

*złoże węgla kamiennego,  
zagrożenie wyrzutami gazów i skał,  
zastosowanie GIS w górnictwie,  
cyfrowa baza danych*

Anna GOGOLEWSKA\*

## **ANALIZA ZAGROŻENIA WYRZUTAMI GAZÓW I SKAŁ W ZŁOŻU WĘGLA KAMIENNEGO W NIECCE WAŁBRZYSKIEJ Z ZASTOSOWANIEM NARZĘDZI GIS**

Podstawowym celem opracowania było przeanalizowanie wyrzutów gazów i skał, które miały miejsce w niecce wałbrzyskiej w trzech dawnych kopalniach węgla kamiennego a mianowicie w kopalni Victoria, kopalni Wałbrzych i kopalni Thorez, w latach 1909–1998 z wykorzystaniem oprogramowania ArcGIS. Zbudowano przestrzenną i opisową cyfrową bazę danych, zawierającą parametry opisujące wyrzuty gazów i skał i przeprowadzono ich statystyczną analizę wraz z wizualizacją. Przedstawiono również zarys ponad 500 letniej historii górnictwa w niecce wałbrzyskiej. Ponadto omówiono problematykę związaną z wyrzutami gazów i skał oraz warunki geologiczne w dolnośląskim złożu węgla kamiennego.

### **1. WSTĘP**

W podziemnych kopalniach węgla kamiennego w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym najbardziej uciążliwym zagrożeniem naturalnym było zagrożenie wyrzutami gazów i skał oraz zagrożenie metanowe. Od 1894 roku do roku 1999, w którym zakończono eksploatację węgla w DZW, w niecce wałbrzyskiej i noworudzkiej wystąpiły 1672 wyrzuty gazów i skał, z których 286 miało miejsce w niecce wałbrzyskiej i 1386 w niecce noworudzkiej. Większość wyrzutów gazów węgla i piaskowców to wyrzuty dwutlenku węgla w niecce noworudzkiej, stanowiące 83% wszystkich wyrzutów.

W obszarach górniczych w niecce wałbrzyskiej eksploatacja węgla prowadzona była w oddziałach zróżnicowanych pod względem głębokości eksploatacji, gazonośności węgla, budowy geologicznej złoża, tektoniki, sąsiedztwa zrobów, obecności filarów ochronnych i filarów oporowych, własności skał stropu bezpośredniego i zasadniczego oraz miąższości złoża. Z tego względu, stan zagrożenia wyrzutami gazów

---

\* Politechnika Wroclawska, Instytut Górnictwa, pl. Teatralny 2, 50-051 Wrocław.

i skał w oddziałach wydobywczych był bardzo zróżnicowany. Po zlikwidowaniu kopalń w Wałbrzychu pojawiło się zagrożenie gazowe w strefie przypowierzchniowej stymulowane między innymi przez podnoszący się poziom wód po zaprzestaniu odwadniania wyrobisk podziemnych.

Obszary o dużym zagrożeniu wyrzutami gazów i skał oraz o dużej gazoności węgla stwarzały potencjalnie największe gazowe zagrożenie dla powierzchni. Mając na uwadze zagrożenie, jakie stanowiły wymienione wyżej zjawiska należało przeprowadzić szereg analiz w tym analizę zaistniałych wyrzutów gazów i skał, aby w miarę możliwości przewidzieć zachowanie się górotworu. Było to trudne zadanie, gdyż przyczyny i charakter wyrzutów gazowo-skalnych były bardzo złożone i właściwie do końca działalności górniczej w DZW problem wyrzutów nie został rozwiązany. Zjawiska te w trakcie eksploatacji były jednak w wystarczającym stopniu kontrolowane zarówno na etapie prognozy jak i na etapie zwalczania zagrożenia aktywnymi i pasywnymi metodami profilaktycznymi. Aby ocenić stan zagrożenia i podjąć odpowiednie działania profilaktyczne wykorzystywano doświadczenie załogi kopalnianej, wyniki pomiarów gazoności i wskaźnika zwięzłości węgla, informacje o zaistniałych zjawiskach (data, lokalizacja  $(x, y)$ , miejsce, rodzaj gazu, ilość gazu oraz wielkość wyrzutu) oraz dane geologiczne. Dlatego też, tak ważne było przeprowadzanie analizy zagrożenia wyrzutami gazów i skał oraz zagrożenia metanowego zarówno w czasie prowadzenia działalności górniczej jak i po jej zakończeniu.

Obecnie można taką analizę wykonać przez wprowadzenie odpowiedniego systemu informacyjnego, pozwalającego na szybką wizualizację na mapie zaistniałych wyrzutów oraz równocześnie dostarczającego wyżej wymienione informacje (opisowe dane) na ich temat. Takie możliwości zapewniają Systemy Informacji Geograficznej (GIS).

Zarządzanie zagrożeniami górniczymi to jedna z dziedzin górnictwa wykorzystująca Systemy Informacji Geograficznej. Łącząc dane przestrzenne z innych systemów informatycznych z danymi o zagrożeniach takich jak: pożary, tąpnięcia, wyrzuty gazów i skał, zagrożenia metanowe, wodne i oddziaływanie eksploatacji na powierzchnię, można wykonywać analizy, ułatwiające wybór odpowiedniej metody profilaktycznej i umożliwiające oraz ułatwiające prognozowanie zagrożeń w czasie prowadzenia działalności górniczej i również po zlikwidowaniu zakładu górniczego.

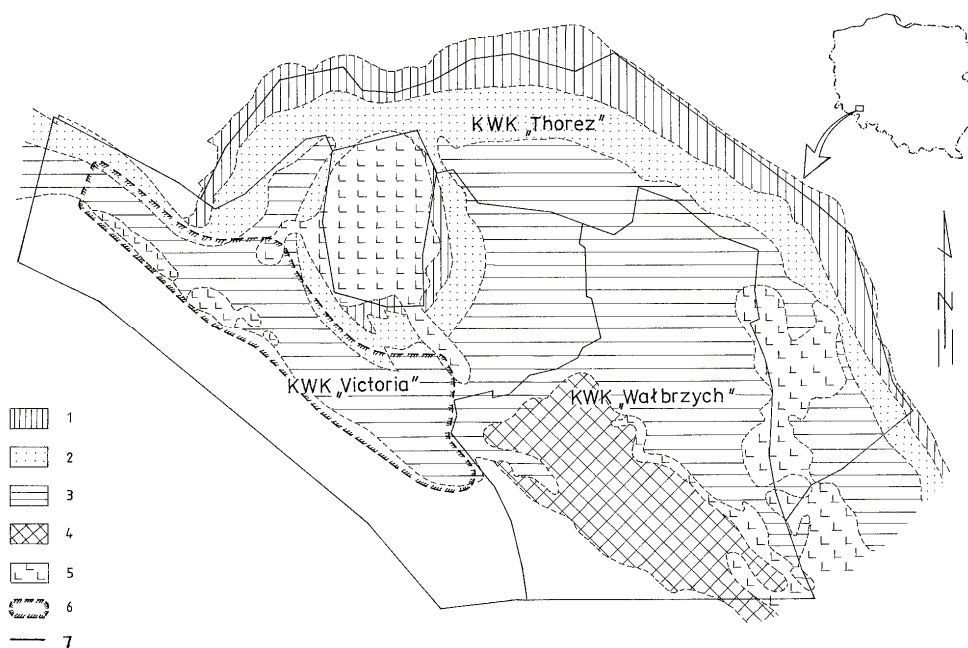
W pracy jako narzędzie do wykonania analiz zastosowano oprogramowanie ArcGIS Desktop firmy ESRI w konfiguracji ArcView. Użyto dwóch aplikacji ArcCatalog i ArcMap. ArcCatalog zastosowano w celu uporządkowania tabel w Geobazę oraz tworzenia nowych plików shape, potrzebnych do wektoryzacji w ArcMap. Wykorzystano również ArcMap do analizy i opracowania map oraz do przeglądania i wyszukiwania danych przestrzennych za pomocą zapytań SQL. Za pomocą ArcMap wykonano symbolizację oraz wykresy. Tabele danych przestrzennych i opisowych zostały wykonane w Microsoft Access, następnie wczytano je do Geobazy w ArcCatalog.

Dane źródłowe stanowi zbiór 221 wyrzutów gazów i skał, które wystąpiły w niecce wałbrzyskiej od roku 1909 do momentu zakończenia eksploatacji węgla kamiennego w DZW (rok 1999) oraz mapa niecki wałbrzyskiej w skali 1:25000 w formie druko-

wanej. W bazie danych umieszczono informacje dotyczące analizowanych wyrzutów takie jak: kopalnia, pokład, rodzaj gazu, data, opis miejsca wyrzutu, współrzędne: X, Y i Z, głębokość wyrzutu, ilość gazu i ilość materiału.

## 2. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Dawne Dolnośląskie Zagłębie Węglowe (DZW) leży w południowo-zachodniej Polsce, w północnej i południowo-wschodniej części synklinorium śródsudeckiego. Złoże węgla kamiennego w DZW wybierane było w trzech podziemnych kopalniach w Wałbrzychu (KWK Thorez, KWK Wałbrzych i KWK Victoria) i w dwóch podziemnych kopalniach w Nowej Rudzie (KWK Słupiec i KWK Piast) (rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja dawnych obszarów górniczych kopalń węgla kamiennego w niecce wałbrzyskiej (KWK Thorez, KWK Wałbrzych i KWK Victoria) na tle uproszczonej odkrytej mapy geologicznej 1-4-karbon: 1 – warstwy wałbrzyskie, 2 – warstwy białokamieńskie, 3 – warstwy żaclerskie, 4 – utwory stefanu, 5 – wulkanity permu, 7 – granice obszarów górniczych dawnych kopalń (KWK Thorez, KWK Wałbrzych i KWK Victoria) (opracowanie własne)

Fig. 1. Location of the former coal mines within Wałbrzych basin (Thorez mine, Wałbrzych mine, Victoria mine) and major geological structures 1-4-carboniferous formation: 1 – Wałbrzych formation, 2 – Białokamień formation, 3 – Żacler formation, 4 – stefanian formation, 5 – permian volcanoes, 7 – mining field borders of the former coal mines (Thorez, Wałbrzych and Victoria)

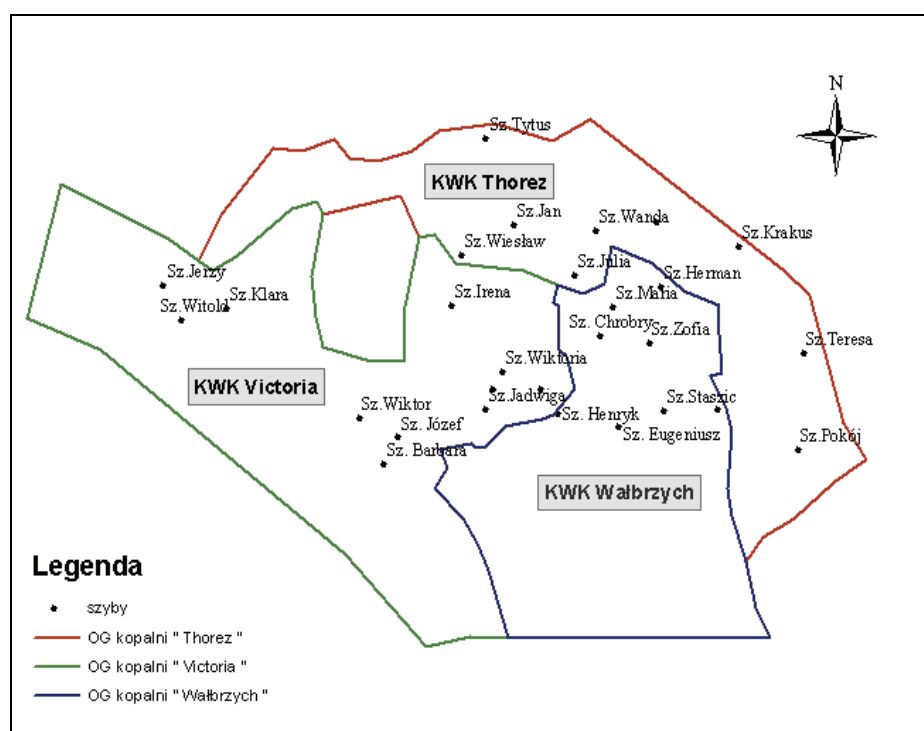
Wałbrzyski Okręg Węglowy miał powierzchnię około 600 km<sup>2</sup>. Pod względem geograficznym jest to obszar Kotliny Wałbrzyskiej. Przez obszar złoża przebiega linia kolejowa relacji Wrocław–Jelenia Góra. Teren w większej części pokryty jest gęstą siecią dróg i ulic. Powierzchnia terenu jest urozmaicona morfologicznie, pokryta jest szeregiem wzniesień i oddzielonymi od siebie dolinami wykorzystanymi pod zabudowę. Najwyższym wzniesieniem jest masyw Chełmca o rzędnej wysokości 852 metry nad poziomem morza. Maksymalna różnica wzniesień to około 400 metrów.

## 2.1. ZARYS HISTORII GÓRNICTWA W NIECCE WAŁBRZYSKIEJ

Eksploatacja węgla kamiennego w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym prowadzona była od czasów średniowiecznych. Najstarszy zachowany dokument z nią związany pochodzi z roku 1434 i dotyczy górnictwa węglowego w rejonie Nowej Rudy. Najstarsze zapisy dokumentujące wydobywanie węgla w rejonie Wałbrzycha są o ponad sto lat późniejsze i pochodzą z roku 1536. Znacznie wcześniej węgiel pozyskiwany mógł być lokalnie przez miejscową ludność w strefach wychodni pokładów. Pierwsze kopalnie w okolicach Wałbrzycha powstawały właśnie w rejonach wychodni pokładów na obrzeżach wałbrzyskiej niecki węglowej, czyli na zboczach wzgórz otaczających kotlinę wałbrzyską od strony zachodniej, północno-zachodniej i wschodniej. W miarę wyczerpywania się zasobów, konieczne stało się wydobywanie węgla z większych głębokości a więc metodą podziemną. Pokład udostępniano wtedy płytkimi szybikami, o głębokości do 20 metrów z obudową drewnianą. Po udostępnieniu węgiel wybierano wokół szybików. Inny sposób udostępniania płytko zalegającego pokładu polegał na dotarciu do niego sztolnią. Jeżeli jednocześnie tę samą partię pokładu udostępniono położonym w pobliżu szybikiem, istniała możliwość połączenia obu wyrobisk udostępniających podziemnym wyrobiskiem w pokładzie. W miarę wyczerpywania się płytko zalegających zasobów wyrobiska udostępniające stawały się coraz dłuższe, a sieć wyrobisk podziemnych coraz bardziej złożona. Istotnym przełomem w rozwoju dolnośląskiego górnictwa była druga połowa XVIII wieku, gdy Śląsk został przyłączony do Prus. Dynamiczny rozwój górnictwa w rejonie Wałbrzycha przyniósł wiek XIX. Wynaleziona w drugiej połowie poprzedniego wieku maszyna parowa zrewolucjonizowała większość gałęzi gospodarki. Zapotrzebowanie na węgiel rosło (Piątek 1992).

Największy rozkwit wałbrzyskiego górnictwa przypadł na lata przełomu XIX i XX wieku oraz pierwszych dwudziestu lat XX wieku, do wybuchu ogólnoświatowego kryzysu gospodarczego w 1923 roku. W czasie światowego kryzysu wałbrzyski przemysł węglowy i inne gałęzie gospodarki na tym terenie załamały się. Region wałbrzyski, w tym także kopalnie nie powróciły do świetności sprzed czasu kryzysu. Okres II wojny światowej przyniósł dalsze pogłębienie niekorzystnej sytuacji w górnictwie wałbrzyskim. W 1945 roku DZW znalazło się w granicach państwa polskiego. Na bazie przejętych niemieckich kopalń utworzono 4 zakłady górnicze: Bolesław Chrobry i Mieszko (zakłady te połączono później w jedną kopalnię Wałbrzych), Victoria oraz Julia, który nazwano Biały Kamień a następnie Thorez. Przemysł węglowy stał się dla mieszkańców Wałbrzycha

podstawą bytu. Pod względem wielkości wydobycia i wydajności górnictwo wałbrzyskie po II wojnie światowej nigdy nie osiągnęło poziomu ze swojego najlepszego okresu, tj. z pierwszych 20 lat XX wieku, czy nawet z lat trzydziestych ubiegłego wieku. W skali polskiego przemysłu węglowego zawsze odgrywało niewielką rolę, gdyż wydobycie ze wszystkich kopalń dolnośląskich stanowiło jedynie kilka procent wydobycia krajowego. Najistotniejszą tego przyczyną były podobnie jak w latach 30. XX wieku, niekorzystne warunki geologiczno-górniczne i zagrożenia naturalne, a szczególnie zagrożenie gazowe i wyrzutami gazów i skał (metanu i dwutlenku węgla) (Piątek 1992).



Rys. 2. Granice dawnych obszarów górniczych kopalń węgla kamiennego w niecce wałbrzyskiej (KWK Thorez, KWK Wałbrzych i KWK Victoria) oraz główne szyby górnicze (wydobycze i wentylacyjne) (opracowanie własne z wykorzystaniem programu ArcGIS) (opracowanie własne)  
 Fig. 2. Location of the former mine fields within Wałbrzych basin (Thorez mine, Wałbrzych mine, Victoria mine) and major production and ventilation shafts (author's GIS project)

W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku rozpoczęto realizację projektu budowy zintegrowanego kompleksu wydobywczego Kopernik. Przemiany systemowe w kraju na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych i rozpoczęta w ich rezultacie restrukturyzacja górnictwa przerwały te prace. Lata dziewięćdziesiąte to okres likwidacji kopalń. W pierwszej fazie likwidacji (1993 rok) kopalnie połączyły się w Wałbrzyskie Kopalnie Węgla Kamiennego z trzema Zakładami Górniczymi: ZG Chrobry

(dawna KWK Wałbrzych), ZG Victoria i ZG Julia (dawna KWK Thorez). Następnie poszczególne zakłady, prowadząc coraz bardziej ograniczone wydobycie likwidowały swoje rejony i całe pola eksploatacyjne.

Ostatni wózek węgla został wywieziony na powierzchnię w ZG Victoria w dniu 14.05.1994 r., w ZG Chrobry w dniu 29.12.1994 r. i w ZG Julia w dniu 20.09.1996 r. Jako pierwszy został zlikwidowany ZG Victoria, następnie ZG Chrobry a jako ostatni, ZG Julia. W trakcie likwidacji tych trzech zakładów górniczych, na bazie majątku i z części obszarów górniczych ZG Chrobry i ZG Victoria, utworzono w 1994 roku Zakład Wydobywczo-Przeróbczy Antracytu (ZWPA), który zgodnie z założeniami miał eksploatować głęboko zalegające pokłady antracytu (poniżej 1000 metrów pod powierzchnią terenu). Niestety ZWPA nie uzyskiwał zadowalających wyników ekonomicznych i w tej sytuacji zakład musiał zostać zlikwidowany. Ostatni wózek węgla został wywieziony na powierzchnię w ZWPA w dniu 29.06.1998 r. Całkowita likwidacja podziemnej części ZWPA, która była ostatnią podziemną kopalnią węgla kamiennego w Wałbrzychu, nastąpiła w połowie roku 1999.

Na rysunku 2 przedstawiono granice obszarów górniczych kopalń wałbrzyskich, a mianowicie Kopalni Węgla Kamiennego Wałbrzych, Kopalni Węgla Kamiennego Thorez i Kopalni Węgla Kamiennego Victoria oraz główne szyby górnicze (wydobycze i wentylacyjne) na terenie tych kopalń.

## 2.2. ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ ZŁOŻA WĘGLA KAMIENNEGO

Dolnośląskie Zagłębie Węglowe jest położone na obszarze największej jednostki geologicznej Sudetów Środkowych-depresji śródsudeckiej, stanowiąc północną jej część, położoną w granicach Polski. Synklinorium śródsudeckie, powstało w trakcie ewolucji waryscyjskiego systemu geosynklijalnego. Synklinorium to zaliczane do limnicznych zapadlisk śródgórskich jest najdalej na wschód wysuniętym zapadliskiem na waryscyjskim Masywie Czeskim. Depresja śródsudecka rozprzestrzenia się na zróżnicowanym podłożu. Okalają ją następujące jednostki geologiczne: metamorficzna okrywa Karkonoszy, epimetamorfik Gór Kaczawskich, blok gnejsowy Gór Sowich, struktura bardzka i metamorfik kłodzki. Na południu, poza granicami Polski, depresja śródsudecka graniczy z utworami płyty podkarkonoskiej i osadami górnej kredy rowu Hronowa (Nemec et al. 1982; Kotas, Porzycki 1984).

Niecka wałbrzyska stanowi jednostkę geologiczno-strukturalną, wchodzącą w skład synklinorium śródsudeckiego. Na zachodzie jest ona oddzielona od głównej synkliny antynkliną Jabłowa. Na wschodzie od gnejsowego bloku sowiogórskiego oddziela ją tzw. dyslokacja Strugi (Grocholski 1961). Południowa granica strukturalna niecki wałbrzyskiej, którą stanowi odcinek głównego uskoku śródsudeckiego (Oberc 1964; 1972), jest słabo wyrażona, dlatego najczęściej jako obramowanie niecki, przyjmowana jest umownie linia intersekcyjna spągu utworów permskich. Podobnie umowny charakter ma północna granica niecki, którą wyznacza intersekcyjna linia stropu kulmowych utworów dolnego karbonu.

W niecce wałbrzyskiej wyróżniane są cztery główne elementy strukturalne: antyklina Jabłowa, synklina Gorców, ryolitowy lakkolit Chełmca i synklina Sobięcina (Oberc 1972). W skład profilu stratygraficzno-litologicznego synklinorium śródsudeckiego wchodzi utworów dolnego karbonu, prawdopodobnie łączące się z utworami górnego dewonu w centralnej części synklinorium (Oberc 1972), pełne serie górnego karbonu i dolnego permu, niepełna seria górnego permu, pstrego piaskowca oraz morskich utworów górnej kredy. Serię węglonośną górnego karbonu, określoną jako późno-geosynklinalną molasę młodszą zdeponowaną w wewnętrznej strefie łuku warwiscydów (Grocholski 1983; Kotas, Porzycki 1984), tworzą: formacja wałbrzyska, formacja białokamińska oraz formacja zaclerska, której dolne ogniwo nosi nazwę z Boguszowa, a górne z Gorców (Bossowski, Chlebowski 1978) (rys. 1). Utwory tych formacji zostały zdeponowane w oddzielnych nieckach sedymentacyjnych. W niecce wałbrzyskiej występuje 80 pokładów węgla, w tym 30 w formacji wałbrzyskiej (pokłady o numeracji od 680 do 651), 2 w formacji białokamińskiej (550 i 549) oraz 48 pokładów w formacji zaclerskiej (od 448 do 423-ogniwo węglonośne z Boguszowa i od 322 do 301-ogniwo węglonośne z Gorców) (Augustyniak, Bossowski 1979; Grocholski 1983; Kotas, Porzycki 1984).

Rejon wałbrzyski wykształtowany jest w postaci dwóch niecek różnych, co do wielkości i otwartych ku południowi oddzielonych od siebie masywem porfirowym (lakkolitem) Chełmca. Lakkolit Chełmca jest elementem wyróżniającym się w budowie geologicznej rejonu wałbrzyskiego i dzieli synklinorium na część zachodnią zwaną synkliną Gorców i część wschodnią zwaną synkliną Sobięcina. Obie struktury w kierunku południowym przechodzą w synklinę główną. Synklina Sobięcina leżąca po stronie wschodniej Chełmca jest znacznie większa od synkliny Gorców i stanowi najbogatszą pod względem węglonośności część złoża (rys. 1).

Synklina Gorców jest od zachodu ograniczona skomplikowaną formą zwaną siodłem Jabłowa, a od wschodu intruzją Chełmca. Synklina charakteryzuje się asymetryczną budową oraz zmiennymi wielkościami upadu warstw. Wschodnie jej skrzydło jest strome a zachodnie łagodnie nachylone. W zachodniej części warstwy zapadają pod kątem 40°–60°, natomiast w części wschodniej w pobliżu Chełmca upady są większe. Bardziej strome a nawet pionowe zaleganie warstw występuje szczególnie na połączeniu wschodniego skrzydła synkliny Gorców i zachodniego skrzydła synkliny Sobięcina na południe od lakkolitu Chełmca. Lakkolit Chełmca wykazujący w obrazie intersekcyjnym zarys owalny, intrudował w obręb warstw wałbrzyskich i białokamińskich. Wschodnie odgałęzienie intruzji Chełmca (dajka Sobięcina) jest obcięte dużym uskokiem o kierunku NW-SE, jednym z kilku uskoków o tym przebiegu. Utwory warstw wałbrzyskich w otoczeniu intruzji Chełmca zapadają na zewnątrz pod niewielkim kątem, z wyjątkiem północnej części, gdzie upad warstw wynosi 50°.

Na wschód od intruzji Chełmca leży synklina Sobięcina, największa jednostka strukturalna rejonu wałbrzyskiego. Jest to forma niesymetryczna, o osi wygiętej i stromym skrzydle zachodnim. Skrzydło zachodnie synkliny idąc od południowego zachodu wykazuje początkowo kierunek zbliżony do równoleżnikowego, następnie

przyjmuje kierunek południkowy by w części najbardziej wysuniętej ku północy skrócić ku wschodowi. W części środkowej skrzydła zachodniego, warstwy zapadają pod kątem  $20^{\circ}$ – $30^{\circ}$  w kierunku wschodnim. Skrzydło wschodnie synkliny wykazuje początkowo kierunek równoleżnikowy i dalej w kierunku wschodnim skręca na południe. W północnej części synkliny Sobięcina warstwy zapadają pod kątem zbliżonym do kąta upadu warstw skrzydła zachodniego wykazując tendencję wzrostu upadu ku południowemu wschodowi. Charakterystyczne jest zwiększenie upadu warstw w rejonie kontaktu warstw wałbrzyskich z blokiem Gór Sowich, gdzie następuje zmiana rozciągłości skrzydła synkliny w kierunku południowym. Synklina Sobięcina przecięta jest licznymi uskokami. Poza uskokami o kierunku NW-SE częstymi w jej zachodniej części we wschodniej części synkliny występują uskoki równoległe do obrzeżających synklinę dyslokacji, a więc o kierunku NNW-SSE oraz uskoki o kierunku zbliżonym do kierunku równoleżnikowego.

Okręg wałbrzyski charakteryzuje się występowaniem licznych zaburzeń uskokowych. Zaburzenia te pod względem wielkości zrzutu oraz kierunku przebiegu można podzielić na dwie grupy. Pierwszą grupę stanowią zaburzenia przebiegające z północnego zachodu ku południowemu wschodowi ukośnie do rozciągłości, charakteryzujące się stosunkowo dużymi zrzutami. Do tej grupy należą na przykład: uskok zachodni, uskok gorecki, uskoki strefy uskokowej zlokalizowanej na południe od lakkolitu Chełmca oraz strefa uskokowa w północno-wschodniej części niecki Sobięcina obejmująca charakterystyczne dla tego rejonu zagęszczenie uskoków. Grupę drugą tworzą zaburzenia o kierunkach zbliżonych do równoleżnikowego takie jak nasunięcie Zamkowej Góry i nasunięcie Amalia.

W niecce wałbrzyskiej występują liczne objawy magmatyzmu waryscyjskiego. Wydzielono następujące ich formy i rodzaje (Plewa 1968): ryolity alkaliczne-pasmo Czarny Bór-Gorce-Stary Lesieniec, ryolity właściwe-masyw lakkolitu Chełmca, leukoryolity-fakolit Mniszka i fakolit strefy dyslokacyjnej Kuźnic Świdnickich uważane za apofizy Chełmca, leukoryolity kwarcowe w postaci silli, apofiz i pni w środkowej części niecki wałbrzyskiej. Stwierdzono również występowanie tufów ryolitowych I melafirowych. Ustalono, że wulkanity wałbrzyskie wywodzą się z kwaśnej magmy alkalicznej, ubogiej w CaO (Grocholski 1965; Plewa 1965). Inne badania (Nowakowski 1976; Kowalski 1976; Nemeč 1979) wykazały, że skały magmowe uległy wtórnej metasomatozie alkalicznej i wałbrzyskie porfiry albitowe były pierwotnie ryodacytami lub ryobazaltami.

### 3. ZAGROŻENIE WYRZUTAMI GAZÓW I SKAŁ

W górnictwie światowym występują wyrzuty: gazów (metanu, dwutlenku węgla lub azotu lub mieszaniny tych gazów) i węgla, gazów (metanu lub dwutlenku węgla lub mieszaniny tych gazów) i skały płonnej-piaskowców, gazów (metanu, dwutlenku węgla, azotu siarkowodoru i innych) oraz soli, wyrzuty gazowe (azotu) i piaskowca



w kopalniach rud miedzi. O skali zagrożenia wyrzutami świadczyły katastrofy górnicze nimi spowodowane. Pierwszy katastrofalny wyrzut w górnictwie europejskim wystąpił 17 kwietnia 1879 roku w belgijskiej kopalni węgla kamiennego Agrapp. W jego wyniku do wyrobiska kopalni przemieściła się masa 430 Mg węgla i wydzielilo się 500 000 m<sup>3</sup> metanu. Wydzielony wydobywczym szybem metan zapalił się od otwartego światła na powierzchni i spalał się około 2 godzin, dając 50-metrowy słup ognia. Wystąpiło wtedy 7 wybuchów metanu a powierzchnia kopalni została poważnie zniszczona. Z obecnych na dole kopalni 209 osób zginęło 121. Największy w górnictwie światowym wyrzut gazowo-skalny miał miejsce w kopalni soli potasowej w Niemieckiej Republice Demokratycznej, 7 lipca 1953 roku. Spowodowany został strzelaniem centralnym pod nieobecność załogi pod ziemią. Bezpośrednio po odpaleniu materiałów wybuchowych rozpoczął się wyrzut dwutlenku węgla i soli, do wyrobisk przemieściło się 100 000 Mg soli i ponad 700 000 m<sup>3</sup> dwutlenku węgla. Gaz wy dostał się z szybu z głębokości 520 metrów na powierzchnię, dostał się na teren osiedla przykopalnianego gdzie spowodował uduszenie 22 osób. Wyrzuty gazowe stwierdzone były i są we wszystkich dużych zagłębiach górniczych. Występowały między innymi w licznych zagłębiach węglowych i solnych w Związku Radzieckim, w Polsce (wyrzuty metanu i dwutlenku węgla z węglem oraz soli kamiennej z metanem, azotem i siarkowodorem), w górnictwie brytyjskim, niemieckim (wyrzuty metanu i węgla oraz piaskowca a także wyrzuty gazów i soli potasowych), węgierskim w Zagłębiu Pecs (wyrzuty metanu i węgla), czeskim w Zagłębiu Ostrawsko-Karwińskim (wyrzuty metanu i dwutlenku węgla z węglem oraz skałą płonną), bułgarskim (metan i węgiel), w Australii (wyrzuty dwutlenku węgla i węgla), w Japonii (wyrzuty metanu i węgla), w Chinach (wyrzuty węgla i metanu), we Francji (wyrzuty metanu i dwutlenku węgla z węglem) (Kozłowski 1980).

W złożu węgla kamiennego w DZW występuje w metan, dwutlenek węgla i wyższe węglowodory gazowe oraz mieszaniny tych gazów. W kopalniach węgla kamiennego w niecce wałbrzyskiej i w niecce noworudzkiej zagrożenie metanowe i wyrzutami gazów: metanu, dwutlenku węgla oraz ich mieszaniny i skał były najbardziej uciążliwymi i niebezpiecznymi spośród naturalnych zagrożeń towarzyszących eksploatacji złoża. Największe wyrzuty gazów i skał w DZW to wyrzuty dwutlenku węgla w niecce noworudzkiej. W czasie największego wyrzutu, który zdarzył się tam 22.10.1958 r. zostało wyrzucone do wyrobisk 5000 Mg węgla i wydzielilo się 750 000 m<sup>3</sup> gazu. Wyrzut w dniu 9.07.1930 r., któremu towarzyszyła ilość 3354 Mg wyrzuconego węgla pociągnął za sobą śmierć 151 ludzi a wyrzut w dniu 10.05.1941 r. z ilością wyrzuconego materiału 4112 Mg zabił 187 górników (Cis 1971).

W kopalniach węgla kamiennego w DZW zagrożenie wyrzutami gazów i skał występowało od 1894 roku, a zjawisko gwałtownego wydzielania dwutlenku węgla i mieszaniny gazów kopalnianych do wyrobisk było znane w tych kopalniach już od 1730 roku. Od 1894 roku do roku 1999, w którym zakończono eksploatację węgla w DZW, w czasie wybierania złoża węgla kamiennego w niecce wałbrzyskiej i noworudzkiej wystąpiły 1672 wyrzuty gazów i skał, z których 286 miało miejsce

w niecce wałbrzyskiej i 1386 w niecce noworudzkiej. Większość wyrzutów gazów węgla i piaskowców to wyrzuty dwutlenku węgla w niecce noworudzkiej, stanowiące 83% wszystkich wyrzutów. Wyrzuty gazów i skał spowodowały śmierć 502 górników, w tym 88 w Wałbrzychu i 514 w Nowej Rudzie.

Zjawisko wyrzutu gazów i skał w kopalniach polega na nagłym wyrzucaniu i rozdrabnianiu odsłoniętej wyrobiskiem części pokładu węgla lub innej skały oraz przenoszeniu kruszywa do wyrobisk górniczych z równoczesnym wydzielaniem gazu. W wyniku zaistniałego wyrzutu w pokładzie węgla powstawała kawerna powyrzutowa o rozmiarach odpowiednich do wielkości i kształtu wyrzutu, a w szczególności do ilości wyrzuconych mas węgla i skał. Przy dużych wyrzutach kruszywo w formie usypiska zajmuje w wyrobiskach znaczną przestrzeń w sąsiedztwie miejsca wyrzutu. Wypełnia ono prawie cały przekrój chodnika na dłuższym odcinku licząc od kawerny, a jedynie pod stropem pozostaje kanał, którym odpływały wydzielające się gazy. W przypadku powstania zawału stropu nad kawerną lub wyrobiskiem, w usypisku znajdują się duże bloki kamienia, przeniesione przeważnie na pewną odległość od miejsca zawału. Kawerna powstała po wyrzucie, wypełniona jest również skruszoną skałą. Usypisko w przypadku małych wyrzutów, pozbawione jest kanału odpływowego dla gazów. Nie występuje również na wierzchu usypiska, charakterystyczna dla dużych wyrzutów warstwa pyłu, ziarna materiału skalnego są na ogół, większe. W przypadku powstania wyrzutu przy głębieniu szybików zostają one zasypane w całości lub w części kruszywem, w nadszybiu znajduje się zwykle usypisko z wyrzuconego drobnego materiału. Materiał skalny po oderwaniu od calizny zostaje przeniesiony na pewną odległość. Odległość ta zależy jest od prędkości i ciężaru właściwego odpływających gazów, tj. od ilości wydzielającego się gazu i od jego rodzaju. Ilość wydzielonego gazu podczas wyrzutu jest zależna od gazoności pokładu i stopnia rozdrobnienia calizny w czasie wyrzutu (Cis 1971).

Gazoność węgla definiowana jest jako sumaryczna zawartość metanu, wyższych węglowodorów gazowych i dwutlenku węgla w węglu wyrażona w  $m^3$  przeliczonych na 1 Mg czystej substancji węglowej (csw), czyli bez popiołu i wilgoci (daf) ( $Mg_{csw} = Mg^{daf}$ ) ( $m^3/Mg^{daf}$ ). Natomiast metaność jest to zawartość metanu i innych gazów palnych (wyższych węglowodorów gazowych i wodoru) w węglu wyrażona w  $m^3$  przeliczonych na 1 Mg czystej substancji węglowej ( $m^3/Mg^{daf}$ ), a zawartość dwutlenku węgla w węglu jest to ilość tego gazu w węglu wyrażona w  $m^3$  przeliczona na 1 Mg czystej substancji węglowej ( $m^3/Mg^{daf}$ ).

Charakterystyczną cechą gazu złożowego występującego w niecce wałbrzyskiej jest jego zróżnicowany skład cząsteczkowy oraz rozkład przestrzenny polegający na strefowo-gniazdowym występowaniu dużego nasycenia złoża dwutlenkiem węgla lub metanem bądź mieszaniną tych gazów. Blisko 70% części pokładów charakteryzowała się niską zawartością gazów do  $4,5 m^3/Mg^{daf}$ , natomiast pozostałe części pokładów były przesycone gazami ponad miarę, przekraczając pojemności sorpcyjne węgla, o gazoności powyżej  $8 m^3/Mg^{daf}$ , często powyżej 12 a nawet  $16 m^3/Mg^{daf}$ . Z powyższymi strefami wysokiego nasycenia gazami związane były zjawiska wyrzu-

tów gazów i skał, występujące w czasie drążenia wyrobisk chodnikowych w węglu, przy prowadzeniu eksploatacji w ścianach oraz przy udostępnianiu pokładów wyrobiskami kamiennymi.

Przez zagrożenie wyrzutami gazów i skał rozumie się potencjalny stan poszczególnych wyrobisk, rejonów eksploatacji, wszystkich wyrobisk dołowych, a nawet na podszybiach, szybach, nadszybiach i w ich bezpośrednim sąsiedztwie na powierzchni kopalni-zagrażający życiu ludzkiemu, ruchowi górniczemu i prowadzonym procesom technologicznym. Zagrożenie to powstaje w wyniku zasypania wyrobisk masami wyrzutowymi, pod którymi mogą znaleźć się ludzie, przy czym szanse ich uratowania są najmniejsze oraz w wyniku wypełnienia wyrobisk górniczych gazem towarzyszącym wyrzutowi. Wypływy azotu lub dwutlenku węgla grożą uduszeniem się, siarkowodoru zatruciem, a gazy wybuchowe (wodór i metan) stwarzają dodatkowo możliwość katastrofy wybuchu, który zwykle następuje wskutek oczywistych zakłóceń wentylacji, uszkodzenia sieci elektrycznej, zniszczenia urządzeń, iskier mechanicznych powstających przy przemieszczaniu mas wyrzutowych do wyrobisk i innych czynników.

Wyrzut gazowo-skalny jest opisywany za pomocą następujących parametrów: wielkość wyrzutu, wskaźnik odgazowania, czas trwania wyrzutu, natężenie (intensywność) wyrzutu, krok wyrzutu oraz okres wyrzutu.

Wielkość wyrzutu określa się ilością wyrzuconych skał (węgla lub skały płonnej) i wydzielonego gazu. Oba te parametry muszą być ewidencjonowane.

Wskaźnik odgazowania określa się jako iloraz wydzielonego w czasie wyrzutu gazu oraz ilości wyrzuconej masy skalnej. Można liczyć wskaźnik zarówno dla masy wyrzuconej poza kawernę jak też wskaźnik dla sumy masy skalnej wyrzuconej poza kawernę i znajdującej się w niej. Cis (1971) podaje wskaźnik odgazowania dla kopalń dolnośląskich w przedziale 9–75 m<sup>3</sup>/Mg, najczęściej 40 m<sup>3</sup>/Mg.

Całkowity czas trwania wyrzutu wyraźnie różni to zjawisko od zjawiska tąpnięcia. Czas ten to okres pomiędzy pierwszym wyraźnym, zauważalnym ruchem górotworu do wyrobiska a ustaniem zjawisk dynamicznych związanych z wyrzutem. W przeciwieństwie do nagle przebiegającego tąpnięcia górniczego, zjawisko wyrzutu gazowo-skalnego jest skończonym procesem o różnym, nasilającym się, a następnie opadającym natężeniu (intensywności), przebiegającym w przedziale czasowym, dochodzącym niekiedy do kilkunastu minut. Daje to szansę załodze na opuszczenie wyrobiska, w którym rozpoczyna się wyrzut. Niestety ludzie, znajdujący się w pobliżu miejsca wyrzutu najczęściej giną pod masami wyrzutowymi.

Przez natężenie (intensywność) wyrzutu, rozumiane jest przemieszczanie się masy skalnej do wyrobiska w jednostce czasu, a przez średnie natężenie, ilość masy wyrzutowej lub ilość gazu, wydzieloną podczas całkowitego czasu trwania wyrzutu w przeliczeniu na jednostkę czasu.

Przez okres wyrzutu rozumie się odstęp czasu pomiędzy dwoma kolejnymi wyrzutami skupionymi. Natomiast wyrzuty skupione (zwarte) to te zachodzące w dość regularnych odstępach od siebie, zależnych od wielkości kawerny i zasięgu odgazowania kalizny, występującego po wyrzucie. Najczęściej są to wyrzuty prowokowane

robotami strzałowymi. Odległość między miejscami zapoczątkowania dwóch kolejnych wyrzutów w wyrobisku górniczym, przy skupionym charakterze wyrzutów nazywa się krokiem wyrzutu. Wyrzuty rozproszone to wyrzuty występujące w sposób niezależny od siebie (Cis 1971).

Gazowość bezwzględna to ilość gazu, wydzielająca się do wyrobiska w jednostce czasu ( $\text{m}^3$ gazu/min). Gazowość względna to ilość gazu wydzielonego do wyrobiska w przeliczeniu na ilość wydobytej kopaliny ( $\text{m}^3$ gazu/Mg). Gazonośność to zawartość gazu w 1 Mg kopaliny w przeliczeniu na suchą i bezpopiołową jej substancję (csw) mierzona w  $\text{m}^3/\text{Mg}_{\text{csw}}$ . W przypadku zagrożenia metanem mówi się odpowiednio o metanowości bezwzględnej lub względnej oraz o metanonośności.

#### 4. METODYKA BUDOWY SYSTEMU INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ

W celu przeprowadzenia analiz zagrożenia wyrzutami gazów i skał w złożu węgla kamiennego w niecce wałbrzyskiej wykonano projekt GIS przy pomocy programu ArcGIS w wersji 9.3, firmy ESRI. Do zarządzania danymi (gromadzenie, wektoryzacja, segregacja, przetwarzanie i wizualizacja) wykorzystano dwie aplikacje wchodzące w skład oprogramowania ArcGIS Desktop: ArcCatalog i ArcMap. Projekt GIS zrealizowano w czterech etapach: identyfikacja celów, utworzenie bazy danych, analiza danych i prezentacja wyników analizy.

Analizie poddano 221 wyrzutów gazów i skał. Jedynie 123 zjawiska mają określone współrzędne. Obiekty (wyrzuty), których współrzędne nie zostały określone podmiotem wizualizacji. Dla 180 wyrzutów istnieją dane dotyczące ilości materiału skalnego a dla 126 dane dotyczące ilości gazu. Głębokość jest określona dla 221 zjawisk, tak samo rodzaj gazu i miejsce-opis wyrobiska oraz miejsce-kopalnia, pokład i data.

OBJECTID	Id	Kopalnia	Data	Pokład	Głębokość	Z	X
1	1	Victoria	1923-08-30	550	343	160	5655
2	2	Victoria	1924-06-11	662	309	200	5320

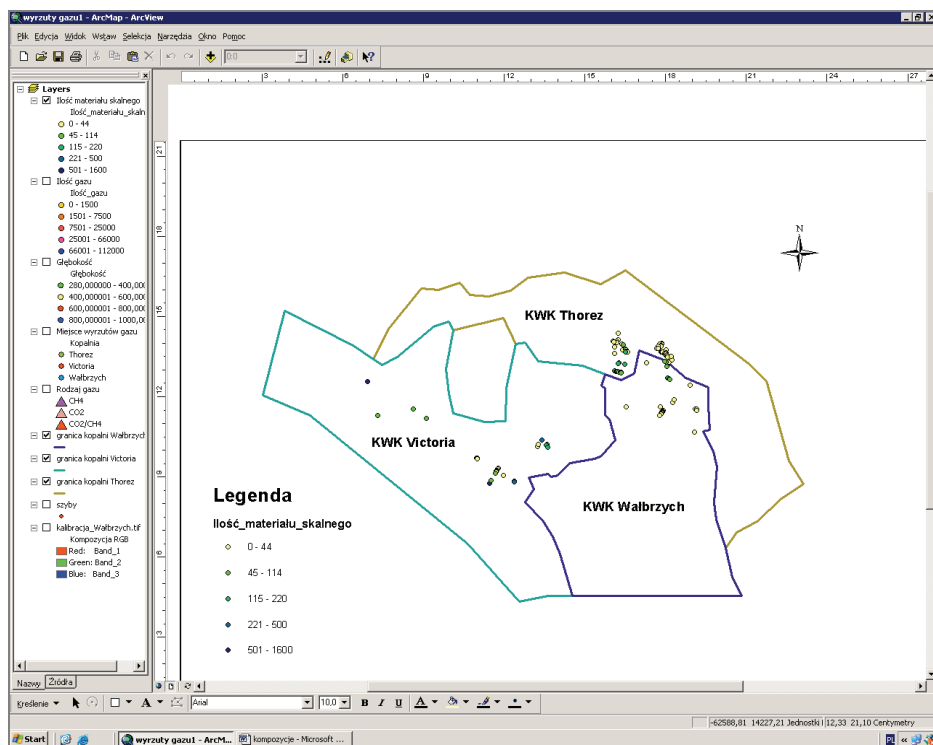
Y	Miejsce wyrzutu	Rodzaj gazu	Ilość materiału	Ilość gazu
-61850	Chodnik rozdzielnicy 5 w polu szybu "Jadwiga"	CO2	36	0
-63625	Przekop poszukiwawczy w kierunku NE do szybu "Wiktor" od szybu "Egmond", pole "E"	CO2	270	0

Rys. 3. Tabela 13 atrybutów bazy danych wyrzutów gazów i skał w niecce wałbrzyskiej w latach 1909–1999

Fig. 3. Table of 13 attributes of database of gas and rock outbursts in Wałbrzych coal basin over 1909–1999 years

Budowanie bazy danych projektu GIS jest najważniejszym, a zarazem najbardziej pracochłonnym etapem wykonywania projektu. W pracy, etap ten zrealizowano w dwóch krokach, tj. zaprojektowano bazę danych, a następnie przygotowano dane do analizy. Wykonanie warstw tematycznych wymagało dodatkowego przetwarzania.

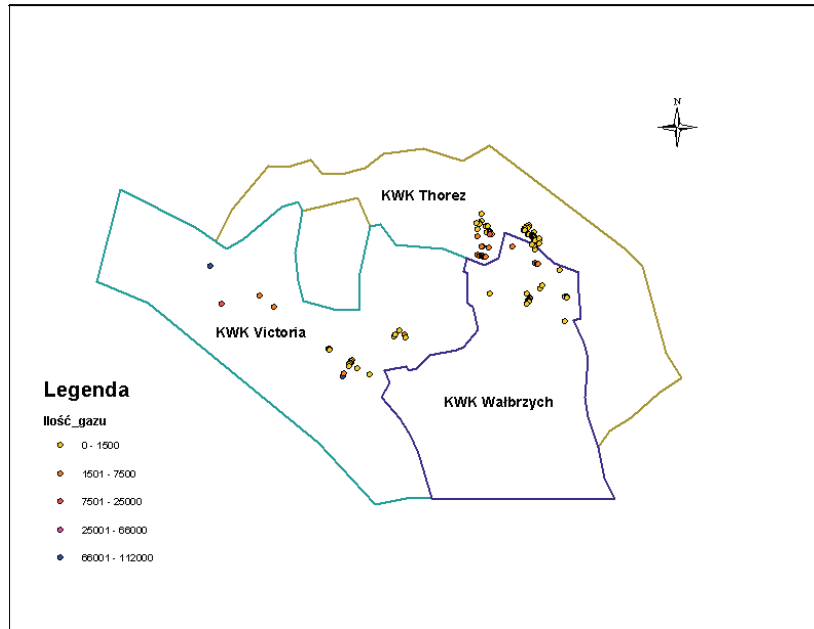
Podstawę do opracowania graficznej i opisowej bazy danych GIS były następujące materiały źródłowe: mapa niecki wałbrzyskiej wraz z obszarami górnictwami w wersji drukowanej w skali 1:25000 i zestawienie wyrzutów gazów i skał zawierające następujące informacje: data, rodzaj gazu, miejsce-kopalnia, współrzędne ( $X, Y, Z$ ), miejsce-wyrobisko, ilość materiału skalnego, ilość gazu, głębokość i pokład. Wszystkie otrzymane warstwy odniesiono do lokalnego układu współrzędnych Gromnik, tak więc cały projekt GIS wykonano w tym układzie współrzędnych.



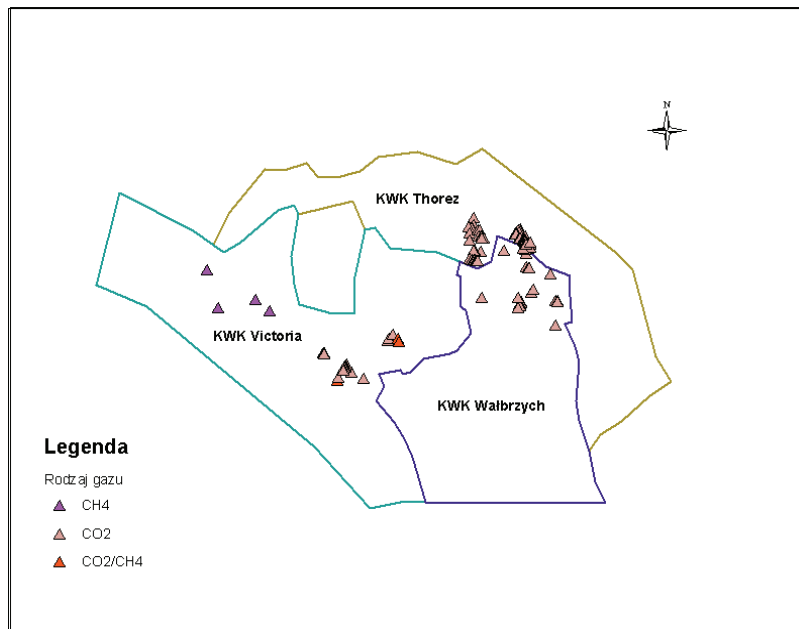
Rys. 4. Opracowane w projekcie warstwy tematyczne do analizy wyrzutów gazów i skał w niecce wałbrzyskiej (lewa strona rysunku)

Fig. 4. Attribute layers for analysis of gas and rock outbursts in Wałbrzych coal basin (left side of picture)

Wykonanie projektu bazy danych obejmowało następujące etapy: zeskanowanie mapy źródłowej niecki wałbrzyskiej w skali 1:25000, skalibrowanie zeskanowanej mapy źródłowej, wybór układu współrzędnych (lokalny układ współrzędnych Gromnik), określenie potrzebnych danych przestrzennych (współrzędnych ( $X, Y, Z$ ) wyrzutów gazów i skał), określenie niezbędnych atrybutów obiektów: miejsce-kopalnia, data, miejsce-wyrobisko, rodzaj gazu, ilość materiału skalnego, ilość gazu, głębokość i pokład. Dane opisowe i przestrzenne zostały uporządkowane w tabelę Geobazy. Następnie wprowadzono skonwertowane warstwy tematyczne oraz wykonano wektoryzację.



Rys. 5. Warstwa tematyczna „Ilość gazu”  
Fig. 5. Gas amount attribute layer



Rys. 6. Warstwa tematyczna „Rodzaj gazu”  
Fig. 6. Gas type attribute layer

W tym celu należało stworzyć pliki shape: liniowy do zwektoryzowania granic obszarów górniczych oraz punktowy do zwektoryzowania szybów górniczych. Mapę w wersji papierowej przedstawiającą nieckę wałbrzyską z granicami obszarów górniczych i szybami górniczymi zeskanowano otrzymując w sposób raster. Po dostosowaniu materiałów źródłowych do potrzeb projektu przystąpiono do budowy bazy danych graficznych i opisowych. Zastosowano plikową strukturę geobazy, a wszystkie czynności związane z zarządzaniem danymi wykonano przy użyciu aplikacji ArcCatalog. Bazę wyrzutów gazów i skał w niecce wałbrzyskiej zbudowano w aplikacji MS Access. Następnie bazę wyrzutów uzupełniono danymi opisowymi wprowadzonymi do tabeli atrybutów, która zawiera 13 kolumn następujących różnych typów (rys. 3).

Zbudowano warstwy tematyczne dla ośmiu atrybutów: miejsce wyrzutów gazu-kopalnia, rodzaj gazu, granica kopalni Victoria, granica kopalni Wałbrzych, granica kopalni Thorez, szyby, ilość gazu i ilość materiału skalnego. Listę opracowanych warstw tematycznych przedstawiono w tabeli 1 i na rysunku 4. Przykład warstwy tematycznej rysunkach 4–6. Po wykonaniu wektoryzacji pliki shape zostały uzupełnione o dane opisowe.

Tabela 1. Lista opracowanych warstw do analizy wyrzutów gazów i skał w niecce wałbrzyskiej  
Table 1. Attribute layers for analysis of gas and rock outbursts in Wałbrzych coal basin

Nazwa warstwy	Geometria
Ilość materiału skalnego.shp	punkt
Ilość gazu.shp	punkt
Głębokość.shp	punkt
Miejsce wyrzutów gazu. Kopalnia.shp	punkt
Rodzaj gazu.shp	punkt
Granica kopalni Wałbrzych.shp	linia
Granica kopalni Victoria.shp	linia
Granica kopalni Thorez.shp	linia
szyby.shp	punkt

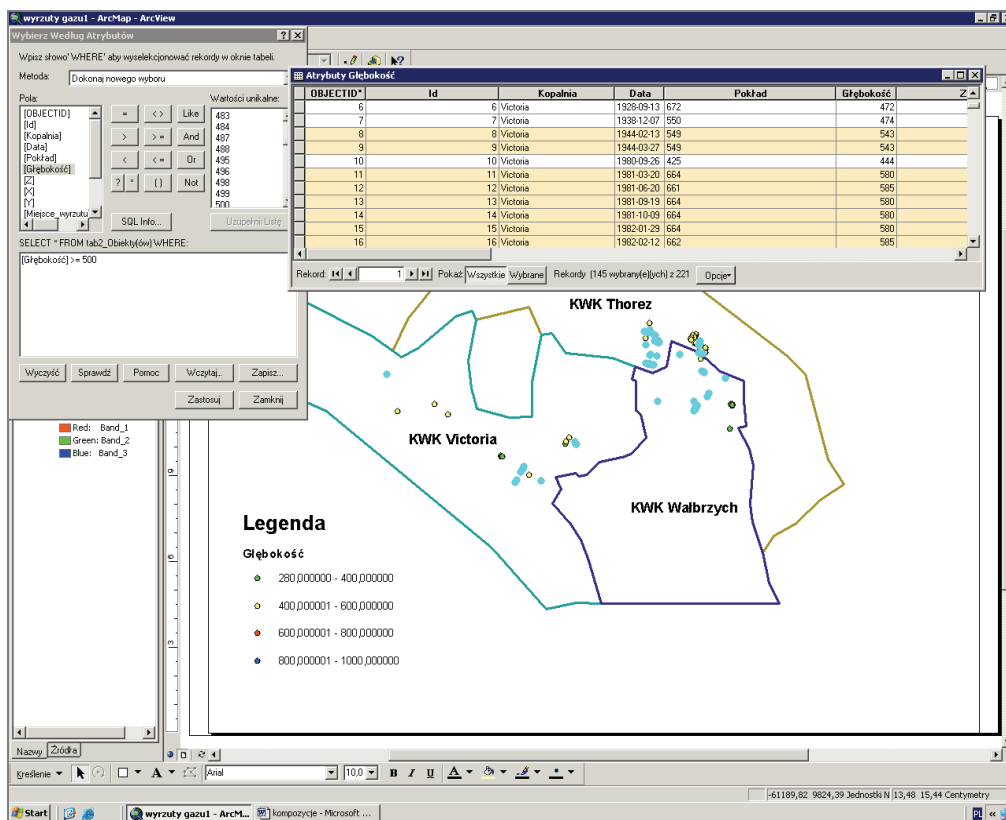
## 5. ANALIZA ZAGROŻENIA WYRZUTAMI GAZÓW I SKAŁ

W pracy, analizy przestrzenne i statystyczne przeprowadzono wykorzystując zbudowaną w drugim etapie projektu bazę danych GIS zawierającą obiekty na płaszczyźnie oraz rozbudowaną bazę danych opisowych. Zastosowano różnego rodzaju narzędzia i funkcje oprogramowania ArcGIS.

Do przeprowadzenia analiz wystarczający był w projekcie GIS statystyczny oparty głównie na zapytaniach typu SELECT. Praca w ArcGIS pozwoliła na wskazanie wyrzutów według zadanego atrybutu i po odnalezieniu obiektów, na wyświetlenie ich parametrów, statystyk, utworzenie raportów oraz wykresów. Obiekty wybierano za pomocą wyrażenia SQL, według lokalizacji a także poprzez szybką identyfikację

obiekty, pozwalającego na natychmiastowe uzyskanie informacji na temat danego wyrzutu wraz z jego wizualizacją na mapie, i właśnie możliwość wizualizacji jest największą zaletą systemów geoinformacyjnych. Obiekty (wyrzuty), których współrzędne nie zostały określone ze względu na ich niedostępność nie mogły być podmiotem wizualizacji. Natomiast przeprowadzono dla nich analizy statystyczne ich atrybutów bez wizualizacji, korzystając z utworzonej cyfrowej bazy danych i programu ArcView.

Z bazy danych wyrzutów wyselekcjonowano nowe warstwy zawierające zjawiska o określonych atrybutach. Wykorzystano do tego funkcję aplikacji ArcMap: „Wybierz Według Atrybutów”, definiując odpowiednie zapytanie i kryterium wyboru. Następnie z wybranych obiektów tworzono nową warstwę, którą eksportowano do nowego pliku shape. Każdej warstwie atrybutów nadawano odpowiednią symbolizację i nadawano kolor zależny od wielkości atrybutu lub rodzaju.

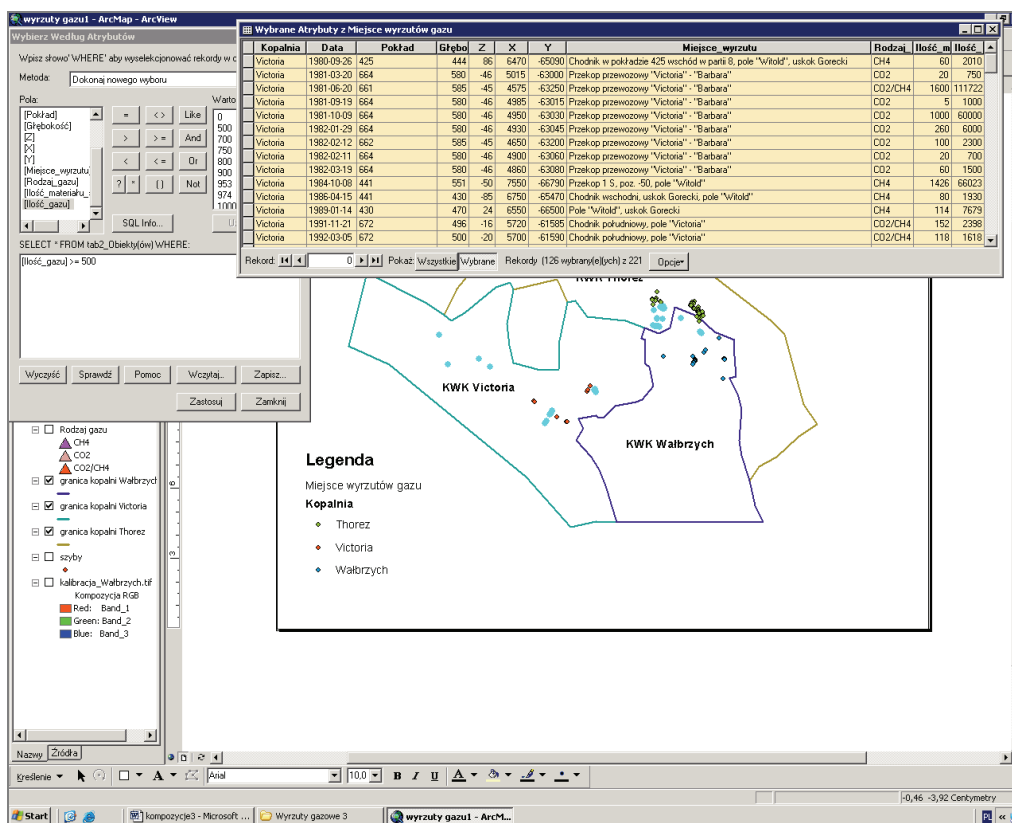


Rys. 7. Wizualizacja wyrzutów gazów i skał w niecce wałbrzyskiej w latach 1909–1999 w zależności od głębokości wystąpienia wyrzutu (Głębokość  $\geq 500$  m)

Fig. 7. Visualization of gas and rock outbursts in Wałbrzych coal basin over 1909–1999 years in relation to outburst depth (depth  $\geq 500$  m)



W etapie analiza danych, nakłada się kilka, wyżej opisanych, warstw tematycznych na siebie, wyszukuje się obiekty według atrybutów i według położenia, spełniających poszczególne wydzielone kryteria, zapisuje się wyniki w odrębnych warstwach, a w końcu składa się te cząstkowe odpowiedzi w wynik ostateczny, stanowiący właściwą odpowiedź na zapytanie.



Rys. 8. Wizualizacja wyrzutów gazów i skał w niecce wałbrzyskiej w latach 1909–1999 w zależności od ilości gazu (Ilość gazu  $\geq 500 \text{ m}^3$ )

Fig. 8. Visualization of gas and rock outbursts in Wałbrzych coal basin over 1909–1999 years in relation to gas amount (gas amount  $\geq 500 \text{ m}^3$ )

W celu wspomaganie decyzji tworzy się również wykresy i zestawienia tabelaryczne (raporty). Analizy wykonane w ramach projektu GIS Wyrzuty gazów i skał obejmowały analizę: miejsca wyrzutu-kopalni, rodzaju gazu, ilości materiału skalnego, ilości gazu, głębokości, miejsca wyrzutu-opis wyrobiska, daty oraz pokładu. Wyniki tych analiz generowano w postaci tabel i map. Mapy generowano dla obiektów o określonych współrzędnych, natomiast wyrzuty bez odniesienia

przestrzennego analizowano statystycznie. Do przeprowadzenia wymienionych analiz wykorzystano język SQL oraz właściwości warstwy tematycznej (symbolizację). Zapytania typu SELECT pozwalały na wybór obiektów według zadanego atrybutu. Wykorzystane zostały następujące dane opisowe: „Kopalnia” (miejsce wyrzutu kopalnia), „Data” (data wyrzutu), „Pokład” (pokład, w którym wystąpił wyrzut), „Głębokość” (głębokość, na której wystąpił wyrzut), „Miejsce wyrzutu” (rodzaj wyrobiska i jego opis, w którym wystąpił wyrzut), „Rodzaj gazu” (rodzaj wyrzucanego gazu), „Ilość materiału skalnego” (masa skał wyrzucanych do wyrobiska), „Ilość gazu” (objętość gazu wyrzucanego do wyrobiska). Dla obiektów, które miały odniesienie przestrzenne po zadaniu pytania typu SELECT program zaznaczał te obiekty, które są określone w zapytaniu i eksportuje je do nowego pliku, tworząc nową warstwę. Program automatycznie przeszukuje dane i zaznacza na niebiesko wynik-odpowiedź na zapytanie zarówno na mapie (na niebiesko), jak i w tabeli atrybutów (rekordy zaznaczane są kolorem pomarańczowym) i podaje ilość znalezionych rekordów, czyli obiektów. Poniżej podano przykładowe wyniki takiej analizy przestrzennej dla następujących atrybutów: miejsce wyrzutu-kopalnia, rodzaj gazu, głębokość (rys. 7 i rys. 8). Wynik analizy przestrzennej stanowi wizualizacja wyrzutów gazów i skał w latach 1909–1999 w zależności od rodzaju atrybutu, a wynik analizy statystycznej stanowi ilość tych zjawisk, sumaryczna, minimalna oraz maksymalna w zależności od wartości wybranych atrybutów. Wyniki przeprowadzonych analiz zaprezentowano w formie kompozycji mapowych, zawierających oprócz samej mapy, zestawienia i wykresy. Zostały one wykonane w taki sposób, aby przekazywały jak najwięcej informacji dotyczących analizowanego problemu.

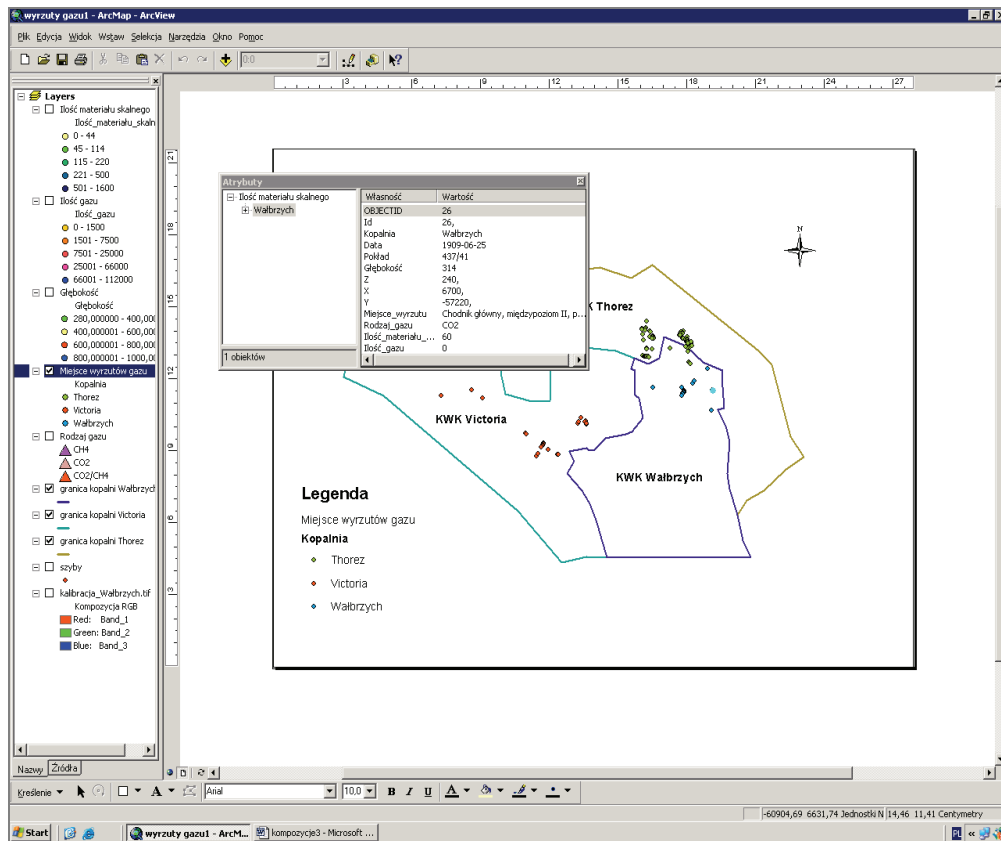
Obliczenia w tabelach (sumowanie danych). Aby uzyskać sumaryczną ilość wyrzutów dla lat 1909–1999 w poszczególnych kopalniach oraz poszczególnych rodzajów gazu wykonano sumowanie względem pola „miejsce wyrzutu kopalnia” i „rodzaj gazu” w tabeli atrybutów. Program automatycznie wykonał zadanie i zwrócił jej wynik w postaci poniższej tabeli 2. Takie same operacje sumowania wykonano dla pozostałych atrybutów poszczególnych wyrzutów gazów i skał.

Tabela 2. Ilość wyrzutów gazów i skał w poszczególnych kopalniach i w zależności od rodzaju gazu w niecce wałbrzyskiej w latach 1909–1999  
Table 2. Number of gas and rock outbursts in each mine and in relation to gas type in Wałbrzych coal basin over 1909–1999 years

Kopalnia	Liczba wyrzutów gazu	Rodzaj gazu	Liczba wyrzutów
Thorez	166	CO2/CH4	5
Victoria	25	CH4	11
Wałbrzych	30	CO2	205

Identyfikacja obiektów. W zastosowanym do analiz programie istnieje również możliwość szybkiej identyfikacji danego wyrzutu na mapie wraz z tabelą zawierającą informacje opisujące dany wyrzut. W tym celu należy skorzystać z dostępnego

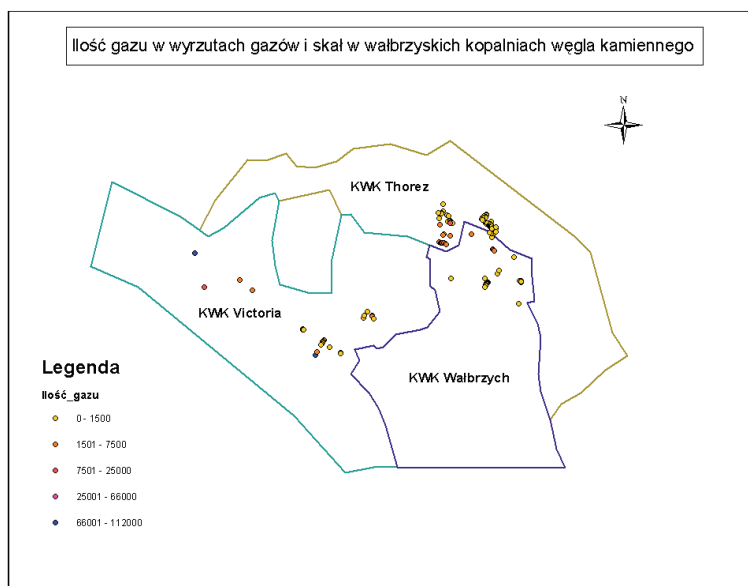
w ArcMap narzędzia – narzędzia identyfikacji, które dostarczy użytkownikowi dane dotyczące wybranego obiektu. Na rysunku 9 przedstawiono przykładowy wynik tego rodzaju analizy. Identyfikowany punkt ma kolor niebieski a na mapie pojawia się lista jego atrybutów w postaci tabeli oraz rekordów.



Rys. 9. Identyfikacja obiektu (wyrzutu gazu i skał) wraz z pozyskaniem wartości wszystkich atrybutów w KWK Wałbrzych

Fig. 9. Object (gas and rock outburst) identification with attributes displayed in former Wałbrzych coal mine

Prezentacja wyników. Prezentację wyników stanowią kompozycje, zawierające mapy, jak również wykresy oraz tabele. Kompozycje w sposób komunikatywny przedstawiają wyniki analiz, na których podstawie dokonano interpretacji zjawisk wyrzutów gazów i skał w niecce wałbrzyskiej z uwzględnieniem trzech obszarów górniczych. Przykład kompozycji mapowej przedstawiono na rysunku 10. Wyniki analiz statystycznych przedstawia się w tabelach. W opracowaniu wyniki tych analiz przedstawiono w formie opisowej w rozdziale 6.



Rys. 10. Kompozycja mapowa atrybutu „Ilość gazu” dla wyrzutów gazów i skał w wałbrzyskich kopalniach węgla kamiennego w latach 1909–1999

Fig. 10. Map of “Gas amount” attribute for gas and rock outbursts in Wałbrzych coal basin over 1909–1999 years

## 6. ANALIZA STATYSTYCZNA ZAGROŻENIA WYRZUTAMI GAZÓW I SKAŁ

Analizą w środowisku ESRI objęto 221 wyrzutów gazów i skał w niecce wałbrzyskiej w latach 1909–1999, w tym 25 zjawisk miało miejsce w kopalni Victoria, 166 w kopalni Thorez i 30 w kopalni Wałbrzych. Dla 123 wyrzutów określono współrzędne, dla 25 w kopalni Victoria, 24 w kopalni Wałbrzych i 74 w kopalni Thorez, a więc tylko 123 zjawiska mogły uzyskać odniesienie przestrzenne. Program ArcGIS umożliwia przeprowadzenie analizy atrybutów (danych opisowych) wszystkich wyrzutów zarówno tych z lokalizacją przestrzenną jak i tych bez określonych współrzędnych, umieszczonych w bazie danych. Analiza ta ma charakter statystyczny i jej wyniki omówiono poniżej. Przeanalizowano następujące atrybuty wyrzutów gazów i skał (dane opisowe): miejsce-kopalnia, rodzaj gazu, głębokość, ilość materiału skalnego, pokład, ilość gazu, rok, miejsce-wyrobisko górnicze. Dane dotyczące materiału skalnego dostępne były dla 180 wyrzutów (20 w kopalni Victoria, 16 w kopalni Wałbrzych, 144 w kopalni Thorez). Dane dotyczące ilości gazu określone były dostępne dla 126 wyrzutów (16 w kopalni Victoria, 4 w kopalni Wałbrzych i 106 w kopalni Thorez). Natomiast informacje o miejscu-kopalni,

głębokości wyrzutu, rodzaju gazu, roku wystąpienia zjawiska, miejscu-rodzaju wyrobiska górniczego i pokładzie dostępne były dla wszystkich 221 wyrzutów.

W kopalni Victoria wyrzuty miały miejsce w latach 1923–1992, w kopalni Wałbrzych w latach 1909–1982 i w kopalni Thorez w latach 1909–1991. W niecce wałbrzyskiej od 1909 roku do roku 1945 wystąpiło 70 wyrzutów (9 w kopalni Victoria, 23 w kopalni Wałbrzych i 38 w kopalni Thorez). Natomiast w latach 1945–1999 było 151 zjawisk, 16 w kopalni Victoria, 7 w kopalni Wałbrzych i 128 w kopalni Thorez.

W niecce wałbrzyskiej w latach 1909–1999 wystąpiło 205 wyrzutów dwutlenku węgla i skał, 11 wyrzutów metanu i skał i 5 wyrzutów mieszaniny dwutlenku węgla i metanu z przewagą tego pierwszego składnika. W kopalni Thorez wystąpiło 166 wyrzutów z dwutlenkiem węgla, w kopalni Victoria 16 takich wyrzutów a w kopalni Wałbrzych 23. Wyrzuty metanu i skał miały miejsce w kopalni Victoria w ilości 4 zjawisk oraz w kopalni Wałbrzych w ilości 7. Wyrzuty związane z mieszaniną dwutlenku węgla i metanu wystąpiły w kopalni Victoria w ilości 5. W kopalni Thorez metan nie pojawił się w czasie wyrzutów. Najwięcej wyrzutów w ilości 166 wystąpiło w kopalni Thorez, 30 zjawisk miało miejsce w kopalni Wałbrzych a 25 w kopalni Victoria.

W niecce wałbrzyskiej ilość gazu w czasie wyrzutów zmieniała się od 500 m<sup>3</sup> do 111722 m<sup>3</sup>. Największa ilość gazu to 111722 m<sup>3</sup> mieszaniny dwutlenku węgla i metanu z przewagą tego pierwszego. Największa ilość metanu wyniosła 66023 m<sup>3</sup>, a dwutlenku węgla 110000m<sup>3</sup>. 18 wyrzutów miało ilość gazu w przedziale 500–1000 m<sup>3</sup>, 28 zjawisk miało ilość gazu w przedziale 1001–2000 m<sup>3</sup>, 29 wyrzutów miało ilość gazu w przedziale 2001–4000 m<sup>3</sup>, 11 w przedziale 4001–6000 m<sup>3</sup>, 3 w przedziale 6001–8000 m<sup>3</sup>, 7 w przedziale 8001–10 000 m<sup>3</sup>, 6 w przedziale 10 001–12 000 m<sup>3</sup>, 3 w przedziale 12001–14 000 m<sup>3</sup>, 4 w przedziale 14 001–16 000 m<sup>3</sup>, 1 wyrzut miał ilość gazu w przedziale 16 001–18 000 m<sup>3</sup>, 1 wyrzut miał ilość gazu w przedziale 18 001–20 000 m<sup>3</sup>, 4 wyrzuty miały ilość gazu w przedziale 20 001–25 000 m<sup>3</sup>, 1 miał ilość gazu w przedziale 25 001–30 000 m<sup>3</sup>, 4 miały ilość gazu w przedziale 30 001–35 000 m<sup>3</sup>, żaden wyrzut nie miał ilości gazu w przedziale 35 001–40 000 m<sup>3</sup>, 1 miał ilość gazu w przedziale 40 001–45 000 m<sup>3</sup>, 1 miał ilość gazu w przedziale 45 001–50 000 m<sup>3</sup>, 1 miał ilość gazu w przedziale 50 001–60 000 m<sup>3</sup>, 1 miał ilość gazu w przedziale 60 001–70 000 m<sup>3</sup>, żaden wyrzut nie miał ilości gazu w przedziale 70 001–80 000 m<sup>3</sup>, żaden wyrzut nie miał ilości gazu w przedziale 80 001–100 000 m<sup>3</sup>, 2 wyrzuty miały ilość gazu w przedziale 100 001–111 722 m<sup>3</sup>.

W kopalni Victoria ilość gazu w czasie wyrzutów zmieniała się od 700 m<sup>3</sup> do 111 722 m<sup>3</sup>. 5 wyrzutów miało ilość gazu w przedziale 700–1000 m<sup>3</sup>, 3 zjawiska miały ilość gazu w przedziale 1001–2000 m<sup>3</sup>, 3 wyrzuty miały ilość gazu w przedziale 2001–4000 m<sup>3</sup>, 1 w przedziale 4001–6000 m<sup>3</sup>, 1 w przedziale 6001–8000 m<sup>3</sup>, żaden wyrzut nie miał ilości gazu w przedziale 8001–50 000 m<sup>3</sup>, 1 miał ilość gazu w przedziale 50 001–60 000 m<sup>3</sup>, 1 miał ilość gazu w przedziale 60 001–70 000 m<sup>3</sup>, żaden wyrzut nie miał ilości gazu w przedziale 70 001–80 000 m<sup>3</sup>, żaden wyrzut nie

miął ilości gazu w przedziale 80 001–100 000 m<sup>3</sup>, 1 wyrzut miał ilość gazu w przedziale 100 001–111 722 m<sup>3</sup>. Największa ilość gazu 111 722 m<sup>3</sup> została wyrzucona w 1981 roku w przekopie na głębokości 585 metrów i była to mieszanina dwutlenku węgla i metanu z przewagą tego pierwszego gazu. W 1984 roku miał miejsce wyrzut metanu w przekopie na głębokości 551 metrów i ilość gazu osiągnęła 66 023 m<sup>3</sup>. W 1981 w przekopie na głębokości 580 metrów nastąpił wyrzut dwutlenku węgla w ilości 60 000 m<sup>3</sup>.

W kopalni Wałbrzych ilość gazu w czasie jedynie czterech wyrzutów (dla 4 zjawisk dostępne były informacje o ilości gazu) zmieniała się od 1000 m<sup>3</sup> do 1500 m<sup>3</sup>. 1 wyrzut miał ilość gazu w przedziale 1000–1100 m<sup>3</sup>, żaden wyrzut nie miał ilości gazu w przedziale 1101–1300 m<sup>3</sup>, 1 miał ilość gazu w przedziale 1301–1400 m<sup>3</sup>, 2 miały ilość gazu w przedziale 1401–1500 m<sup>3</sup>. Największa ilość gazu 1500 m<sup>3</sup> została wyrzucona w 1971 roku w chodniku na głębokości 590 metrów i był to metan. W 1982 roku miał miejsce wyrzut metanu w upadowej na głębokości 850 metrów i ilość gazu osiągnęła 1310 m<sup>3</sup>.

W kopalni Thorez ilość gazu w czasie wyrzutów zmieniała się od 500 m<sup>3</sup> do 110 000 m<sup>3</sup>. 13 wyrzutów miało ilość gazu w przedziale 500–1000 m<sup>3</sup>, 21 zjawisk miało ilość gazu w przedziale 1001–2000 m<sup>3</sup>, 26 wyrzutów miało ilość gazu w przedziale 2001–4000 m<sup>3</sup>, 10 w przedziale 4001–6000 m<sup>3</sup>, 2 w przedziale 6001–8000 m<sup>3</sup>, 7 w przedziale 8001–10 000 m<sup>3</sup>, 6 w przedziale 10 001–12 000 m<sup>3</sup>, 3 w przedziale 12 001–14 000 m<sup>3</sup>, 4 w przedziale 14 001–16 000 m<sup>3</sup>, 1 miał ilość gazu w przedziale 16 001–18 000 m<sup>3</sup>, 1 miał ilość gazu w przedziale 18 001–20 000 m<sup>3</sup>, 4 w przedziale 20 001–25 000 m<sup>3</sup>, 1 w przedziale 25 001–30 000 m<sup>3</sup>, 4 w przedziale 30 001–35 000 m<sup>3</sup>, żaden wyrzut nie miał ilości gazu w przedziale 35 001–40 000 m<sup>3</sup>, 1 w przedziale 40 001–45 000 m<sup>3</sup>, 1 w przedziale 45 001–50 000 m<sup>3</sup>, żaden wyrzut nie miał ilości gazu w przedziale 50001–100000 m<sup>3</sup>, 1 wyrzut miał ilość gazu w przedziale 100 001–110 000 m<sup>3</sup>. Największa ilość gazu 110 000 m<sup>3</sup> została wyrzucona w 1985 roku w przekopie na głębokości 828 metrów i był to dwutlenek węgla. W 1982 roku miał miejsce wyrzut dwutlenku węgla w chodniku na głębokości 751 metrów i ilość gazu osiągnęła 47 300 m<sup>3</sup>.

Wielkość wyrzutu określana jest ilością materiału skalnego wyrzuconego do wyrobiska. W niecce wałbrzyskiej ilość materiału skalnego wyrzucana w czasie wyrzutów zmieniała się od 2 Mg do 1600 Mg. 83 wyrzuty charakteryzowały się ilością materiału skalnego w przedziale 2–50 Mg, 48 zjawisk miało ilość materiału skalnego w przedziale 51–100 Mg, 36 wyrzutów miało ilość materiału skalnego w przedziale 101–200 Mg, 6 w przedziale 201–300 Mg, 1 w przedziale 301–400 Mg, 2 w przedziale 401–500 Mg, żaden wyrzut nie miał ilości materiału skalnego w przedziale 501–900 Mg, 1 wyrzut miał ilość materiału skalnego w przedziale 901–1000 Mg, żaden wyrzut nie miał ilości materiału skalnego w przedziale 1001–1100 Mg, 1 miał w przedziale 1101–1200 Mg, żaden wyrzut nie miał ilości materiału skalnego w przedziale 1201–1400 Mg, 1 wyrzut miał ilość materiału skalnego w przedziale 1401–1500 Mg, 1 wyrzut miał ilość materiału skalnego w przedziale 1501–1600 Mg.

W kopalni Victoria ilość materiału skalnego wyrzucana w czasie wyrzutów zmieniała się od 5 Mg do 1600 Mg. 4 wyrzuty charakteryzowały się ilością materiału skalnego w przedziale 5–50 Mg, 4 zjawiska miały ilość materiału skalnego w przedziale 51–100 Mg, 5 wyrzutów miało ilość materiału skalnego w przedziale 101–200 Mg, 3 w przedziale 201–300 Mg, żaden wyrzut nie miał ilości materiału skalnego w przedziale 301–400 Mg, 1 wyrzut miał ilość materiału skalnego w przedziale 401–500 Mg, żaden wyrzut nie miał ilości materiału skalnego w przedziale 501–900 Mg, 1 wyrzut miał ilość materiału skalnego w przedziale 901–1000 Mg, żaden wyrzut nie miał ilości materiału skalnego w przedziale 1001–1400 Mg, 1 wyrzut miał ilość materiału skalnego w przedziale 1401–1500 Mg, 1 wyrzut miał ilość materiału skalnego w przedziale 1501–1600 Mg. Największa ilość materiału skalnego 1600 Mg została wyrzucona do wyrobiska w czasie wyrzutu mieszaniny dwutlenku węgla i metanu w przekopie na głębokości 585 metrów w 1981 roku. W 1984 roku w czasie wyrzutu metanu w przekopie na głębokości 551 metrów ilość materiału skalnego wyniosła 1426 Mg.

W kopalni Wałbrzych ilość materiału skalnego wyrzucana w czasie wyrzutów zmieniała się od 10 Mg do 75 Mg. 3 wyrzuty charakteryzowały się ilością materiału skalnego w przedziale 10–20 Mg, 2 zjawiska miały ilość materiału skalnego w przedziale 21–30 Mg, 2 wyrzuty miało ilość materiału skalnego w przedziale 31–40 Mg, 3 w przedziale 41–50 Mg, 4 w przedziale 51–60 Mg, 1 w przedziale 61–70 Mg, 1 wyrzut miał ilość materiału skalnego w przedziale 71–75 Mg. Największa ilość materiału skalnego 75 Mg została wyrzucona do wyrobiska w czasie wyrzutu metanu w upadowej na głębokości 850 metrów w 1982 roku. W 1936 roku w czasie wyrzutu dwutlenku węgla w przekopie na głębokości 645 metrów ilość materiału skalnego wyniosła 66 Mg.

W kopalni Thorez ilość materiału skalnego wyrzucana w czasie wyrzutów zmieniała się od 2 Mg do 1200 Mg. 69 wyrzutów charakteryzowało się ilością materiału skalnego w przedziale 2–50 Mg, 38 zjawisk miało ilość materiału skalnego w przedziale 51–100 Mg, 31 wyrzutów miało ilość materiału skalnego w przedziale 101–200 Mg, 3 w przedziale 201–300 Mg, 1 w przedziale 301–400 Mg, 1 w przedziale 401–500 Mg, żaden wyrzut nie miał ilości materiału skalnego w przedziale 501–1100 Mg, 1 miał ilość materiału skalnego w przedziale 1101–1200 Mg. Największa ilość materiału skalnego 1200 Mg została wyrzucona do wyrobiska w czasie wyrzutu dwutlenku węgla w przekopie na głębokości 828 metrów w 1985 roku. W 1980 roku w czasie wyrzutu dwutlenku węgla w upadowej na głębokości 730 metrów ilość materiału skalnego wyniosła 500 Mg. Można stwierdzić, że najmniejsze wyrzuty wystąpiły w kopalni Wałbrzych, a największe w kopalni Victoria.

Głębokość, na której występuje wyrzut gazów i skał ma istotne znaczenie dla kształtowania się zagrożenia wyrzutowego. Większa głębokość eksploatacji zwiększa ryzyko sprowokowania robotami górniczymi wyrzutu gazów i skał. W niecce wałbrzyskiej wyrzuty występowały na głębokości od 280 do 856 metrów. Na

głębokości 280–300 metrów wystąpiły 3 zjawiska, na głębokości 301–400 metrów 6 zjawisk, na głębokości 401–500 metrów miało miejsce 67 wyrzutów, na głębokości 501–600 metrów 35 zjawisk, na głębokości 601–700 metrów 50 wyrzutów, na głębokości 701–800 metrów wystąpiły 42 wyrzuty, na głębokości 801–856 metrów 18 zjawisk. Większość zjawisk wystąpiła poniżej 400 metrów w granicach głębokości od 401 do 800 metrów pojawiło się aż 194 wyrzuty spośród 221.

W kopalni Victoria wyrzuty występowały na głębokości od 309 do 585 metrów. Na głębokości 309–400 metrów wystąpiły 4 zjawiska, na głębokości 401–500 metrów 7 zjawisk, na głębokości 501–585 metrów miało miejsce 14 wyrzutów. Większość zjawisk wystąpiła na głębokości większej od 500 metrów, 14 spośród 25.

W kopalni Wałbrzych wyrzuty występowały na głębokości od 280 do 850 metrów. Na głębokości 280–300 metrów wystąpiły 3 zjawiska, na głębokości 301–400 metrów 2 zjawiska, na głębokości 401–500 metrów miało miejsce 1 wyrzut, na głębokości 501–600 metrów 6 zjawisk, na głębokości 601–700 metrów 13 wyrzutów, na głębokości 701–800 metrów wystąpiły 2 wyrzuty, na głębokości 801–850 metrów 3 zjawiska. Większość zjawisk wystąpiła poniżej 500 metrów w granicach głębokości od 501 do 700 metrów pojawiło się 19 wyrzutów spośród 30.

W kopalni Thorez wyrzuty występowały na głębokości od 420 do 856 metrów. Na głębokości 420–500 metrów wystąpiło 59 zjawisk, na głębokości 501–600 metrów 15 zjawisk, na głębokości 601–700 metrów miało miejsce 37 wyrzutów, na głębokości 701–800 metrów 40 zjawisk, na głębokości 801–856 metrów wystąpiło 15 wyrzutów. Większość zjawisk wystąpiła w granicach głębokości od 420 do 500 metrów 59 wyrzutów spośród 166 i w granicach głębokości 601–800 metrów 77 zjawisk spośród 166.

Kolejnym analizowanym atrybutem było miejsce-rodzaj wyrobiska, w którym wystąpił wyrzut gazów i skał. W niecce wałbrzyskiej wyrzuty miały miejsce w następujących wyrobiskach: chodnik, przekop, szybik, pole, dowerzchnia, upadowa, ściana, przecinka i szyb. W chodnikach wystąpiło 78 wyrzutów, w przekopach 52, w szybikach 5, w polach 2, w dowerzchniach 33 wyrzuty, w upadowych 32, w ścianach 14, w przecinkach 1 i w szybach 4. Większość wyrzutów miała miejsce w chodnikach i przekopach 130 spośród 221. Duża ilość zjawisk 65 wystąpiła w upadowych i dowerzchniach.

W niecce wałbrzyskiej wyrzuty gazów i skał wystąpiły w pokładach warstw zaclerskich (pokłady: 309, 312/14, 425, 430, 436, 441 i 437/41) w ilości 16, w pokładach warstw białokamieńskich (pokłady: 549 i 550) w ilości 4 oraz w pokładach warstw wałbrzyskich (pokłady: 655, 661, 662, 664, 667, 669/72, 671, 672, 673, 675, 678 i warstwy wałbrzyskie) w ilości 199. Najwięcej wyrzutów było w pokładzie 672, 101 spośród 219. Większość zjawisk w ilości 199 na 219 wystąpiła w warstwach wałbrzyskich. W kopalni Thorez eksploatowane były tylko pokłady warstw wałbrzyskich i większość wyrzutów miała miejsce właśnie w jej obszarze górniczym.

Analizy w środowisku GIS-ESRI pozwoliły na wykorzystanie wielu informacji dotyczących zaistniałych wyrzutów gazów i skał w kopalniach wałbrzyskich



i zgromadzonych w utworzonej w projekcie cyfrowej bazie danych. Oprogramowanie umożliwiło wizualizację wyrzutów na mapach oraz wszechstronne analizy czynników wpływających na zagrożenie wyrzutowe, co byłoby trudne do wykonania tradycyjnym sposobem i technikami.

#### LITERATURA

- AUGUSTYNIAK K., BOSSOWSKI A., 1979, *Węgiel Kamienny*, [w:] K. Dziedzic i in. (red.), *Surowce mineralne Dolnego Śląska*, Ossolineum, Wrocław.
- BOSSOWSKI A., CHLEBOWSKI Z., 1978, *Najnowsze wyniki badań i poszukiwań złóż węgla kamiennego w synklinorium śródsudeckim*, *Przeł. Geol.*, 26.
- CIS J., 1971, *Wyrzuty gazów i skał w Dolnośląskim Zagłębiu Węgla Kamiennego*, Śląsk, Katowice.
- GROCHOLSKI W., 1961, *Tektonika południowo-zachodniego obrzeżenia gnejsów sowiogórskich*, *Studia Geol. Pol.*, vol. 8.
- GROCHOLSKI A., 1982, *Przekrój koncepcyjny Lubawka–Brzeg Dolny*, [w:] A. Grocholski, L. Sawicki (red.), *Stan rozpoznania strukturalnego i kierunki badań Dolnego Śląska*, Inst. Geol., Wrocław.
- KOTAS A., PORZYCKI J., 1984, *Pozycja geologiczna i główne cechy karbońskich zagłębi węglowych Polski*, *Przeł. Geol.*, 22.
- KOZŁOWSKI B., 1980, *Zagrożenie wyrzutami gazów i skał w górnictwie węglowym*, PWN, Warszawa–Kraków.
- KOZŁOWSKI B., 1982, *Gazy kopalniane-kontrola, prognoza, zwalczanie*, PWN, Warszawa.
- NEMEC W., 1979, *Wulkanizm późnokarboński w niecce wałbrzyskiej (synklinorium śródsudeckie)*, Rozprawa doktorska, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław.
- NEMEC W., PORĘBSKI S., TEISSEYRE A.K., 1982, *Explanatory notes to the lithotectonic molasse profile of the Intra-Sudetic Basin, Polish part*, *Veröff. Zentralinst. Phys. Erde AdW DDR.*, 66.
- NOWAKOWSKI A., 1976, *Petrologic aspect of pericline twinning in albites of igneous rocks*, *Acta Geol. Pol.*, 26.
- OBERC J., 1964, *Główna dyslokacja diagonalna i jej znaczenie dla stanowiska synklinoriów warysycyjsko-laramijskich*, *Kwart. Geol.*, 8.
- OBERC J., 1972, *Budowa geologiczna Polski*. T. IV. *Tektonika*, cz. 2. *Sudety i obszary przyległe*, Wyd. Geol., Warszawa.
- PIĄTEK E.M., 1992, *Wałbrzyskie górnictwo węglowe. Rys historyczny*, Muzeum Okręgowe w Wałbrzychu, Wałbrzych.
- PLEWA M., 1968, *Skały magmowe i przejawy mineralizacji w zachodniej i środkowej części niecki wałbrzyskiej*, *Prace Miner.*, 12.

#### ANALYSIS OF GAS AND ROCK OUTBURST HAZARD IN COAL DEPOSIT WITHIN WAŁBRZYCH COAL BASIN USING GIS TOOLS

ArcGIS software was used to analyse gas and rock outbursts which occurred in the former coal mines in Wałbrzych including Wałbrzych coal mine, Thorez coal mine and Victoria coal mine over 1909–1999 years. Spatial and descriptive database was built. The parameters defining gas and rock outbursts included in the database were statistically analysed as well as visualized using map compositions. The outline history of mining in Wałbrzych was also depicted. Outburst phenomenon and geological conditions of Lower Silesian coal deposit were also presented.

