidacji kopalni. Wówczas mogą ulec zatopieniu powierzchnie terenów pogórnictwa zagrożone zawadnieniami. W artykule oceniono wpływ lokalizacji obiektu drogowego na skalę oraz zasięgi obecnego oraz docelowego (po całkowitej likwidacji odwadniania) zawadnienia powierzchni. W końcowej części przeanalizowano i oceniono przepisy prawne, które stanowią podstawę projektowania obiektów budowlanych w terenach górnictwa.

**SŁOWA KLUCZOWE:** oddziaływanie górnictwa, teren górnictwa, teren pogórnictwa, projektowanie obiektów budowlanych, zagrożenie zawadnieniami.

**ABSTRACT:** The subject of this article is a detailed location analysis of the Silesian section of the A1 Highway crossing the artificially drained “Bytom – Centrum I” mine subsidence area and the impact of this location on changes in the aquatic environment caused by mining. Ore and hard coal mining has resulted in significant hydrogeological and hydrological transformation of the mine subsidence area. Over 200 years of drainage of the deposits and the land surface has led to the formation of a deep depression cone resulting in the dewatering of many mining and post-mining areas throughout the entire Upper Silesia region. These artificial water conditions of the mine subsidence area environment are often treated as natural. However, mining entities and/or their legal successors are obliged by law to restore the original natural water conditions in the process of mine closure. This may lead to flooding of post-mining areas threatened by flooding. This article assesses the impact of the location of the highway right-of-way on the scale and extent of current and projected (after the complete cessation of drainage operations) flooding of the land surface. In the final part of the article the authors analyse and assess legal provisions that constitute a legal basis for the design of civil engineering structures in mine subsidence areas.

**KEYWORDS:** design of civil engineering structures, impact of mining, mine subsidence area, post-mining area, threat of flooding.

<sup>1)</sup> Główny Instytut Górnictwa, Pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice, dignacy@gig.eu

<sup>2)</sup> Główny Instytut Górnictwa, Pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice, pgruchlik@gig.eu

## 1. WPROWADZENIE

Ze względu na specyfikę ujawniania się oddziaływania górniczego na powierzchni terenów górniczych, ich zagospodarowanie wymaga odrębnego podejścia niż w przypadku terenów niegórnicych. Działalność górnicza stanowi ingerencję w środowisko, której następstwa są widoczne w obniżeniach oraz odkształceniach powierzchni, jak również w środowisku wodnym w postaci zmian warunków hydrologicznych, hydrogeologicznych oraz geologiczno-inżynierskich. Zmiany te są nieuchronnym skutkiem eksploatacji górniczej. Warunkiem koniecznym prowadzenia wydobywania kopalin jest wymuszone odwadnianie złóż oraz terenów górniczych. Przedsiębiorcy górniczy oprócz stosowania pompowni odwadniających wyrobiska górnicze dodatkowo na powierzchni terenu górniczego budują przepompownie wód powierzchniowych. Ich działanie gwarantuje zabezpieczenie przed wdarciami się wód do kopalń i/lub ochronę przed zawodnieniami konkretnych obiektów zagospodarowania powierzchni.

W terenach górniczych oraz pogórnicych w związku z wymuszonym odwadnianiem powierzchni oraz górotworu nie dochodzi do całkowitego ujawniania się szkód zawodnieniowych. W takich terenach ostateczny zasięg zalewisk oraz podtopień może się ujawnić dopiero po przywróceniu swobodnych przepływów wód (wyłączeniu pompowni). Na podstawie opisanych w [1] badań przeprowadzonych przez Główny Instytut Górnictwa rzeczywisty zasięg zawodnień będzie większy, niekiedy wielokrotnie, od dotychczas ujawnionego. Podobne zjawiska dotyczą tysięcy kilometrów kwadratowych terenów górniczych w wielu krajach na całym świecie [2-5].

Użycie terminu „zagrożenie zawodnieniem” w odniesieniu do powierzchni terenów górniczych i pogórnicych jest związane z założeniem przywrócenia w ich granicach naturalnych swobodnych przepływów wód. O konieczności przywrócenia naturalnych swobodnych przepływów wód w polskim prawie stanowi artykuł 100 ustawy Prawo ochrony środowiska [6]. Wskazuje on, że „każdy, kto czasowo doprowadził do zmiany stosunków wodnych, jest obowiązany do podjęcia działań w celu ich przywrócenia, gdy zmiana ta przestanie być niezbędna”.

W artykule opisano skalę przekształceń warunków hydrologicznych i hydrogeologicznych na przykładzie silnie przeobrażonego terenu górniczego, zagrożonego

## 1. INTRODUCTION

Due to the specific nature of the emergence of mining impact on the surface of mining areas (MAs) and post-mining areas (PMAs), their development requires an approach different than that employed for non-mining areas. Mining activity involves interference into the natural environment, the consequences of which can be seen as subsidence and deformation of the land surface, and in the water environment, revealed as changes in hydrological, hydrogeological, and geological-engineering conditions. These changes are an unavoidable effect of mining exploitation. Forced drainage of deposits and surface of mine subsidence areas (MSAs) is a necessary condition for the effective extraction of minerals. Apart from using underground pump systems for dewatering of mine workings, mining entities also build surface water pump stations. Their operation guarantees protection from water inrush into the mine and/or safeguards specific infrastructure and facilities from flooding.

Due to the forced drainage of the land surface and the rock-mass, mining-induced damage in the form of flooding is not fully revealed in MAs and PMAs. In these areas the final extent of inundated areas can only be revealed after the restoration of natural water flows (switching off the pump stations). Based on the research described in [1] conducted by the Central Mining Institute (GIG) the final extent of flooding will tend to be larger, sometimes many times larger, than that revealed so far. Similar phenomena apply to thousands of square kilometres of MAs and PMAs in many countries throughout the world [2-5].

The use of the term “threat of flooding” in reference to the surface of MAs and PMAs is directly associated with the assumption of the restoration of natural water flow within their boundaries. Under current Polish law, the obligation to restore natural water flow is imposed by Article 100 of the Act – Environmental Protection Law [6]. The provision states that “anyone who has temporarily changed the water conditions is obliged to take steps to restore them when this change is no longer necessary”.

This article describes the scale of the transformation of hydrological and hydrogeological conditions as exemplified by the case of the strongly transformed MSA under the threat of flooding and discontinuous deformation in relation to the construction of a large road structure, the A1 Highway section on its surface (Fig. 1). Further, the

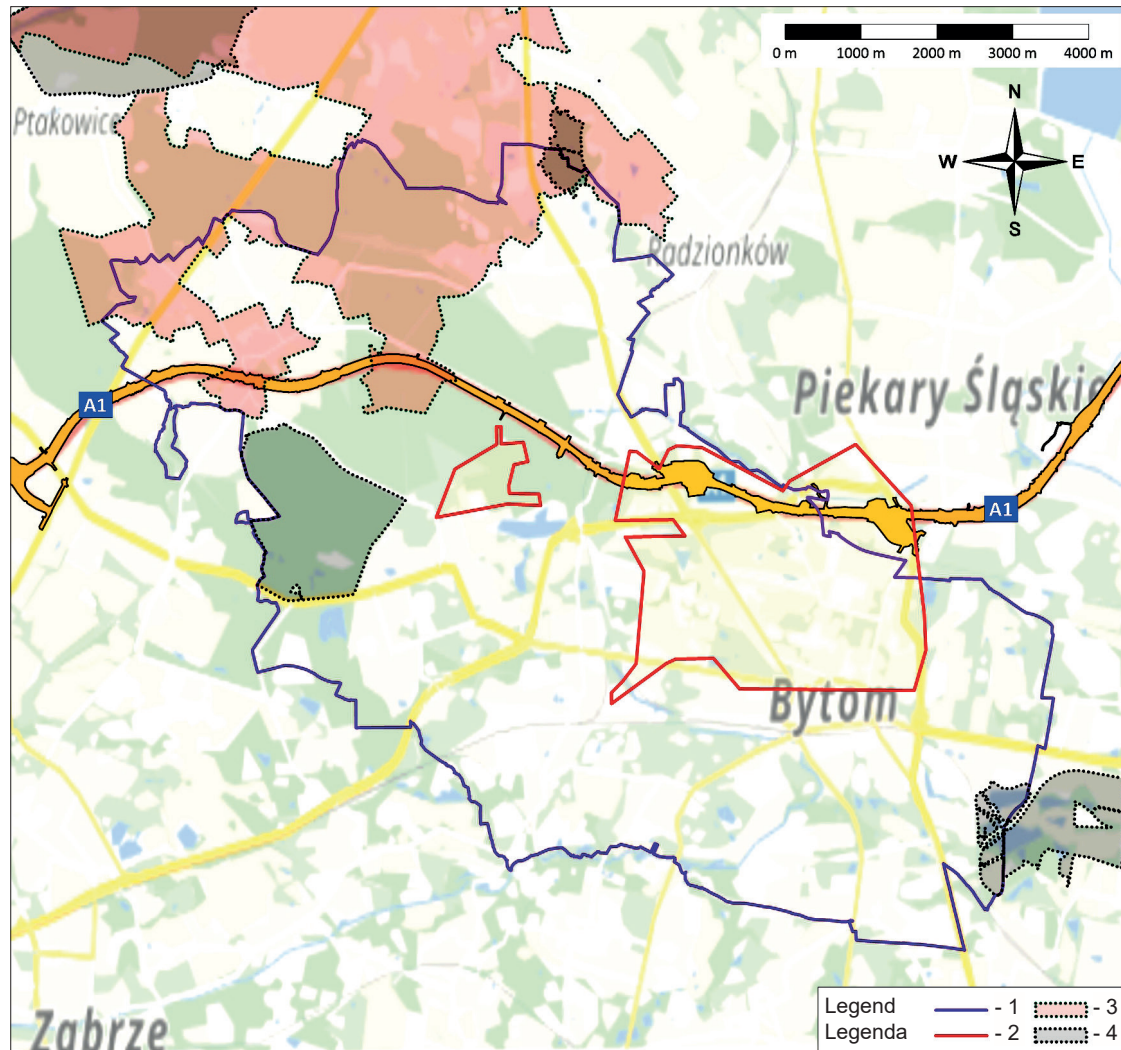


Fig. 1. Overview map showing the Silesian section of the A1 Highway crossing the “Bytom – Centrum I” MSA outlined against the background of the Natura 2000 site and large urban centres. Legend:  
 1 – administrative boundary of the town of Bytom, 2 – boundary of the “Bytom – Centrum I” MSA,  
 3 – areas under special protection, 4 – nature and landscape complexes

Rys. 1. Mapa poglądowa prezentująca śląski fragment autostrady A1 w terenie górniczym „Bytom – Centrum I” na tle obszarów Natura 2000 oraz dużych ośrodków miejskich. Oznaczenia:  
 1 – granica administracyjna miasta Bytom, 2 – granica terenu górniczego „Bytom – Centrum I”,  
 3 – specjalne obszary ochrony, 4 – zespoły przyrodniczo-krajobrazowe

zawodnieniami oraz deformacjami nieciągłymi, w aspekcie wybudowania na jego powierzchni dużego obiektu drogowego – autostrady A1 (Rys. 1). Przeanalizowano także konsekwencje przywrócenia swobodnych przepływów wód dla zagospodarowania powierzchni, wykorzystując do tego metodę badawczą opracowaną specjalnie dla sztucznie osuszanych terenów górniczych. Następnie wskazano wyzwania, które mogą towarzyszyć procesowi

authors analyse the consequences of restoration of natural water flows for surface land development, using a research method developed specifically for artificially drained MSAs. In the next step, challenges which can accompany the process of the restoration of natural water flows are indicated, with particular reference to the potential flooding of the highway embankment. Additionally, the most important provisions of the applicable Polish law

przywracania naturalnych przepływów wód, odnosząc je w szczególności do zawodnień nasypu drogowego autostrady. Dodatkowo przeanalizowano najważniejsze przepisy obowiązujące w Polsce prawa w zakresie zagrożenia zawodnieniami terenów górniczych i pogórnicych.

Niniejszy artykuł został opracowany na podstawie pracy pt. Ekspertyza w zakresie określenia kategorii przydatności terenu do zabudowy po zakończeniu działalności górniczej w granicach Terenu Górniczego „Bytom – Centrum I”, wykonanej przez Główny Instytut Górnictwa w 2020 r. na zlecenie Spółki Restrukturyzacji Kopalń SA Oddział w Bytomiu – dla likwidowanej Kopalni Węgla Kamiennego „Centrum”. Autorzy artykułu byli współtwórcami tej ekspertyzy.

## 2. PRZEDMIOT I METODY ANALIZ

### 2.1. DUŻA SKALA PRZEKSZTAŁCENÍ ŚRODOWISKA WODNEGO TERENÓW GÓRNICZYCH

Przekształcenia środowiska w zakresie zawodnień terenów górniczych opisywano wielokrotnie. Do najważniejszych, oprócz wyżej wymienionych, autorzy zaliczają publikacje [7-21].

W artykule opisano teren górniczy „Bytom – Centrum I”, w którym występują liczne i bogate złoża kopalnin. Eksploatację górniczą prowadzono tu z różną intensywnością najdłużej w Polsce, bowiem przez ponad 700 lat. Według zapisów historycznych eksploatację górniczą rozpoczęto w XIV wieku wydobywaniem rud srebra oraz żelaza. Eksploatacja rud żelaza nasiliła się w XVIII w. i trwała do 1915 r. Najdłużej natomiast trwało tu górnictwo kruszcowe ołowiu, które rozpoczęło się w XV w. Rudy cynkowo-ołowiowe, z których pozyskiwano ołów, cynk oraz siarkę, wydobywano do 1989 r. Z kolei najintensywniejsza eksploatacja górnicza dotyczyła węgla kamiennego. Prowadzono ją w okresie od 1855 r. do 2015 r.

Intensywnej eksploatacji górniczej towarzyszyły jedne z największych w Polsce przeobrażeń górniczych górotworu i powierzchni. Skutkiem górnictwa już w XVIII w. były obniżenia powierzchni, które doprowadziły do zawodnień rozlewiskowych dolin pierwotnych cieków powierzchniowych. Wody te wdzierały się do kopalń i zatapiały wyrobiska górnicze (poprzez zawał skał, który

with respect to the threat of flooding of MAs and PMAs are analysed.

This article has been written based on the document entitled Expert report on determining the class of land suitability for development following the cessation of mining activity within the boundaries of the “Bytom – Centrum I” MSA, prepared by the Central Mining Institute (GIG) in 2020, commissioned by Spolka Restrukturyzacji Kopalni (Mine Restructuring Company), Bytom Branch, for the “Centrum” Hard Coal Mine in closure. The authors of this article co-authored the above-mentioned expert report.

## 2. SUBJECT AND METHODS OF ANALYSES

### 2.1. LARGE SCALE OF TRANSFORMATION OF THE AQUATIC ENVIRONMENT OF MAS AND PMAS

Transformations of the environment regarding flooding of MAs and PMAs have been described extensively in literature. According to the authors the most important publications on the topic, besides the abovementioned ones, include [7-21].

The article describes the “Bytom – Centrum I” MSA rich in many mineral deposits. It is the place with the longest history of mining operations in Poland as they have been conducted here with varying intensity for over 700 years. According to historical sources, mining activity started in this region as early as in the 14<sup>th</sup> century and initially involved silver and iron ore extraction. Iron ore exploitation gained in intensity in the 18<sup>th</sup> century and lasted till 1915. The longest lasting local mining activity was lead mining, which started in the 15<sup>th</sup> century. Zinc and lead ores yielding zinc, lead and sulphur were extracted here till 1989. However, hard coal extraction was the principal mining activity in this area. It lasted from 1855 till 2015.

In Poland, this intensive exploitation of mineral resources was accompanied by one of the largest transformations of the rock mass and ground surface. As early as the 18<sup>th</sup> century, mining activity resulted in surface subsidence leading to the formation of flood plane prone areas in the valleys of the primary surface watercourses. These waters inrushed into the mines and flooded the workings (through rock collapse breaching the surface). For this

sięgał powierzchni). Dlatego już w 1814 r. do odwadniania wyrobisk górniczych kopalń cynku i ołowiu zastosowano na tym terenie pompy parowe (wówczas na głębokości 84 m). Odtąd kolejni użytkownicy złóż kopalin stale je odwadniają, a proces ten trwa już ponad 200 lat.

Przeobrażenia górnicze w postaci spękania górotworu, a także trwającego odwadniania, istotnie zmieniły warunki hydrogeologiczne. Warstwy, które pierwotnie stanowiły podstawy pięter wodonośnych, trwale utraciły swoje właściwości. Drenaż górniczy wód doprowadził do osuszeń górotworu do głębokości 1060 m.

W rejonach spękanego górotworu nasiliła się infiltracja wód, skutkując osuszeniami powierzchni. Znikły z niej naturalne ciek i stawy. Koryta dwóch głównych cieków powierzchniowych obwałowano, przerywając związek hydrauliczny ich wód z wodami podziemnymi. Koryta wspomnianych cieków znajdują się przy granicy analizowanego terenu górniczego (Rys. 2), gdzie oddziaływanie górnicze było relatywnie niskie. Ciek te obecnie prowadzą głównie wody przerzucane do ich koryt przez pompownie.

reason, as early as 1814, the first steam pumps were used (at a depth of 84 m at that time) for dewatering the workings of the local zinc and lead mines. Since that time local mineral deposits have been continuously dewatered and the process has now lasted for over 200 years.

Transformation caused by mining activity, involving rock mass fracture and continuous dewatering, have significantly changed the local hydrogeological conditions. Strata which initially formed the bases for the aquifer systems have permanently lost their hydro-isolating properties. Drainage operations accompanying mining activity have led to rock mass dewatering down to a depth of 1060 m.

The enhanced infiltration of water into the rock mass resulted in surface dewatering. Natural watercourses and ponds have disappeared from the surface. The beds of two main surface watercourses were embanked, which severed their hydraulic connection with underground waters. The beds of these rivers are situated next to the boundary of the analysed MSA (Fig. 2), where the impact of mining was relatively low. Currently, these watercourses carry mainly waters transferred into their beds by water pumping stations.

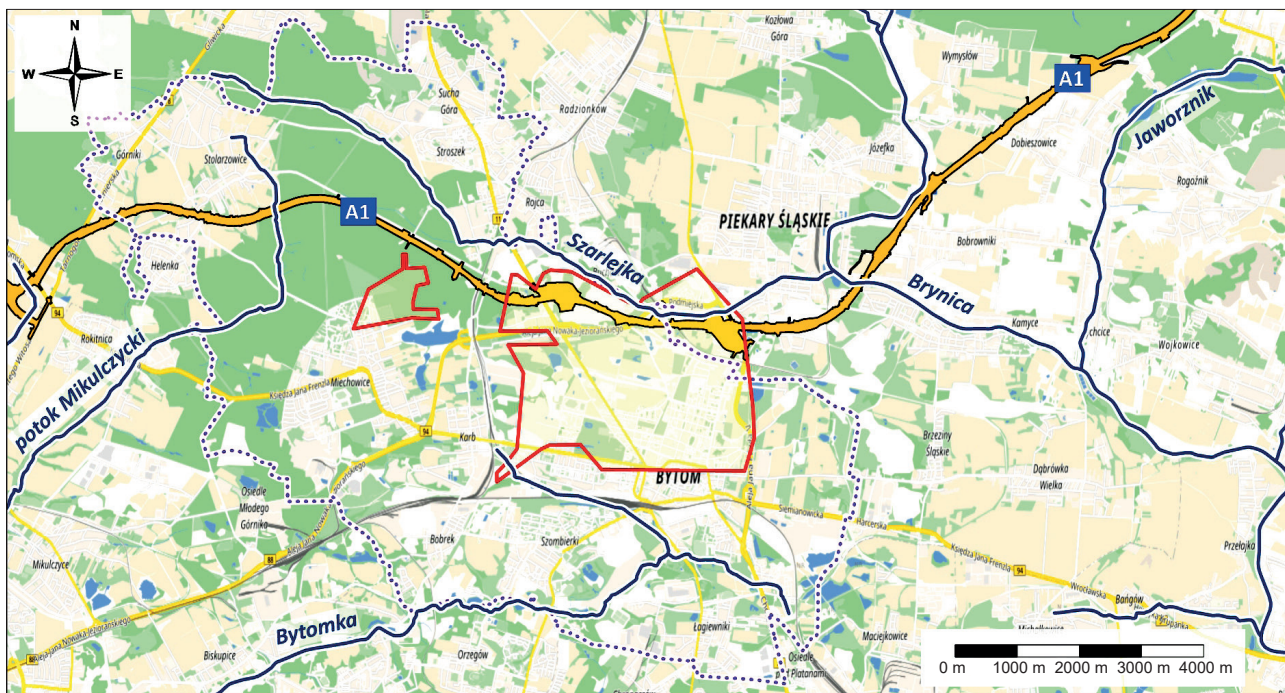


Fig. 2. Hydrographic map of the Bytom area  
Rys. 2. Mapa hydrograficzna rejonu Bytomia

## 2.2. OPIS MORFOLOGII TERENU GÓRNICZEGO „BYTOM – CENTRUM I” W ASPEKTCIE ZAGROŻENIA ZAWODNIENIAMI

### 2.2.1. Opis ogólny morfologii

Hydromorfologiczno-kartograficzna metoda oceny zagrożenia zawodnieniami terenów górniczych, opracowana w 2015 r. przez jednego z autorów ([1, 22-26]), oparta została na przyjęciu najgorszego możliwego scenariusza zawodnień, tj. warunków po przywróceniu naturalnych przepływów wód w każdym rejonie terenu górniczego. Analizę hydromorfologiczną rzeźby terenu górniczego „Bytom – Centrum I” przeprowadzono na podstawie numerycznego modelu terenu z 2018 r.

Występuje tu wododział I rzędu, rozdzielający zlewnie głównych rzek Polski: Wisły i Odry. Do zlewni Wisły należy dorzecze rzeki Szarlejki (Rys. 3), która płynie przy północnej granicy terenu górniczego. Do zlewni Odry należy dorzecze rzeki Bytomki. Ciek ten rozpoczyna swój bieg w południowo-zachodnim narożniku terenu górniczego (Rys. 2).

Rzeka Szarlejka przecina granicę analizowanego terenu górniczego przy północno-wschodnim jego narożniku. W miejscu odpływu wód tej rzeki z terenu górniczego rzedną



Fig. 3. View of the Szarlejka river in the surroundings of Podmiejska St. in Piekary Śląskie in the vicinity of the A1 Highway and the point of the river's outflow from the “Bytom – Centrum I” MSA  
Rys. 3. Widok rzeki Szarlejka w okolicy ul. Podmiejskiej w Piekarach Śląskich w rejonie autostrady A1 i miejsca odpływu wód rzeki z terenu górniczego „Bytom – Centrum I”

## 2.2. DESCRIPTION OF THE “BYTOM – CENTRUM I” MSA MORPHOLOGY IN TERMS OF THE THREAT OF FLOODING

### 2.2.1. General description of the morphology

The hydromorphological and cartographic method of assessment of the threat of flooding of MSAs developed in 2015 by one of the authors ([1, 22-26]) involves assuming the worst possible flood scenario, meaning conditions after the restoration of natural water flows in each part of the MSA. The hydromorphological analysis of relief of the “Bytom – Centrum I” MSA was carried out based on the 2018 numerical model of terrain.

The first-order watershed line occurs here, dividing the catchment areas of Poland's main rivers, the Vistula and the Oder. The Vistula river catchment area encompasses the basin of the Szarlejka river (Fig. 3) which flows next to the northern boundary of the MSA. The Oder river catchment area encompasses the Bytomka river basin. This watercourse begins its run in the south-west corner of the MSA (Fig. 2).

The Szarlejka river crosses the boundary of the analysed MSA next to its northeast corner. At the point where the river outflows from the MSA, the normal water level is 271.6 m a.s.l., while the elevation of the normal hydrometric reference point is 272.0 m a.s.l.

The hydromorphological and cartographic method of assessing the threat of flooding in MSA is characterised by the use of the values of the elevations relative to the hydrometric reference point. Relative elevations describe the threat of permanent flooding, which will occur in the conditions arising after the restoration of the natural water flows. Negative relative elevations accurately indicate a depression relative to the identified hydrometric reference point (Fig. 4).

The highest natural elevation of the surface of the “Bytom – Centrum I MSA is ~292.0 m a.s.l. in the area of Wroclawska Street in the Centre of Bytom (watershed divide between the Vistula river and the Oder river). This corresponds to a relative elevation of +20.0 m above the normal hydrometric reference point of the Szarlejka river.

As regards the A1 Highway location, it is important to note that the lowest point of the Szarlejka river catchment area within the analysed” MSA is situated by the highway

lustra wody stanów średnich wynosi 271,6 m n.p.m., zaś wysokość normalnego hydrometrycznego punktu odniesienia 272,0 m n.p.m.

retention ponds. The elevation of the lowest contour line identified in this place is 250 m a.s.l. This corresponds to a relative elevation of  $-22$  m below the normal hydrometric reference point of the Szarlejka river (Fig. 4).

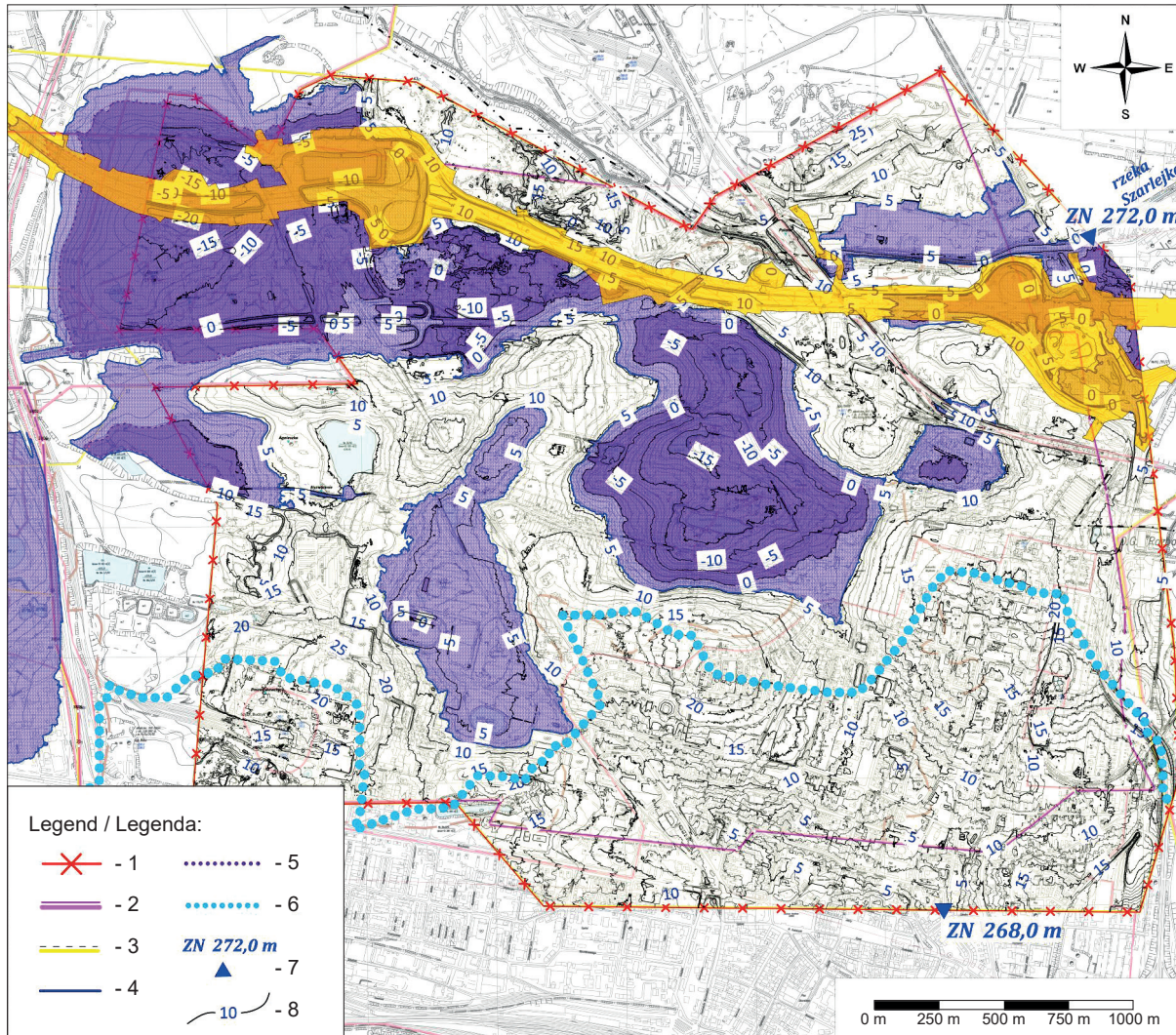


Fig. 4. Map of the surface of the "Bytom – Centrum I" MSA showing the A1 Highway section in the area of the "Bytom" and "Piekary" junctions outlined against the background of hydromorphological elements of the environment. Legend: 1 – boundary of the part of the MSA in in process of closure, 2 – boundary of the mining area, 3 – boundary of the MSA, 4 – boundary of the closed basin lake, 5 – boundary of a potential backwater, 6 – watershed divide between the Vistula river and Oder river catchment areas, 7 – normal hydrometric reference point, 8 – elevations of the surface of MSA (relative to the hydrometric reference point)

Rys. 4. Mapa powierzchni terenu górniczego „Bytom – Centrum I” z odcinkiem autostrady A1 w rejonie węzłów „Bytom” i „Piekary” na tle elementów hydromorfologicznych środowiska. Oznaczenia: 1 – granica likwidowanej części terenu górniczego, 2 – granica obszaru górniczego, 3 – granica terenu górniczego, 4 – granica niecki bezodpływowej, 5 – granica potencjalnego zalewu, 6 – wododział Wisły i Odry, 7 – normalny hydrometryczny punkt odniesienia, 8 – wartości wysokości położenia powierzchni terenu górniczego (względem hydrometrycznego punktu odniesienia)

Specyfiką hydromorfologiczno-kartograficznej metody oceny zagrożenia zawodnieniami terenu górniczego jest stosowanie wartości tzw. wysokości położenia powierzchni, zidentyfikowanych względem hydrometrycznego punktu odniesienia. Pozwalają one opisywać zagrożenie trwałymi zawodnieniami, które wystąpią w warunkach po przywróceniu naturalnych przepływów wód. Ujemne wartości wysokości położenia pokazują wprost depresję powierzchni względem zidentyfikowanego hydrometrycznego punktu odniesienia (Rys. 4).

Naturalna powierzchnia terenu górniczego „Bytom – Centrum I” wznosi się najwyżej na wysokość około 292,0 m n.p.m. w rejonie ulicy Wrocławskiej w Śródmieściu Bytomia (wododział Wisły i Odry). Odpowiada to wysokości położenia +20,0 m ponad przyjętym hydrometrycznym punktem odniesienia dla rzeki Szarlejki.

Istotny dla lokalizacji autostrady A1 jest fakt, że najniższe miejsce powierzchni zlewni rzeki Szarlejki w opisywanym terenie górniczym znajduje się przy zbiornikach retencjonujących wodę z jezdni autostrady. Najniższa zidentyfikowana tam poziomica terenowa posiada rzędną 250 m n.p.m. Odpowiada to wysokości położenia –22 m (poniżej normalnego hydrometrycznego punktu odniesienia rzeki Szarlejki, Rys. 4).

Tak duża depresja tego rejonu wynikała z sumarycznych obniżen górniczych powierzchni, które przekroczyły tu wielkość 33 m, oszacowaną na podstawie udokumentowanej eksploatacji górniczej. Wartość ta mogła być jeszcze większa, biorąc pod uwagę prowadzoną dawniej eksploatację rudną. Warto w tym miejscu wspomnieć, że podobnie duża skala obniżen oraz przekształceń terenów górniczych jest typowa w świecie, szczególnie dla górnictwa węgla kamiennego.

### **2.2.2. Identyfikacja obszarów zagrożonych zawodnieniami w terenie górniczym „Bytom – Centrum I”**

Opisując warunki hydrologiczne wschodniej części analizowanego terenu górniczego „Bytom – Centrum I”, zidentyfikowano granice 5 niecek bezodpływowych. W 4 spośród nich przy stanach zwyczajnych wód występują lokalne zawodnienia ich den – zalewiska. Większa część powierzchni niecek bezodpływowych objęta jest zidentyfikowanymi granicami potencjalnego zalewu, fizycznie będącymi poziomiami o wysokości położenia 0,0 m (Rys. 4).

Such a big depression in this area resulted from the aggregate mining subsidence of the surface, which at this spot exceeded the total value of 33 m, estimated based on the documented mining exploitation. This value could have been even greater, taking into account the past mining of metal ore at this MSA. It is worth mentioning that similar large-scale subsidences and transformations of MAs and PMAs are typical across the world, especially in hard coal MAs and PMAs.

### **2.2.2. Identification of the areas threatened by flooding in the “Bytom – Centrum I” MSA**

When describing the hydrological conditions of the eastern part of the analysed MSA, the authors identified the boundaries of 5 closed basin lakes. Among them, 4 are subject to local flooding of their bottoms (inundated areas) under normal water conditions. A major part of the closed basin lake surface falls within the identified boundaries of potential backwater, which are the contours lines with a relative elevation of 0.0 m (Fig. 4).

The occurrence of inundated areas is linked to the amount of precipitation, volume of underground runoff (including the degree of hydroisolation of closed basin lake bowls) as well as the scale of water transfer using pumping stations. In this MSA there are currently 9 active surface and 2 underground water pumping stations (one in the closed zinc and lead mine and one in the hard coal mine currently under closure).

Restoration of natural ground and surface water flows will be accompanied by significant changes in hydrogeological and hydrological conditions as compared to the current situation. As a result of the projected restoration of natural quasi-original water conditions, initially only the Triassic and then the Quaternary formations will be saturated, and finally the flooding of the ground surface will follow.

Due to the hydrologically non-hydroisolating character of the Quaternary formations making up the bowls of the potential reservoirs, there is a small probability of the flooding of closed basin lakes reaching their identified boundaries. Still, this characteristic applies exclusively to these parts of closed basin lakes which are not covered by the boundaries of potential backwater. This is because after the restoration of natural water flows the permanent flooding range will overlap the boundaries of potential backwater.



Występowanie zalewisk wynika ze skali opadów atmosferycznych, intensywności odpływu podziemnego wód (w tym właściwości hydroizolacyjnych czasz niecek bezodpływowych), a także ze skali przerzutów wód za pomocą pompowni. Na powierzchni tego terenu górniczego obecnie funkcjonuje 9 pompowni wód powierzchniowych oraz 2 kopalnie pompownie podziemne (w zlikwidowanej kopalni cynku i ołowiu oraz w zlikwidowanej kopalni węgla kamiennego).

Przywróceniu naturalnych przepływów wód podziemnych i powierzchniowych będą towarzyszyć znaczące zmiany warunków hydrogeologicznych i hydrologicznych względem obecnie występujących. W wyniku docelowej odbudowy naturalnych quasi-pierwotnych stosunków wodnych dojdzie do zawodnienia utworów triasu, następnie czwartorzędu, zaś ostatecznie – na powierzchni dojdzie do zawodnień wodogruntowych.

Ze względu na hydrogeologicznie nieizolacyjny charakter utworów czwartorzędowych budujących czasze potencjalnych zbiorników istnieje małe prawdopodobieństwo zawodnienia niecek bezodpływowych aż po ich zidentyfikowane granice. Cecha ta dotyczy jednak wyłącznie tych części niecek bezodpływowych, które nie są obwiedzione granicami potencjalnego zalewu. Po przywróceniu naturalnych przepływów wód zasięg trwałych zawodnień pokryje się bowiem z granicami potencjalnego zalewu.

Próba oceny, czy zidentyfikowana skala zagrożenia zawodnieniami będzie istotna w kontekście lokalizacji autostrady, wymaga dodatkowych analiz: wpływu zagospodarowania powierzchni terenu górniczego na planowane zmiany zawodnień oraz zagrożenia zawodnieniami, oceny zagrożenia powierzchni deformacjami nieciągłymi oraz oceny możliwości likwidacji zagrożenia zawodnieniami.

### **3. ANALIZY**

#### **3.1. WPŁYW LOKALIZACJI AUTOSTRADY A1 W TERENIE GÓRNICZYM „BYTOM – CENTRUM I” NA PLANOWANE ZMIANY ZAWODNIEŃ I ZAGROŻENIA ZAWODNIENIAMI**

##### **3.1.1. Lokalizacja autostrady A1 w terenie górniczym „Bytom – Centrum I”**

Przedmiotem szczegółowych analiz przedstawionych w tym artykule jest odcinek autostrady A1 o długości

To assess whether the identified scale of the threat of flooding will be significant in the context of the A1 Highway location, it is necessary to carry out additional analyses of the effect of the MSA's spatial development to planned changes of inundated areas and the threat of flooding. Additionally, an assessment of the threat of discontinuous deformations (sinkholes) of the MSA surface, as well as an assessment of the possibility of eliminating the flood threat will also be needed.

### **3. ANALYSES**

#### **3.1. THE EFFECT OF THE LOCATION OF THE A1 HIGHWAY IN THE “BYTOM – CENTRUM I” MSA ON THE PLANNED CHANGES OF FLOODING AND OF THE THREAT OF FLOODING**

##### **3.1.1. The location of the A1 Highway in the “Bytom – Centrum I” MSA**

This article presents a detailed analysis of the 4.9 km long section of the A1 Highway located in the “Bytom – Centrum I” MSA. The A1 Highway crosses this MSA next to its northern boundary (Fig. 1). The section under consideration is a part of the 20.1 km long Silesian stretch of the A1 Highway between Zabrze Maciejów (the “Gliwice Wschod” junction) and Piekary Śląskie (the “Piekary” junction). It was built by the Spanish contractor Dragados between July 2009 and September 2012. The cost of the complete section amounted to PLN 1.258 billion. The highway has 3 lanes in either direction except for the section crossing the Natura 2000 site near Bytom's district of Stolarzowice, where the highway has two lanes (Fig. 5). Along the entire length of the section there are 31 highway-related bridge structures and 3 junctions with national (state) highways.

Locating the highway in this heavily transformed MSA seemingly simplified construction. The number of encounters with infrastructure and facilities on the chosen route of the right-of-way was small. This is because in the past, many structures had suffered mining-induced degradation and were demolished. However, such a location of the highway will have an effect on the future process of restoration of natural water flows within the MSA. The stages of the process of natural water flow restoration within the MSA with regard to their impact on the highway embankment are discussed below.

4,9 km zlokalizowany w terenie górniczym „Bytom – Centrum I”. Autostrada A1 przecina ten teren górniczy przy jego północnej granicy (Rys. 1). Odcinek ten stanowi część śląskiego fragmentu autostrady A1 z Zabrze Maciejowa (węzeł „Gliwice Wschód”) do Piekar Śląskich (węzeł „Piekary”), liczącego 20,1 km. Budował go hiszpański koncern Dragados od lipca 2009 r. do września 2012 r. Cały odcinek kosztował 1 mld 258 mln zł. Autostrada ma tu po trzy pasy ruchu w każdą stronę – oprócz należącego do obszaru Natura 2000 rejonu na wysokości bytomskiej dzielnicy Stolarzowice, gdzie jezdnie są dwupasowe (Rys. 5). Na całym tym odcinku powstało 31 obiektów inżynierskich oraz trzy węzły z drogami krajowymi.

Lokalizacja autostrady w tym mocno przekształconym terenie górniczym pozornie uprościła jej budowę. Liczba kolizji z elementami zagospodarowania przestrzennego na trasie była niewielka, ponieważ w przeszłości wiele obiektów uległo degradacji górniczej i likwidacji. Taka lokalizacja autostrady będzie jednak w przyszłości wpływać na proces przywracania naturalnych przepływów wód w granicach terenu górniczego. Poniżej zostaną omówione etapy procesu przywracania naturalnych przepływów wód w terenie górniczym w aspekcie ich wpływu na korpus autostrady.

### 3.1.2. Wpływ zaistniałych przekształceń górniczych na korpus autostrady A1

Nasyp autostrady A1 wraz z węzłami drogowymi „Bytom” i „Piekary” zlokalizowano w terenie górniczym zagrożonym deformacjami nieciągłymi. Powodem tego zagrożenia jest historyczna płytko eksploatacja górnica rud cynkowo-ołowiowych i żelaziaka brunatnego (na głębokościach od 0 do około 90 m) oraz duża ilość zlikwidowanych szybów górniczych, w przypadku których brak jest szczegółowych danych o sposobach likwidacji (Rys. 6). Zagrożenie to było uwzględnione podczas budowy nasypu drogowego.

Mapa terenu górniczego „Bytom – Centrum I” (Rys. 4) wskazuje, że nasyp drogowy autostrady przebiega przez dno największych powierzchniowo niecek bezodpływowych oraz przecina obszary obwiedzione granicami potencjalnego zalewu. Nasyp autostrady zlokalizowano w prawobrzeżnej zlewni rzeki Szarlejki, w bezpośrednim sąsiedztwie obwałowanego koryta rzeki. Na dwóch odcinkach (w rejonach węzłów zjazdowych „Bytom” oraz „Piekary”) rzędne korony autostrady są niższe od zidentyfikowanej



Fig. 5. View of the A1 Highway from the bridge carrying the Celna Street in Bytom towards the east into the area of the deepest closed basin lake in the “Bytom – Centrum I” MSA  
Rys. 5. Widok autostrady A1 z wiaduktu dla ul. Celnej w Bytomiu w kierunku wschodnim na rejon dna najgłębszej niecki bezodpływowej w terenie górniczym „Bytom – Centrum I”

### 3.1.2. The effect of the existing mining-induced transformations on the A1 Highway embankment

The A1 Highway embankment including the “Bytom” and “Piekary” highway junctions is located in the parts of the MSA threatened by discontinuous deformation (sink-holes). This hazard results from the past shallow exploitation of zinc, lead and limonite ores (at depths from 0 to around 90 m) and from the large number of abandoned mine shafts, for which no detailed data regarding the method of their closure are available (Fig. 6). This threat was taken into consideration during the construction of the highway embankment.

The map of the “Bytom – Centrum I” MSA (Fig. 4) shows that the highway embankment crosses the bottoms of the largest closed basin lakes and the areas encircled by the boundaries of potential backwater. The highway embankment is located in the right-bank catchment area of the Szarlejka river, in the direct vicinity of the embanked river bed. On two sections (in the area of the “Bytom” and “Piekary” junctions) the elevations of the highway are lower than the identified elevation of the base level of natural outflow of this river’s water from the MSA (271.6 m a.s.l.). The total length of the highway sections within the boundaries of potential backwater in this MSA is 1.5 km. The lowest point of the highway toe is situated to the west of the “Bytom” junction and its elevation is approximately 4.0 m lower than the elevation of the base level of natural outflow

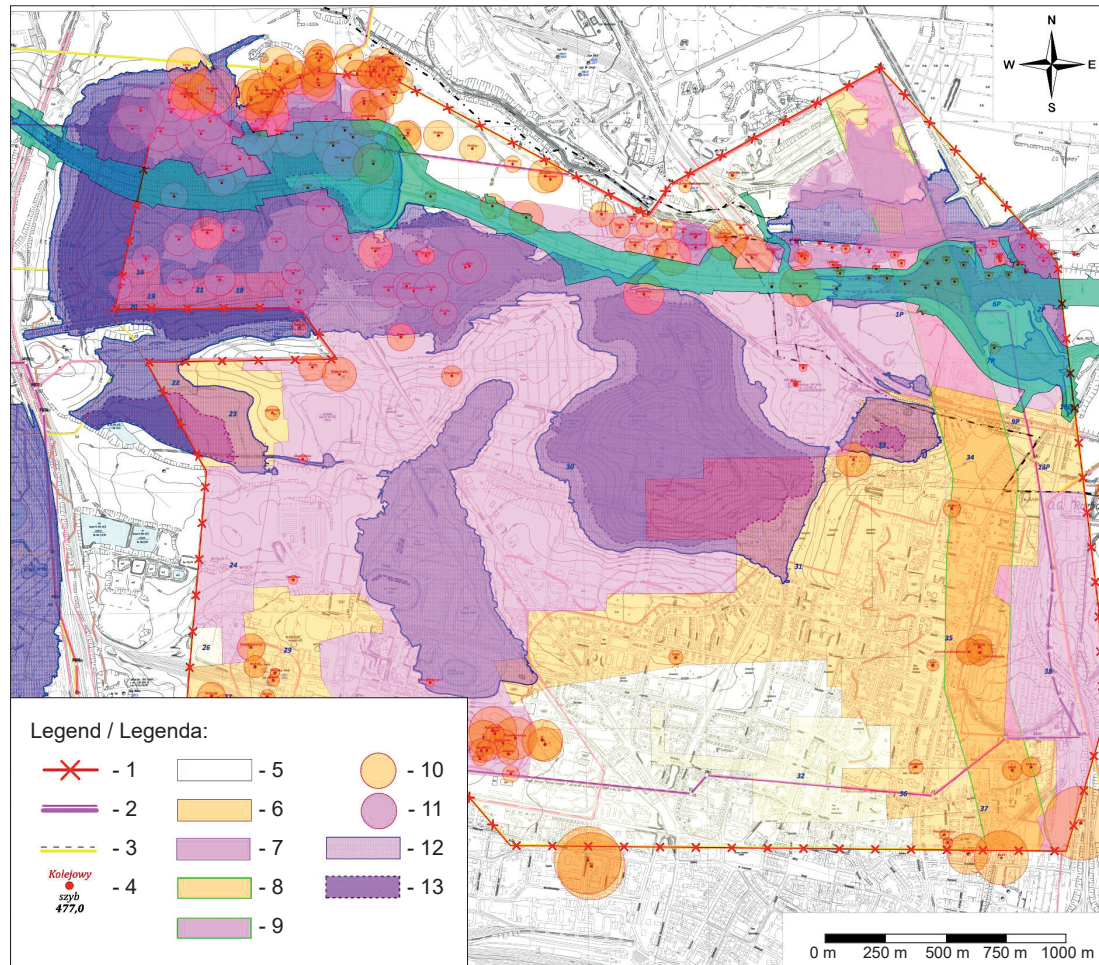


Fig. 6. Map of the suitability of land for development for the "Bytom – Centrum I" MSA plotted based on the expert report prepared by the Central Mining Institute (GIG, Poland) in 2020. Legend: 1 – boundary of the part of the MSA currently being closed, 2 – boundary of the mining area, 3 – boundary of the MSA, 4 – mine shaft connected to the surface, 5 – area transformed to a low degree, suitable for development, 6 – transformed area, conditionally suitable for development, medium threat of discontinuous deformations due to previous shallow mining exploitation, 7 – transformed area, conditionally suitable for development, highly threatened by discontinuous deformations due to previous shallow mining exploitation, 8 – land conditionally suitable for development, characterized by gas hazard due to a tectonic fault, 9 – area conditionally suitable for development, highly threatened by discontinuous deformations due to a tectonic fault, 10 – area conditionally suitable for development, a medium threat of discontinuous deformations due to a mine shaft connected with the surface, 11 – area conditionally suitable for development, highly threatened by discontinuous deformations due to a mine shaft connected to the surface, 12 – land conditionally suitable for development, threatened by flooding, 13 – land unsuitable for development, threatened by flooding

Rys. 6. Mapa przydatności do zagospodarowania terenu górniczego „Bytom – Centrum I” na podstawie ekspertyzy wykonanej przez Główny Instytut Górnictwa w 2020 r. Oznaczenia: 1 – granica likwidowanej części terenu górniczego, 2 – granica obszaru górniczego, 3 – granica terenu górniczego, 4 – szyb kopalniany połączony z powierzchnią, 5 – teren mało przekształcony, przydatny do zabudowy, 6 – teren przekształcony, warunkowo przydatny do zabudowy, o średnim stopniu zagrożenia deformacjami nieciągłymi ze względu na płytką eksploatację górniczą, 7 – teren przekształcony, warunkowo przydatny do zabudowy, o dużym stopniu zagrożenia deformacjami nieciągłymi ze względu na płytką eksploatację górniczą, 8 – teren warunkowo przydatny do zabudowy charakteryzujący się zagrożeniem gazowym ze względu na uskok tektoniczny, 9 – teren warunkowo przydatny do zabudowy, o dużym stopniu zagrożenia deformacjami nieciągłymi ze względu na uskok tektoniczny, 10 – teren warunkowo przydatny do zabudowy, o średnim stopniu zagrożenia deformacjami nieciągłymi ze względu na szyb kopalniany połączony z powierzchnią, 11 – teren warunkowo przydatny do zabudowy, o dużym stopniu zagrożenia deformacjami nieciągłymi ze względu na szyb kopalniany połączony z powierzchnią, 12 – teren warunkowo przydatny do zabudowy ze względu na zagrożenie zawadnieniem, 13 – teren nieprzydatny do zabudowy ze względu na zagrożenie zawadnieniem

wysokości bazy naturalnego odpływu wód tej rzeki z terenu górniczego (271,6 m n.p.m.). Sumaryczna długość odcinków autostrady objętych granicami potencjalnego zalewu w tym terenie górniczym wynosi 1,5 km. Najniższe miejsce korony drogi znajduje się na zachód od węzła „Bytom” i charakteryzuje się rzędną około 4,0 niższą od wysokości bazy naturalnego odpływu wód Szarlejki z terenu górniczego (Rys. 7). W tym miejscu nasyp autostrady ma wysokość 10 m. Warto dodać, że wysokość nasypu względem zbiorników retencjonujących wodę z pasa drogowego sięga 20 m (Rys. 8).

### 3.1.3. Wpływ upraszczania systemów sztucznego odwadniania terenu górniczego na korpus autostrady A1

Nie wszystkie z przytoczonych analiz były zawarte w ekspertyzie GIG cytowanej we wstępie. Tym samym nie mogły one zostać objęte planami realizacyjnymi przez Spółkę Restrukturyzacji Kopalń SA w Bytomiu, będącą likwidatorem kopalni „Centrum” (w terenie górniczym „Bytom – Centrum I”) i jej następcą prawnym.

of the Szarlejka river from the MSA (Fig. 7). At this lowest point, the highway embankment is 10 m high. It is worth adding that the maximum height of the embankment at the retention ponds collecting water from the highway right-of-way already reaches 20 m (Fig. 8).

### 3.1.3. The effect of the simplification of artificial drainage of the MSA on the A1 Highway embankment

Not all of the analyses referenced here were included in GIG’s expert report quoted in the introduction. As a result, they could not be incorporated in the plans implemented by Spolka Restrukturyzacji Kopaln SA in Bytom, the liquidator and legal successor of the “Centrum” mine (in the “Bytom – Centrum I” MSA).

Actions taken to close the “Centrum” mine, consisting in changing the rock mass drainage level, may entail a need to change the pumping stations’ capacity for some of the closed basin lakes. The closure of underground water pumping stations at the “Budryk” shaft (the hard coal

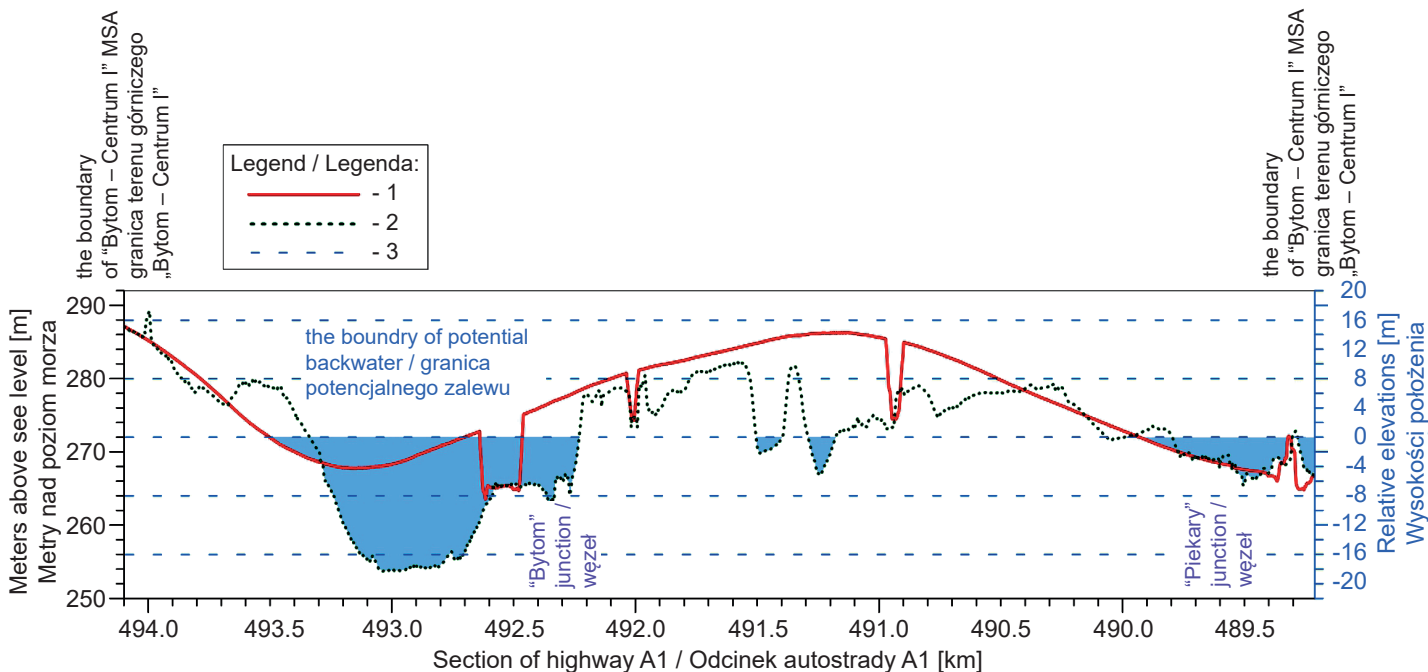


Fig. 7. Longitudinal section along the southern slope of the A1 Highway embankment in the “Bytom – Centrum I” MSA; Legend: 1 – edge of the highway, 2 – embankment slope toe / top edge of the cut slope, 3 – surface elevations relative to the normal hydrometric reference point

Rys. 7. Przekrój podłużny wzdłuż południowej skarpy korpusu autostrady A1 w terenie górniczym „Bytom – Centrum I”; Oznaczenia: 1 – krawędź korony autostrady, 2 – podstawa skarpy nasypu / szczyt skarpy wykopu, 3 – wysokości położenia powierzchni względem normalnego hydrometrycznego punktu odniesienia



Fig. 8. Storm water retention pond collecting runoff from the highway, situated at the bottom of the deepest closed basin lake on the south side of the A1 Highway, west of the "Bytom" junction

Rys. 8. Zbiornik retencjonujący wody z pasa drogowego autostrady, położony w dnie najgłębszej niecki bezodpływowej po południowej stronie autostrady A1 na zachód od węzła „Bytom”

Działania likwidujące kopalnię „Centrum” polegające na zmianie poziomu odwadniania górotworu mogą rodzić potrzebę zmian wydajności pompowni odwadniających niektórych z niecek. Istotne są tu likwidacje pompowni podziemnych przy szybie „Budryk” (likwidowanej kopalni węgla) oraz przy szybie „Bolko” (zlikwidowanej kopalni rud cynkowo-ołowiowych). Ta ostatnia przerzuca do koryta rzeki Brynica przeciętnie 30 m<sup>3</sup>/min wód kopalnianych, których część może dopływać do najniższego wysokościowo miejsca terenu górniczego, tj. do zbiorników retencjonujących wody z pasa drogowego autostrady przy węźle „Bytom”. W ich podłożu występują wychodnie warstw triasowych spękane w wyniku wpływów górniczych.

Również upraszczanie systemów odwadniania terenu górniczego (z zachowaniem wymuszonego systemu odwadniania) polegające na likwidacji pompowni wód powierzchniowych oraz budowie rowów odwadniających niecki (prowadzących do niżej położonego zbiornika) umożliwiłoby likwidację 8 spośród wszystkich 9 pompowni (Rys. 4 i 7). Wyjątek stanowi pompownia, która odwadnia najniższe wysokościowo miejsce terenu górniczego – dno zbiorników retencjonujących wody z pasa drogowego autostrady (Rys. 8). To właśnie ta pompownia musiałaby przejąć spływ powierzchniowy (ze zlikwidowanych pompowni powierzchniowych) a także dopływ

mine being closed) and at the “Bolko” shaft (the closed zinc and lead ore mine) is very important in this context. The latter transfers an average of 30 m<sup>3</sup>/min of mine waters into the Brynica river bed. Part of this water can flow down to the lowest point of the MSA, namely to the retention ponds receiving storm water from the highway’s right-of-way, located next to the “Bytom” junction. In the subgrade of these ponds there are outcrops of Triassic formations fractured as a result of mining impact.

While maintaining forced water flows, simplification of the drainage systems of the MSA involving the closure of surface water pumping stations (and construction of canals draining the closed basin lakes to the lower reservoir) would enable elimination of 8 out of all 9 pumping stations (Figs 4 and 7). The only exception is the pumping station draining the lowest place (in terms of elevation) of the MSA, namely the bottom of the retention ponds collecting storm water from the highway’s right-of-way (Fig. 8). It is exactly this pumping station that would have to take over the surface runoff (from the closed surface pumping stations) and groundwater inflow from the Triassic ore mining workings (part of inflow to the pumping station at the “Bolko” shaft).

### 3.1.4. The effect of the restoration of natural water flows in the “Bytom – Centrum I” MSA

Considering the significance of the infrastructure situated in the areas under threat of flooding (the highway, national, regional and local highways, residential and commercial buildings, and utility works), it seems essential to carry out hydrotechnical preventive and repair works in this MSA. The objective of these works should be the comprehensive repair of the existing mining-induced damage to the aquatic environment, aiming at the elimination and/or limitation of the threat of flooding and discontinuous deformations of the ground surface. The above goal could be achieved by construction of a new route of natural drainage of the MSA.

Lowering of the base level of the natural outflow of the Szarlejka river waters at the place of their current outflow from the MSA is impossible due to the river being channelized and running under the city of Piekary Śląskie. Construction of a new kilometres-long watercourse, mining channel or drainage collector seems to be a possible way of gravitational drainage of this MSA. Discussed below are the water table elevations of the Brynica river

wód podziemnych z triasowych wyrobisk porudnych (część dopływu do pompowni przy szybie „Bolko”).

### 3.1.4. Wpływ przywrócenia naturalnych przepływów wód w terenie górniczym „Bytom – Centrum I”

Ze względu na znaczenie obiektów położonych w strefach zagrożonych zawodnieniami (autostrada, drogi krajowe, wojewódzkie oraz gminne, obiekty mieszkalne i usługowe oraz sieci uzbrojenia terenu) w opisywanym terenie górniczym niezbędne wydaje się przeprowadzenie hydrotechnicznych prac profilaktyczno-naprawczych. Celem tych robót będzie kompleksowa naprawa zaistniałych szkód górniczych w środowisku wodnym, zmierzająca do likwidacji i/lub ograniczenia zagrożenia powierzchni zawodnieniami oraz deformacjami nieciągłymi. Sposobem na powyższe może być nowy kierunek naturalnego odwadniania terenu górniczego.

Nie jest możliwe obniżenie bazy naturalnego odpływu wód rzeki Szarlejki w miejscu obecnego odpływu wód z opisywanego terenu górniczego z powodu skanalizowania rzeki pod miastem Piekary Śląskie. Możliwym sposobem grawitacyjnego odwadniania terenu górniczego wydaje się budowa nowego wielokilometrowego ciekłu, kanału lub sztolni odwadniającej. Poniżej zostaną omówione rzędne lustra wody rzek Brynica (odbiornik wód Szarlejki) oraz Bytomka (Rys. 2), grawitacyjnie prowadzących wody w punktach, do których możliwe jest doprowadzenie nowego kolektora wód z opisywanego terenu górniczego.

Rozpatrując wschodni kierunek odwadniania, należy wziąć pod uwagę następujące dane: woda zwyczajna rzeki Brynica w miejscowości Kamyce, tj. około 3,3 km poniżej ujścia rzeki Szarlejki (w odległości ~5,0 km od granicy analizowanego terenu górniczego i ~8,7 km na wschód od dna najgłębszej niecki w Bytomiu), posiada rzędną ~263,5 m n.p.m., tj. ~8,5 m niższą od wysokości hydrometrycznego punktu odniesienia (rzeki Szarlejki) a jednocześnie wyższą o ~13,5 m od zidentyfikowanej rzędnej podstawy nasypu autostrady (250,0 m n.p.m.) przy dnie najgłębszej niecki w Bytomiu. Około 10,2 km poniżej ujścia rzeki Szarlejki woda zwyczajna rzeki Brynica w dzielnicy Madera w Czeladzi (w odległości ~9,6 km na wschód od granicy analizowanego terenu górniczego i ~13,3 km od dna najgłębszej niecki w Bytomiu) posiada rzędną ~260,0 m n.p.m., tj. ~12,0 m niższą od

(the collector of the Szarlejka river waters) and Bytomka rivers (Fig. 2) naturally carrying waters at points to which it is possible to connect a new collector of waters from the analysed MSA.

Considering the eastern route of natural drainage, the following data should be taken into account: the normal water level of the Brynica river in the district of Kamyce is ~263.5 m a.s.l. (approximately 3.3 km below the mouth of Szarlejka river and ~5.0 km from the boundary of the analyzed MSA and ~8.7 km to the east from the bottom of the deepest basin in Bytom). This water level point is ~8.5 m lower than the hydrometric reference point (of the Szarlejka river). At the same time, it is ~13.5 m higher than the designated elevation of the highway embankment toe (250.0 m a.s.l.) at the bottom of the deepest basin in Bytom.

About ~10.2 km below the mouth of the Szarlejka river, the normal water level of the Brynica river in the Madera district of Czeladz is ~260.0 m a.s.l. (~9.6 km to the east from the boundary of the analyzed MSA and ~13.3 km away from the bottom of the deepest basin in Bytom). This water level point is ~12.0 m lower than the elevation of the hydrometric reference point (of the Szarlejka river). At the same time, it is ~10.0 m higher than the designated elevation of the highway embankment toe at the bottom of the deepest basin in Bytom.

Considering the possible southern route of natural drainage, the following important data should be taken into account: the normal water level of the Bytomka river at the place where its waters flow into the bridge culvert under the regional road DK 925 at the boundary between the cities of Bytom and Ruda Śląska (~2.0 km from the boundary of the analyzed MSA and ~5.2 km to the south from the bottom of the deepest basin in Bytom), is ~249.5 m a.s.l. This water level point is ~22.5 m lower than the elevation of the hydrometric reference point (of the Szarlejka river). At the same time, it is equal to the designated elevation of the highway embankment toe (of 250.0 ± 0.5 m a.s.l.) at the bottom of the deepest basin in Bytom.

The above given elevations of normal water level points offer a theoretical possibility of reducing the surface area threatened by flooding and changes of hydrogeological conditions, which in turn would help minimise the threat of discontinuous deformation (this being the second purpose of the new route of drainage). Evaluation of the feasibility of providing a new route of natural drainage of

wysokości hydrometrycznego punktu odniesienia, a jednocześnie wyższą o ~10,0 m od zidentyfikowanej rzędnej podstawy nasypu autostrady przy dnie najgłębszej niecki w Bytomiu.

W przypadku ewentualnego południowego kierunku odwadniania istotne są następujące informacje: rzeka Bytomka w miejscu, gdzie jej wody wpływają do mostu-przepustu pod drogą wojewódzką DK 925 na granicy miast Bytom i Ruda Śląska (w odległości ~2,0 km od granicy analizowanego terenu górniczego i ~5,2 km na południe od dna najgłębszej niecki w Bytomiu), charakteryzuje się rzędną wody zwyczajnej ~249,5 m n.p.m., tj. ~22,5 m niższą od wysokości hydrometrycznego punktu odniesienia (rzeki Szarlejki) a jednocześnie równą zidentyfikowanej rzędnej podstawy nasypu autostrady (250,0 ± 0,5 m n.p.m.) przy dnie najgłębszej niecki w Bytomiu.

Podane wyżej rzędne stanowią o teoretycznej możliwości ograniczenia powierzchni zagrożonej zawodnieniami i zmianami warunków hydrogeologicznych, co z kolei wiązałoby się z ograniczeniem zagrożenia deformacjami nieciągłymi (drugi z celów nowego sposobu odwadniania). Ocena możliwości wykonania nowego naturalnego sposobu odwadniania terenu górniczego „Bytom – Centrum I” jest skomplikowana i wymaga szerokich badań studialnych: hydrogeologicznych, geologiczno-inżynierskich, hydrologicznych oraz projektowych (wariantów trasy). Warunki gruntowe nowego obiektu wodnego byłyby skomplikowane. Wynika to z występowania w podłożu budowlanym (pod utworami czwartorzędu) silnie przeobrażonych górniczo utworów triasu, które uległy spękaniu, a w niektórych rejonach zawał pełny skał sięgnął powierzchni terenu.

Wyborowi wschodniego kierunku grawitacyjnego odwadniania towarzyszyłyby trwałe zawodnienia części nasypu drogowego autostrady na długim odcinku. Przy wyborze południowego wariantu odwadniania istnieją teoretyczne możliwości utrzymania zawodnień w terenie górniczym na poziomie niezagrażającym nasypowi autostrady (Rys. 7). Wariant ten charakteryzuje się jednak dodatkowymi wyzwaniem, związanymi z przejściem przez wododział Wisły i Odry (roboty na głębokości ponad 40 m, wymagające techniki górniczej), występowaniem kurzawek na trasie robót, a także koniecznością oceny hydrologicznej, czy wody z sąsiedniej zlewni zmieszczą się w korycie rzeki Bytomka.

the “Bytom – Centrum I” MSA is a complex task which requires extensive hydrogeological, geological-engineering, hydrological and design studies (for different drainage route options). The ground conditions of a new drainage collector would be complex. This is due to the presence in the subgrade (beneath the Quaternary deposits) of Triassic formations strongly transformed by mining impact, which have suffered fractures and in some areas the rock collapse has breached the ground surface.

Choosing the eastern route of natural drainage would entail permanent flooding along a part of the highway embankment. In turn, choosing the southern drainage route offers a theoretical possibility of confining the flooding within the MSA at a level which poses no flood threat to the highway embankment (Fig. 7). This option, however, sets additional challenges, related to the passage of the southern drainage route through the Vistula and Oder river watershed (an operation that would involve underground work at depths exceeding 40 m, requiring the use of mining techniques), and the presence of quicksand along this route. Finally, hydrological assessment should be carried out in order to determine whether the waters from the neighbouring catchment area can be contained by the Bytomka river bed.

It needs to be stressed that both route option of the preventive and repair works will be very costly, and it may be impossible to carry them out before the closure of all the active mines in the region (due to the water hazard to mine workings and mine crews). Considering the existing infrastructure and facilities in MAs threatened by flooding, an alternative to not performing the full scope of mine closure and drainage works will be the necessity of permanent and continuous pumping of water out of the analysed MSA. Another possible alternative would be the adoption of an environmental policy of dismantling the existing infrastructure and facilities threatened by flooding and/or moving them to non-threatened areas. According to Article 146, paragraph 4 of the Act: Geological and Mining Law [27], the National Treasury is the entity legally liable for the above-mentioned unrepaired mining-induced damages.

In light of the above, it is important to conclude that due to the presence of mining-induced transformations in the single “Bytom – Centrum I” MSA, shifting the location of the A1 Highway by several hundred meters to the north (beyond the areas threatened by flooding identified in

Należy podkreślić, że oba kierunki robót profilaktyczno-naprawczych będą bardzo kosztowne, a ich przeprowadzenie może nie być możliwe przed likwidacją wszystkich czynnych obecnie kopalń w rejonie (ze względu na zagrożenie wodne dla wyrobisk górniczych oraz załóg kopalń). W związku z istniejącym zagospodarowaniem terenów górniczych zagrożonych zawodnieniami alternatywą dla nieprzeprowadzenia pełnego zakresu robót likwidacyjnych kopalni oraz odwodnieniowych będzie konieczność nieustannego pompowania wody w opisywanym terenie górniczym i/lub przyjęcie polityki środowiskowej likwidacji obiektów zagospodarowania przestrzennego zagrożonych zawodnieniami bądź przenoszenia ich w rejon niezagrożone. Za powyższe nienaprawione szkody w terenach górniczych w myśl art. 146 ust. 4 Prawa geologicznego i górniczego [27] odpowiada Skarb Państwa.

Istotną staje się zatem konkluzja, że z uwagi na przekształcenia górnicze pojedynczego terenu górniczego „Bytom – Centrum I” inna lokalizacja autostrady A1 w tym terenie górniczym, z przesunięciem jej osi w planie o kilkaset metrów na północ (poza zasięg zagrożenia zawodnieniami zidentyfikowany na Rys. 4), mogła całkowicie wyeliminować lub co najmniej znacząco ograniczyć zagrożenie zawodnieniami jej nasypu drogowego w przypadku przeprowadzenia części opisanych robót likwidacyjnych oraz profilaktyczno-naprawczych. Takie działanie mogło zaowocować także wyeliminowaniem lub ograniczeniem zagrożenia sufozją podłoża gruntowego pod nasypem – zagrożenie to zidentyfikowano na Rys. 6 za pomocą oznaczeń 7, 10 i 11.

### **3.2. ANALIZA OBOWIĄZUJĄCEGO W POLSCE PRAWA W ZAKRESIE ZABUDOWY TERENÓW GÓRNICZYCH**

W niniejszym rozdziale zostaną omówione najistotniejsze przepisy prawa dotyczące zagrożenia zawodnieniami terenów górniczych. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych [28] w § 5 stanowi, że warunki te ustala się „w szczególności w oparciu o bieżące wyniki badań geotechnicznych gruntu, analizę danych archiwalnych, w tym analizę i ocenę dokumentacji geotechnicznej, geologiczno-inżynierskiej i hydrogeologicznej, obserwacji geodezyjnych zachowania się obiektów sąsiednich oraz innych danych dotyczących podłoża

Fig. 4), would have completely eliminated or at least significantly reduced the threat of flooding to its embankment. This would have taken place if part of the above-described mine closure as well as preventive and repair works had been carried out. This action could have also resulted in eliminating or reducing the threat of suffosion of the subgrade beneath the highway embankment. This threat was identified in Fig. 6 with designations 7, 10 and 11.

### **3.2. AN ANALYSIS OF THE APPLICABLE PROVISIONS OF POLISH LAW REGARDING THE DEVELOPMENT OF MAS AND PMAS**

This chapter discusses the key provisions of current and applicable Polish law pertaining to the threat of flooding of MAs and PMAs. The Ordinance of the Minister of Transport, Construction and Maritime Economy of 25 April 2012 on the determination of the geotechnical conditions for on-site foundation preparation for civil engineering structures [28] states in Clause 5 that the conditions are determined “in particular based on the current results of geotechnical field tests, an analysis of historical data, including an analysis and evaluation of geotechnical, geological-engineering and hydrological documentation, surveying observations of the neighbouring structures and other data on the subgrade in the area under analysis and its surroundings”. Below are listed the descriptions of the hydrogeological regime to be included in the referenced documents.

The Ordinance of the Minister of Environment for hydrogeological and geological-engineering documentation [29], in Cl. 21 par. 1 point 14 and par. 2 point 18 mandates inclusion of “the geological-engineering documentation prepared to determine the geological-engineering conditions for the purpose of on-site foundation preparation for civil engineering structures”. The exception is documentation needed for on-site foundation preparation of “hydro-engineering and right-of-way civil engineering structures”. The above documentation must contain the following: “an assessment of geological-engineering conditions in the areas under mining impact, including mining activity carried out in the past”, a “map of the areas threatened by flooding (if prepared), or a map based on the occurrence of closed basin lakes, swamp vegetation, and an analysis of groundwater table”. However, such maps of MAs and PMAs threatened by flooding



badanego terenu i jego otoczenia”. Poniżej zostaną wymienione opisy reżimu hydrogeologicznego które mają być zawarte w przywołanych dokumentach.

Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej [29] w § 21 ust. 1 pkt 14 oraz ust. 2 pkt 18 nakazuje „w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej sporządzonej w celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby posadawiania obiektów budowlanych, z wyłączeniem obiektów budownictwa wodnego i obiektów budowlanych inwestycji liniowych” zawrzeć „ocenę warunków geologiczno-inżynierskich na obszarach objętych działalnością górnictw z uwzględnieniem działalności górniczej prowadzonej w przeszłości” oraz „mapę obszarów zagrożonych podtopieniami sporządzoną na podstawie mapy podtopień, jeżeli została opracowana, lub na podstawie występowania obszarów bezodpływowych i roślinności bagiennej oraz analizy położenia zwierciadła wód podziemnych”. Jednak mapa terenów górniczych zagrożonych zawodnieniami (podtopieniami) może nie być dostępna na potrzeby opracowywania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej przed likwidacją zakładów górniczych.

Na podstawie § 17 ust. 1 pkt 10 rozporządzenia [29] prognozy możliwych szkód w środowisku, w tym wskazanie obszarów możliwych podtopień, powinny być zawierane w „dokumentacji hydrogeologicznej określającej warunki hydrogeologiczne w związku z zakończeniem lub zmianą poziomu odwodnienia likwidowanych zakładów górniczych”. Ten rodzaj dokumentacji hydrogeologicznej może być i – co ważne – najczęściej jest sporządzany przez następców prawnych przedsiębiorców górniczych w ostatniej fazie odwadniania zakładów górniczych. Właśnie taka kolejność działań została przyjęta w przypadku opisywanego terenu górniczego.

Pomimo istnienia przepisu zawartego w § 9 ust. 1 pkt 8 rozporządzenia [29], nakazującego „wskazanie czasu trwania odwadniania” w dokumentacji hydrogeologicznej, dotychczasowa praktyka oceniania oddziaływania na środowisko uwzględnia wymuszone odwadnianie (funkcjonowanie pompowni podziemnych oraz pompowni wód powierzchniowych). Powodem jest brak wiedzy o czasie możliwej likwidacji odwadniania niezbędnego dla ochrony czynnych kopalń przed zagrożeniem wodnym oraz dla ochrony obiektów powierzchniowych przed zawodnieniami.

(waterlogged) are generally not available for the purpose of preparing the geological-engineering documentation prior to the mine closure process.

Based on Cl. 17 par. 1 point 10 of the Ordinance [29], the forecast of potential damages to the environment, including indication of the areas of potential flooding should be contained in “hydrogeological documentation specifying hydrogeological conditions connected to the cessation of dewatering operations or changing of the level of drainage inside the mine under closure. This type of hydrogeological documentation can be and, more importantly, most often is prepared by legal successors of mining entities in the final phase of mine closure. It is exactly this order of operations that took place in the above-described MSA.

Despite the existence of the provision set out in Cl. 9 par. 1 point 8 of the Ordinance [29], which mandates “indicating the duration time of dewatering” in the hydrogeological documentation, in reality and to date, actual practice of assessing the impact of dewatering on the environment takes into account indefinite duration of forced drainage (operation of underground and surface waters pumping stations). This is due to the lack of knowledge on the time of possible cessation of dewatering operations necessary to protect active mines against water hazard and to safeguard the surface infrastructure against flooding.

In the authors’ opinion, all of the provisions of the applicable Polish law pertaining to the threat of flooding (waterlogging) of MAs and PMAs are not sufficiently precise. This aspect is discussed more extensively in another article by the author [30]. The above thesis can be substantiated by the fact that in the described MSA, the law allowed construction of the A1 Highway at the bottom of the deepest artificially drained basin in Bytom.

Recapitulating, it must be stated that the threat of flooding (as a result of restoring natural water flows) in MAs and PMAs should be taken into account in local development plans as well as in location decisions issued for public purpose investment projects. In particular, this refers to the construction of national highways, regional (state) roads, railway lines and main utility networks. Hazardous waste storage, construction of sewage treatment plants, petrol stations, etc. should also be taken into account. Finally, it should also be added, that the proposed amendment of the law requires prior assessment of its potential impact on the reserve base of hard coal in mines (the country’s

Zdaniem autorów wszystkie przepisy obowiązującego w Polsce prawa w aspekcie zagrożenia zawodnieniami (podtopieniami) terenów górniczych są mało precyzyjne. Szerzej omówiono ten aspekt w innym artykule autora [30]. Uzasadnieniem powyższej tezy może być fakt, że w opisywanym terenie górniczym dopuszczono do budowy autostrady A1 w dnie najgłębszej sztucznie odwadniającej niecki w Bytomiu.

Podsumowując, należy stwierdzić, że zagrożenie zawodnieniami (w wyniku przywracania naturalnych przepływów wód) w terenach górniczych i pogórniczych powinno być uwzględniane w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego, a także w decyzjach dotyczących lokalizacji inwestycji celu publicznego. Mowa w szczególności o budowie autostrad, dróg krajowych i ekspresowych, linii kolejowych czy magistralnych sieci uzbrojenia terenu. Powinno ono być także uwzględniane przy składowaniu odpadów niebezpiecznych, budowie oczyszczalni ścieków, stacji benzynowych itp. Należy dodać, że taka zmiana prawa wymaga oceny jej wpływu na zmniejszenie bazy zasobów operatywnych przemysłowych węgla kamiennego kopalń (bezpieczeństwo energetyczne kraju) oraz na rentowność branży górniczej (kolejność restrukturyzacji kopalń).

#### 4. WNIOSKI

1. Teren górniczy „Bytom – Centrum I”, przez który poprowadzono autostradę A1, charakteryzuje się dużymi przekształceniami górniczymi górotworu i powierzchni. Korpus autostrady zlokalizowano w centrum najgłębszej niecki z osiadań, odwadnianej za pomocą pompowni. W bezpośrednim sąsiedztwie autostrady płynie obwałowana rzeka Szarlejka, prowadząca wody pochodzące głównie z przerzutów. W sąsiedztwie węzła „Bytom” przy zbiornikach retencjonujących wodę z pasów autostrady podstawa nasypu drogowego autostrady charakteryzuje się rzędną 250,0 m n.p.m., co odpowiada wysokości położenia powierzchni  $-22$  m (poniżej normalnego hydrometrycznego punktu odniesienia rzeki Szarlejki). Tak znaczna depresja rejonu wynikała z ponad 33-metrowych obniżzeń górniczych powierzchni oraz wymuszonego drenażu wód.
2. O zagrożeniu zawodnieniami korpusu autostrady A1 w terenie górniczym „Bytom – Centrum I” stanowi

energy security) and on mining industry profitability (the order of mine closings).

#### 4. CONCLUSIONS

1. The “Bytom – Centrum I” MSA, through which the A1 Highway was routed, is characterized by large-scale mining-induced rock mass and surface transformations. The highway embankment was located in the centre of the deepest subsidence basin dewatered by pumping stations. In the direct vicinity of the highway flows the embanked Szarlejka river carrying mainly waters transferred by pumping stations. In the vicinity of the “Bytom” junction, next to the retention ponds collecting the runoff from the highway right-of-way, the elevation of the highway embankment toe is 250.0 m a.s.l., which corresponds to the relative elevation of  $-22$  m (below the normal hydrometric reference point of the Szarlejka river). The reason behind this considerable depression of this site is a  $\sim 33$  m mining subsidence of the surface and forced drainage.
2. The threat of flooding of the A1 Highway embankment within the “Bytom – Centrum I” MSA arises from the fact that the elevations of the highway right-of-way are lower than the indicated elevation of the base level of the natural outflow of the Szarlejka river water from this MSA (271.6 m a.s.l.). These two sections of the highway (in the area of the “Bytom” and “Piekary” junctions) have a total length of 1.5 km. The lowest point of the highway toe is situated to the west of the “Bytom” junction and its elevation is  $\sim 4.0$  m lower than the elevation of the base level of natural outflow of the Szarlejka river from this MSA.
3. Standard mine closure works undertaken at the “Centrum” hard coal mine consisting of simplification of the forced drainage systems allow the shutdown of 8 out of all 9 surface water pumping stations. If artificial drainage is to be continued, the one remaining pumping station would have to stay continuously and permanently operational and drain the lowest basin of the MSA. This pumping station is located at the retention ponds collecting water from the highway right-of-way at the “Bytom” junction.
4. The mine closure works consisting in the cessation of artificial drainage of the rock mass will have an effect on the flooding of the MSA surface. In particular,

- fakt, iż rzędne korony drogi są niższe od zidentyfikowanej wysokości bazy naturalnego odpływu wód rzeki Szarlejki z terenu górniczego (271,6 m n.p.m.) na dwóch odcinkach (w rejonach węzłów zjazdowych „Bytom” oraz „Piekary”) o sumarycznej długości 1,5 km. Najniższe miejsce korony drogi znajduje się na zachód od węzła „Bytom” i charakteryzuje się rzędną około 4,0 m niższą od wysokości bazy naturalnego odpływu wód tej rzeki z opisywanego terenu górniczego.
3. Standardowe działania likwidacyjne kopalni węgla kamiennego „Centrum” polegające na upraszczaniu systemów wymuszonego odwadniania umożliwiają likwidację 8 spośród 9 pompowni wód powierzchniowych. W przypadku zachowania sztucznego odwadniania – pompownią, która musiałaby nadal pracować i odwadniać najniższe wysokościowo miejsce terenu górniczego, jest pompownia przy zbiornikach retencjonujących wody z pasa drogowego autostrady przy węźle „Bytom”.
  4. Działania likwidacyjne kopalni polegające na zaprzestaniu odwadniania górotworu będą wpływać na zawodnienia powierzchni terenu górniczego. W szczególności likwidacje pompowni podziemnych odwadniających poziomy wodonośne triasu (kopalni rud cynkowo-ołowiowych) mogą wpłynąć na potrzebę wprowadzenia znaczących zmian wydajności pompowni przy zbiornikach retencjonujących wody z autostrady, w podłożu których występują wychodnie warstw triasowych.
  5. Przeprowadzeniu kompleksowych prac profilaktyczno-naprawczych powierzchni terenu górniczego „Bytom – Centrum I”, polegających na przywróceniu naturalnego odwadniania terenu górniczego, będą towarzyszyć trwale zawodnienia części dennej najgłębszej niecki bezodpływowej w Bytomiu, w której dnie znajdują się zbiorniki retencjonujące wody z pasa drogowego autostrady. Poziom tych zawodnień będzie wynikać z możliwości technicznych obniżenia bazy naturalnego odpływu wód z opisywanego terenu górniczego. Wyborowi wschodniego kierunku grawitacyjnego odwadniania towarzyszyłyby trwale zawodnienia, które w opisywanym terenie górniczym objęłyby część nasypu drogowego autostrady na długim odcinku. Przy wyborze południowego kierunku grawitacyjnego odwadniania istnieją teoretyczne możliwości
- the shutdown of underground water pumping stations draining the Triassic aquifers (of the zinc and lead ore mine) may result in a necessity to considerably modify the capacity of the pumping station. This pumping station is located next to the right-of-way retention ponds, in which Triassic outcrops occur in their sub-grade.
5. The comprehensive preventive and repair works of the surface of the “Bytom – Centrum I” MSA, involving the restoration of the natural water flows in the MSA, will be accompanied by permanent flooding of the bottom part of the deepest closed basin lake in Bytom, which contains the retention ponds collecting the runoff from the highway right-of-way. The level of this flooding will depend on the technical feasibility of lowering the base level of natural outflow of water from the analysed MSA. Choosing the eastern route of natural drainage would be tantamount to permanent flooding, which would affect part of the embankment along a lengthy stretch of the highway. Choosing the southern direction of natural drainage offers a theoretical possibility of confining the flooding in the MSA at a level posing no threat to the stability of the highway embankment.
  6. The cost of the preventive and repair works for either drainage direction – eastern and southern – will be very high and their construction prior to the closure of all the active mines in the region may not be possible due to the water hazard to mine workings and mine crews. The feasibility of these works requires extensive hydrogeological, geological-engineering, hydrological and design studies (for route options). Due to the ongoing urbanization of MAs and PMAs, natural drainage of the deepest closed basin lake in Bytom may prove unattainable for technical and economic reasons.
  7. Considering the existing development in MAs and PMAs threatened by flooding, the only alternative to not performing the full scope of mine closure and preventive and repair works will be the necessity to continually and perpetually pump water out of the analysed MSA and/or adopting an environmental policy of dismantling the existing infrastructure and facilities threatened by flooding or moving them to non-threatened areas. According to the provisions of

- liwości utrzymania zawodnień w terenie górniczym na poziomie niezagrażającym nasypowi autostrady.
6. Roboty profilaktyczno-naprawcze w obu rozpatrywanych kierunkach – wschodnim i południowym – będą bardzo kosztowne, a ich przeprowadzenie może nie być możliwe przed likwidacją wszystkich czynnych obecnie kopalń w rejonie (ze względu na zagrożenie wodne dla wyrobisk górniczych oraz załóg kopalń). Wymagają one przeprowadzenia szerokich badań studialnych: hydrogeologicznych, geologiczno-inżynierskich, hydrologicznych oraz projektowych (wariantów trasy). Z uwagi na postępującą urbanizację terenów górniczych doprowadzenie do naturalnego grawitacyjnego odwadniania najgłębszej niecki w Bytomiu może okazać się niewykonalne ze względów technicznych i ekonomicznych.
  7. Ze względu na istniejące elementy zagospodarowania terenów górniczych zagrożonych zawodnieniami, alternatywą dla nieprzeprowadzenia pełnego zakresu robót likwidacyjnych i profilaktyczno-naprawczych będzie konieczność ustawicznego pompowania wody w opisywanym terenie górniczym i/lub przyjęcie polityki środowiskowej likwidacji obiektów zagospodarowania zagrożonych zawodnieniami bądź przenoszenia ich w rejony niezagrażone. Za powyższe nienaprawione szkody w terenach górniczych w myśl Prawa geologicznego i górniczego odpowiada Skarb Państwa.
  8. Biorąc pod uwagę przekształcenia górnicze pojedynczego terenu górniczego „Bytom – Centrum I”, inna lokalizacja autostrady A1 w tym terenie górniczym z przesunięciem jej osi w planie o kilkaset metrów na północ (poza zidentyfikowany zasięg zagrożenia zawodnieniami) mogła całkowicie wyeliminować lub co najmniej znacząco ograniczyć zagrożenie zawodnieniami jej nasypu drogowego w przypadku przeprowadzenia części opisanych robót likwidacyjnych oraz profilaktyczno-naprawczych. Takie działanie mogło spowodować również wyeliminowanie lub ograniczenie zagrożenia sufozją podłoża gruntowego pod nasypem.
  9. Powodem lokalizacji obiektów budowlanych (w tym opisywanego odcinka autostrady A1) w terenach górniczych (pogórniczych) zagrożonych zawodnieniami są mało precyzyjne przepisy prawa w aspekcie zagrożenia zawodnieniami (podtopieniami).
- the Act: the Geological and Mining Law, the National Treasury is the entity liable for the above-mentioned unrepaired mining-induced damage occurring in MAs and PMAs.
8. Taking into account the mining-induced transformation in the single “Bytom – Centrum I” MSA, a different location of the A1 Highway in this area could have completely eliminated or at least significantly reduced the threat of flooding of its embankment if part of the mine closure and preventive and repair works had been carried out. This required shifting its route by several hundred meters to the north (beyond the identified extent of flood threat). This action could have also resulted in eliminating or minimising the threat of suffosion of the embankment subgrade.
  9. The reason behind the location of civil engineering structures (including the analysed A1 Highway) in MAs and PMAs threatened by flooding are imprecise regulations of existing law pertaining to the threat of flooding (waterlogging).
  10. The process of designing civil engineering structures on the surface of MAs and PMAs threatened by flooding should be different than the design process involving non-mining areas.
  11. In the authors’ opinion, the threat of flooding (as a result of restoring natural water flows) in MAs and PMAs should be taken into account in local development plans as well as when issuing location decisions for public purpose investment projects. In particular, this refers to the construction of national highways, regional (state) roads, railway lines, main utility networks, etc.
  12. However, adopting a legal obligation to address the threat of flooding in artificially drained MAs and PMAs may limit the surface area of land suitable for development (in mining communes) and have an indirect impact on the possibility of the extraction of mineral deposits.

10. Proces projektowania obiektów budowlanych i budowli na powierzchni terenów górniczych oraz pogórnich zagrożonych zawodnieniami powinny przebiegać odmiennie niż w przypadku terenów niegórnich.
11. Zdaniem autorów zagrożenie zawodnieniami (w wyniku przywracania naturalnych przepływów wód) w terenach górniczych i pogórnich powinno być uwzględniane w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego, a także w decyzjach dotyczących lokalizacji inwestycji celu publicznego. Mowa w szczególności o budowie autostrad, dróg krajowych i ekspresowych, linii kolejowych, magistralnych sieci uzbrojenia terenu itp.
12. Wprowadzenie prawnego obowiązku uwzględniania zagrożenia zawodnieniami w sztucznie odwadnianych terenach górniczych (w tym pogórnich) może spowodować ograniczenie powierzchni dostępnych terenów budowlanych w gminach górniczych oraz może pośrednio wpłynąć na możliwości eksploatacji górniczej kopalni.

## BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] *Ignacy D.*: Metoda oceny zagrożenia zawodnieniem terenów górniczych i pogórnich. *Przegląd Górniczy*, **73**, 1, 2017, 26-38
- [2] *Alvarez R., Ordóñez M.A., De Miguel E., Loredó C.*: Prediction of the flooding of a mining reservoir in NW Spain. *Journal of Environmental Management*, **184**, 2016, 219-228, DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.09.072
- [3] *Fan T., Yan J., Wang S., Ruan S.*: The environment and the utilization the status of the subsidence area in the Xu Zhou, Yan Zhou and Huainan and Huaibei region of China. *AGH Journal of Mining and Geoengineering*, **36**, 3, 2012, 127-133
- [4] *Gläßer C., Thürkow D., Dette Ch., Scheuer S.*: The development of an integrated technical – methodical approach to visualize hydrological processes in an exemplary post-mining area in Central Germany. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **65**, 3, 2010, 275-281, DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2009.11.002
- [5] *Marschalko M., Yılmaz I., Kubečka K., Bouchal T., Bednarik M., Peňáz T.*: Utilization of an underground mining evaluation map incorporating the effect of landslides and surface flooding for land-use purpose, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, **73**, 4, 2014, 1117-1126, DOI: 10.1007/s10064-014-0634-4
- [6] The Act of 27 April 2001: Environmental protection law. *The Journal of Laws (Dz.U.)*, 2001, No. 62 Item 627 as amended.
- [7] *Bukowski P., Augustyniak I.*: Analiza zjawisk związanych z całkowitym zaprzestaniem odwodnienia wyrobisk górniczych na przykładzie byłej kopalni "Maria". *Miesięcznik WUG: Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, **125**, 1, 2005, 13-21
- [8] *Staszewski B., Bukowski P.*: Konsekwencje hydrogeologiczne likwidacji kopalń dla powierzchni. *Problemy związane z likwidacją kopalń węgla kamiennego z punktu widzenia gmin górniczych*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice, 2001, 19-26
- [9] *Sztelak J., Kapuściński T., Szczepański W., Cempiel E.*: Ujęcie wód kopalnianych dla celów przemysłowych i pitnych w aspekcie ochrony powierzchni terenu w północno-wschodniej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. *Materiały z konferencji nt.: Postęp naukowy i techniczny w geologii górniczej węgla kamiennego; Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Nr 900, Seria Górnictwo, Zeszyt 149*, Gliwice, 1986, 371-381
- [10] *Rogoż M., Posylek E.*: Problemy hydrogeologiczne w polskich kopalniach węgla kamiennego. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, 2000
- [11] *Borecki M. (red.)*: Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi. Wydawnictwo "Śląsk", Katowice, 1980
- [12] *Wilk Z. (ed.)*: Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa, Tom 1, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo Dydaktyczne AGH, Kraków, 2003
- [13] *Bukowski P.*: Zawodnienie powierzchni terenu spowodowane działalnością górniczą prowadzoną w GZW w okresie od rozwoju górnictwa lat 70. i 80. XX wieku do okresu restrukturyzacji kopalń. *Przegląd Górniczy*, **62**, 5, 2006, 15-24
- [14] *Frolik A., Staszewski B.*: Likwidacja kopalń a zagrożenie wodne powierzchni. *Materiały z konferencji naukowo-technicznej pt.: "VIII dni miernictwa górniczego i ochrony terenów górniczych"*, Główny Instytut Górnictwa, Ustroń, 2005, 100-106
- [15] *Sikorska-Maykowska M. (ed.)*: Waloryzacja środowiska przyrodniczego i identyfikacja jego zagrożeń na terenie Województwa Śląskiego. Państwowy Instytut Geologiczny i Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego, Warszawa, 2001
- [16] *Budryk W., Knothe S.*: Zasady klasyfikacji terenów Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego ze względu na możliwość ich zabudowy; *Biuletyn nr 4*, PAN – Komitet ds. GOP, Warszawa, 1956

- [17] Bromek T., Kowalski A., Kwiatek J.: Klasyfikacja terenów pogórnich, in: Człowiek i środowisko wobec procesu restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego. Agencja Wydawniczo-Konsultingowa "GEO", Kraków, 2001, 383-397
- [18] Fiszer J., Sarna S.: Zagrożenia i ochrona budynków na obszarach zalewowych. *Gospodarka Wodna*, 8, 2001, 339-343
- [19] Kwiatek J. (ed.): Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice, 1998
- [20] Kwiatek J.: Ocena bezpieczeństwa obiektów budowlanych poddanych oddziaływaniom górniczym. Materiały z II Konferencji Naukowo-Szkoleniowej pt.: Bezpieczeństwo i ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych, *Prace Naukowe GIG: Górnictwo i Środowisko*, Wydanie specjalne, 6, 2008, 231-250
- [21] Jankowska M., Lisiewicz S.: Kartograficzne i geodezyjne metody badania zmian środowiska. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań, 1998
- [22] Ignacy D.: Zarządzanie zawodnieniami powierzchni na terenach górniczych w procesie kwalifikacji zasobów przemysłowych (Artykuł polemiczny). *Miesięcznik WUG: Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, 280, 12, 2017, 22-29
- [23] Ignacy D.: Zarządzanie zawodnieniami terenów górniczych w procesie planowania przestrzennego gmin górniczych. *Gospodarka Wodna*, 11, 2018, 341-345
- [24] Ignacy D.: Zarządzanie zawodnieniami terenów górniczych w procesie napraw szkód górniczych. *Gospodarka Wodna*, 4, 2019, 7-12
- [25] Ignacy D.: Relative elevations of the surface of artificially drained mine subsidence areas as significant aspects in formulating environmental policy. *Journal of Hydrology*, 575, 2019, 1087-1098, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2019.05.091
- [26] Ignacy D.: Comprehensive method of assessing the flood threat of artificially drained mine subsidence areas for identification and sustainable repair of mining damage to the aquatic environment. *Water Resources and Industry*, 26, 2021, 100153, DOI: 10.1016/j.wri.2021.100153
- [27] The Act of 9 June 2011: Geological and mining law. *The Journal of Laws (Dz.U.)*, 2020, Item 1064, 1339
- [28] The Ordinance of the Minister of Transport, Construction and Maritime Economy of 25 April 2012 on the determination of the geotechnical conditions for the founding of structures. *The Journal of Laws (Dz.U.)*, 2012, Item 463
- [29] The Ordinance of the Minister of Environment on hydrogeological-geological and engineering documentation the *Journal of Laws (Dz.U.)*, 2016, Item 2033
- [30] Ignacy D., Bukowski P.: Zawodnienia terenów górniczych – Przewodnik po najważniejszych przepisach z komentarzami mierniczego górniczego i geologa górniczego (stan prawa – styczeń 2017 r.). *Przegląd Geologiczny*, 65, 6, 2017, 358-364