

# Eksploatacja pokładu 209 w warunkach zagrożenia sejsmicznego w ZG „Sobieski”

## 1. Wprowadzenie

Podczas dotychczasowej eksploatacji pokładów w Zakładzie Górniczym „Sobieski” (wcześniej KWK „Jaworzno”, ZGE Sobieski-Jaworzno III) tąpnięcia nie występowały. Rejestruje się natomiast wstrząsy górotworu, lecz bez destrukcyjnego ich wpływu na wyrobiska górnicze.

Eksploatacja w pokładach 207, 209 i 304 (wcześniej 301 i 302) nie była zaliczona do robót górniczych w warunkach zagrożenia tąpnięciami. Wyjątek stanowi część pokładu 209 w partii „E - Wschód” (rejon ściany nr 332) zaliczonej do I stopnia zagrożenia tąpnięciami, przy czym w przedmiotowym rejonie nie prowadzi się robót przygotowawczych oraz została zakończona eksploatacja i nie jest planowana w okresie obowiązywania aktualnego Planu Ruchu.

W artykule analizą objęto eksploatację pokładu 209 w partii „E - Wschód” oraz partii „Wschód”, których budowa geologiczna złoża sprzyja występowaniu niekorzystnych warunków mogących kształtować zagrożenie sejsmiczne (rys. 1 i 3). Do czynników decydujących o wielkości tego zagrożenia należą m.in.: głębokość eksploatacji, występowanie zaszczości eksploatacyjnych, zaleganie w stropie grubych ławic związanych skał karbońskich, zaburzenia tektoniczne.

## 2. Eksploatacja pokładu 209 w partii „E - Wschód” w warunkach zagrożenia sejsmicznego

### 2.1. Warunki geologiczne i górnicze partii „E - Wschód”

Partia „E - Wschód” położona jest w południowo-wschodniej części obszaru

#### TREŚĆ:

Przedstawiono aktywność sejsmiczną górotworu w pokładzie 209 partii „E - Wschód” i partii „Wschód” na tle budowy geologicznej złoża. Scharakteryzowano zagrożenie tąpnięciami oraz zagrożenie sejsmiczne na powierzchni terenu. Omówiono metody stosowanej profilaktyki. Na podstawie wyników z prowadzonego monitoringu sejsmicznego oceniono skuteczność stosowanej profilaktyki.

#### SŁOWA KLUCZOWE:

aktywność sejsmiczna górotworu, drgania powierzchni, przyczyny zagrożenia sejsmicznego, profilaktyka tąpaniowa

górniczego zakładu (rys.1), a jej granice wyznaczają:

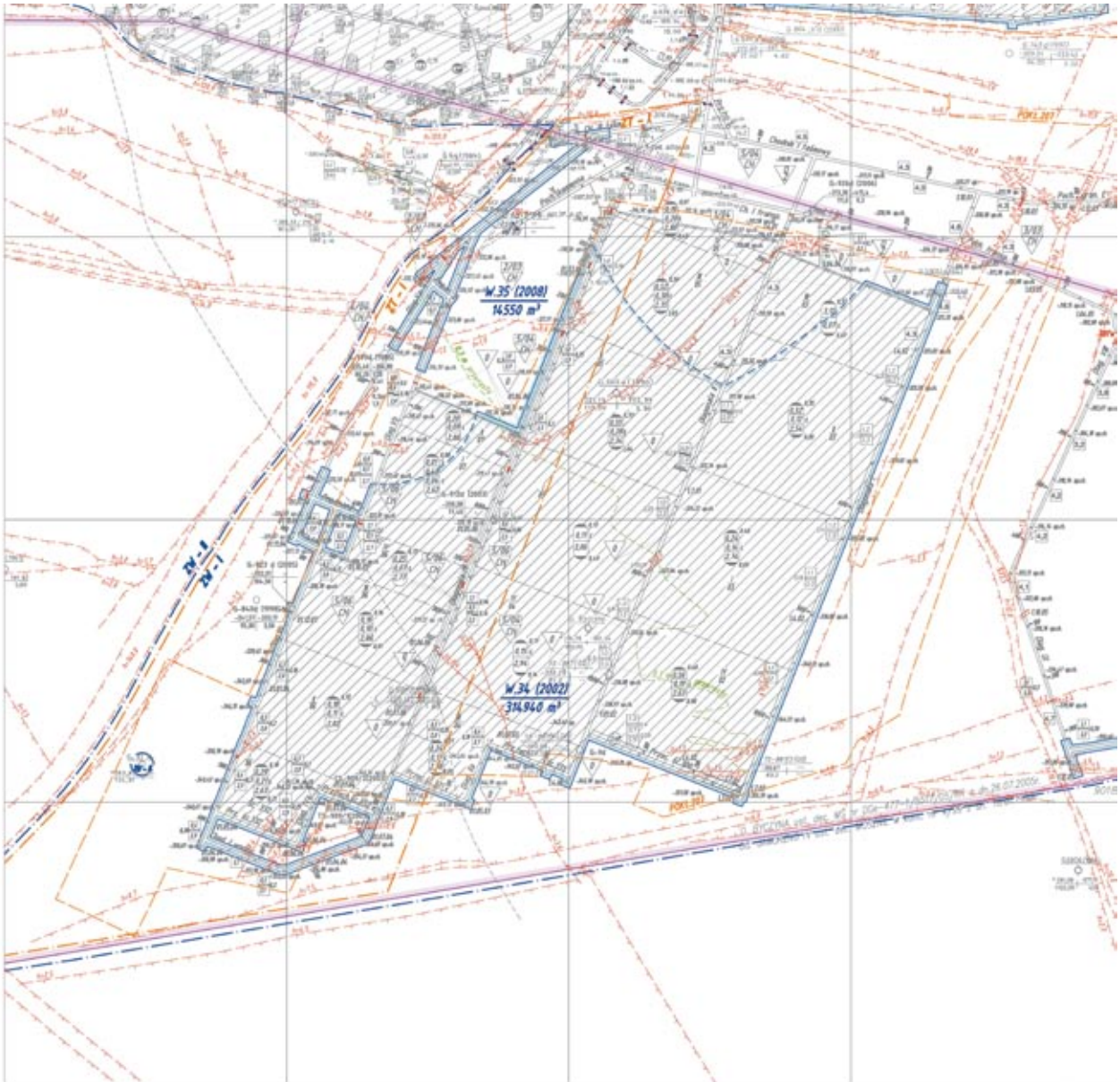
- od zachodu uskok  $h = 50-130$  m o przebiegu NE-SW,
- od północy uskok  $h = 20$  m o przebiegu E-W,
- od wschodu uskoki:  $h = 11-20$  m o przebiegu NNW-SSE i  $h = 2-70$  m o przebiegu NNE-SSW,
- od południa granica obszaru górniczego.

Przedmiotową partię budują utwory czwartorzędu i triasu oraz karbon produktywny.

Pokład 209 w partii „E - Wschód” zalegał na głębokości 590–665 m.

W części północno-wschodniej tej partii pokład 209 posiada grubość 4,0–4,8 m, a w części południowo-zachodniej 2,4–3,5 m. W spągu pokładu 209 występuje warstwa łupku ilastego lub piaszczystego o grubości 0,4–2,0 m, poniżej której zalega kompleks piaskowców średnio i gruboziarnistych o miąższości 36,4–40,3 m sięgających do pokładu 210/2 (rys. 2).

W stropie pokładu 209 zalega warstwa łupku ilastego o grubości do 3,7 m. Warstwa ta nie stanowi ciągłej pokrywy w stropie po-



Rys. 1. Położenie partii „E - Wschód” oraz głównych zaburzeń tektonicznych na obszarze ZG „Sobieski”

kładu. Powyżej zalega kompleks piaskowców o grubości 14,5–31,8 m sięgający do pokładu 208/2. Pokład 208/2 ma grubość 1,0–2,1 m. Nad pokładem 208/2 zalega kompleks piaskowców o grubości 13,9–21,0 m, sięgający do pokładu 208/1 o grubości 0,1–1,4 m. Powyżej zalega kompleks piaskowców grubości 31,0–35,5 m oraz warstwa łupku ilastego sięgająca do pokładu 207/2 o miąższości 0,5–0,8 m. Natomiast strop pokładu 207/2 tworzy warstwa łupku ilastego lub zapiaszczonego grubości do 3,4 m, sięgająca pokładu 207. Nad pokładem występuje warstwa łupku ilastego lokalnie zapiaszczonego o grubości do 5,0 m oraz w stropie zasadniczym piaskowce średnio i gruboziarniste o grubości 69–87 m. Odległość między pokładami 207 i 209 wynosi około 80 m.

Średnie wartości wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie węgla pokładu 209 oraz bezpośrednio sąsiadujących z pokładem skał stropowych i spągowych z rejonu partii „E – Wschód” nie przekraczają wartości 22 MPa.

Pokład 207 w partii „E – Wschód” był eksploatowany w latach 1987–1998 ścianami 517, 519 i 526 na całą grubość pokładu oraz ścianami 520–525 w górnej części pokładu. Eksploatacja prowadzona była z zawałem stropu.

Eksploatację pokładu 209 w partii „E – Wschód” rozpoczęto we wrześniu 2002 r. ścianą 330. Ściana ta (otwierająca partię) prowadzona była na wysokość 3,2 m w odmianie przekątnej po wzniosie z zawałowym sposobem likwidacji zrobów. Długość ściany wynosiła 290 m, zaś jej wybieg 920 m. Wybieranie tej ściany zakończono w sierpniu 2003 r. W okresie od lipca 2004 r. do listopada 2005 r. wybierano ścianę 331, początkowo o długości 135 m, a następnie o długości 290 m. Całkowity wybieg tej ściany wyniósł 1050 m. Wysokość eksploacyjna ściany 331 oraz system eksploatacji był identyczny jak dla ściany 330. Od lutego 2006 r. rozpoczęto eksploatację ściany 332, tj. ostatniej ściany w tej partii zaprojektowanej na wysokość oraz w odmianie jak dla ścian 330 i 331. Wybieg ściany 332 wyniósł 1100 m.

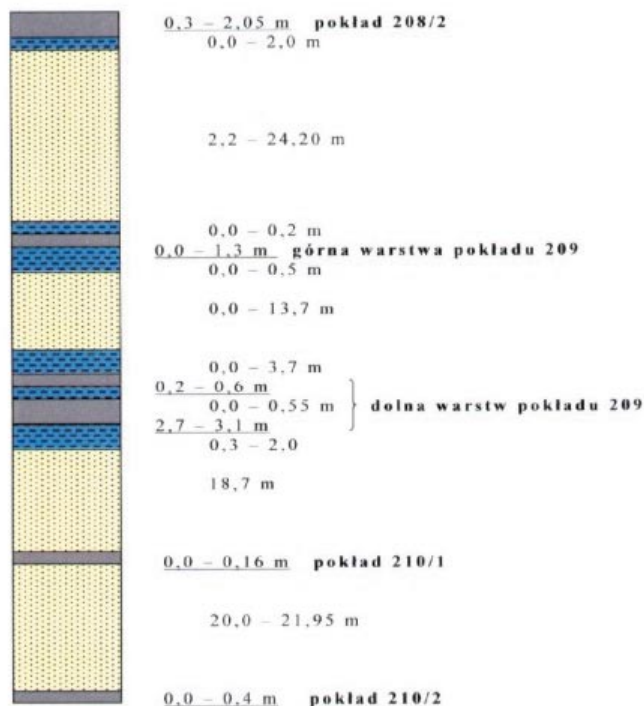
## 2.2. Analiza zagrożenia sejsmicznego

Wzrost aktywności sejsmicznej górotworu nastąpił od jesieni 2002 roku i związany był z wybieraniem pokładu 209 w partii „E – Wschód”.

Charakterystykę aktywności sejsmicznej w rejonie partii „E – Wschód” pokładu 209 dokonano opierając się

**PROFIL GEOLOGICZNY POKŁADU  
209  
ORAZ WARSTW STROPOWYCH I SPĄGOWYCH**

REJON PILSUDSKI                      PARTIA E – Wschód  
Na podstawie danych z wyrobisk górniczych i otworów wiertniczych:  
G – Byczyna, G – 5905, G – 665d, G – 687d, G – 779, G – 849d, G – 912d, TS – 887/1, TS – 887/2, TS – 887/3, TS – 909/1, TS – 909/2, G – 5D, G – BXL



Rys. 2. Profil geologiczny w rejonie występowania pokładu 209, partia „E - Wschód” w ZG „Sobieski”

na parametrach wstrząsów górotworu rejestrowanych w sposób ciągły przez Górnośląską Regionalną Sieć Sejsmologiczną (GRSS) Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach, która od kwietnia 1994 roku prowadzi pełną rejestrację wstrząsów dla całego obszaru zakładu górniczego.

Z danych GRSS wynika, że w rozpatrywanym okresie aktywność sejsmiczna partii „E - Wschód” w pokładzie 209 kształtowała się na zmiennym poziomie. Jej wzrost nastąpił wraz z uruchomieniem ściany 330 (pierwsza ściana w przedmiotowej partii) i osiągnął najwyższy poziom w trakcie eksploatacji ściany 331, kiedy to odnotowano 7 wstrząsów górotworu o energii rzędu  $10^6$  J i jeden wstrząs o energii rzędu  $10^7$  J. Maksymalny odnotowany w dotychczasowej eksploatacji pokładu 209 w partii „E - Wschód” wstrząs górotworu posiadał energię  $E = 2 \times 10^7$  J. Zdarzenie to miało miejsce 04.11.2004 r.

w trakcie początkowego biegu ściany 331. Wstrząs ten zlokalizowano nad zrobami ściany 331 w pobliżu jej przecinki technologicznej, w rejonie przebiegu krawędzi eksploatacyjnej wyżej leżącego pokładu 207 oraz przebiegu uskoku o zrzutach 1,1–3,0 m.

Poziom aktywności sejsmicznej indukowanej eksploatacją górniczą zamykającej ściany 332, w porównaniu z poprzednimi ścianami, był relatywnie niższy, co przejawiało się mniejszą liczbą wstrząsów oraz niższymi energiami najsilniejszych zjawisk. Wybieranie tej ściany zakończono w maju 2007 r.

Aktywność sejsmiczna wyrażona liczbą wstrząsów górotworu  $N$  dla poszczególnych klas energii  $A_s$  dla ścian wybieranych w ww. okresie przedstawia tabela 1, w której uwzględniono zdarzenia o energii sejsmicznej  $A_s \geq 1 \cdot 10^3$ .

Uwarunkowania górniczo-geologiczne charakteryzujące rozpatrywany rejon eksploatacji pokładu 209 w partii „E - Wschód” są zasadniczą przyczyną okresowego ujawniania się zagrożenia wysokoenergetycznymi wstrząsami górotworu. Powodem takiej sytuacji jest z jednej strony głębokość eksploatacji i budowa geologiczna złoża, z drugiej zaś strony występowanie zaburzeń tektonicznych i zaszciości eksploatacyjnych będących przyczyną wzrostu wartości naprężeń pseudopierwotnych.

Podczas dotychczasowej eksploatacji w ZG „Sobieski” występujące wstrząsy nie miały wpływu na wyrobiska, jednak ze względu na prowadzoną eksploatację pod terenem zurbanizowanym partii „E - Wschód” odczuwalne były przez mieszkańców. Dla oceny wpływu wstrząsów górotworu na obiekty powierzchniowe prowadzona jest przez Główny Instytut Górnictwa rejestracja przyspieszeń drgań gruntu na OG Zakładu Górniczego „Sobieski” oraz poza tym obszarem. Rejestracja prowadzona jest z wykorzystaniem rejestratorów cyfrowych typu AMAX-99 zabudowanych w obiektach powierzchniowych. Informacje o wielkościach zarejestrowanych przyspieszeń przekazywane są do zakładu w miesięcznych i rocznych zestawieniach wraz z informacjami o zarejestrowanych wstrząsach górotworu.

Największą wartość przyspieszeń w rozpatrywanym rejonie partii „E - Wschód”  $a = 334$  mm/s<sup>2</sup> odnotował rejestrator zabudowany w dzielnicy Byczyna, kiedy to miał miejsce wstrząs o energii  $E = 8 \times 10^5$  J zarejestrowany w trakcie wybierania ściany 331. Należy zwrócić uwagę, że skutek takich lokalnych zmian parametrów (niejednorodność budowy geologicznej, bliskie powierzchni położenie ognisk wstrząsów) odnotowane dotychczas maksymalne wartości przyspieszeń ( $a > 180$  mm/s<sup>2</sup>)

Tabela 1. Aktywność sejsmiczna w okresie eksploatacji pokładu 209 w partii „E - Wschód” w latach 2002-2007

Nazwa ściany	Liczba wstrząsów w klasach energii sejsmicznej					Suma liczby wstrząsów	Sumaryczna energia [J]
	E3	E4	E5	E6	E7		
śc. 330	1327	477	85	0	0	1889	$5,24 \cdot 10^7$
śc. 331	1160	381	114	7	1	1663	$1,16 \cdot 10^8$
śc. 332	765	143	59	0	0	967	$3,01 \cdot 10^7$



towarzyszyły wstrząsom o energii rzędu  $10^5$  J. Natomiast zarejestrowane wstrząsy górotworu o energiach największych generowały przyspieszenia o wartościach mniejszych ( $a < 180 \text{ mm/s}^2$ ).

W odniesieniu do analizowanego obszaru i zlokalizowanych na nim obiektów mamy do czynienia z różną odpornością na oddziaływania dynamiczne. Tylko nieliczne budynki dzielnicy Byczyna zaliczone do grupy A znajdują się w złym stanie technicznym i posiadają najniższą odporność poniżej  $120 \text{ mm/s}^2$ . Sejsmiczność górotworu wyrażająca się występowaniem wysokoenergetycznych wstrząsów była odczuwalna przez mieszkańców i tym samym była źródłem dyskomfortu.

### 3. Eksploatacja pokładu 209 w partii „Wschód” w warunkach zagrożenia sejsmicznego

#### 3.1. Warunki geologiczne i górnicze partii „Wschód”

Partia „Wschód” położona jest w południowo-wschodniej części obszaru górniczego ZG „Sobieski” (rys. 3). Granice tej partii wyznaczają:

– od zachodu uskok nożycowy o przebiegu NNE-SSW i zrzucie  $h = 0 - 120 \text{ m}$  w kierunku NWW oraz uskoc

o przebiegu NNW-SSE i zrzucie  $h = 20 \text{ m}$  w kierunku SWW,

– od północy wymyście szczakowskie,

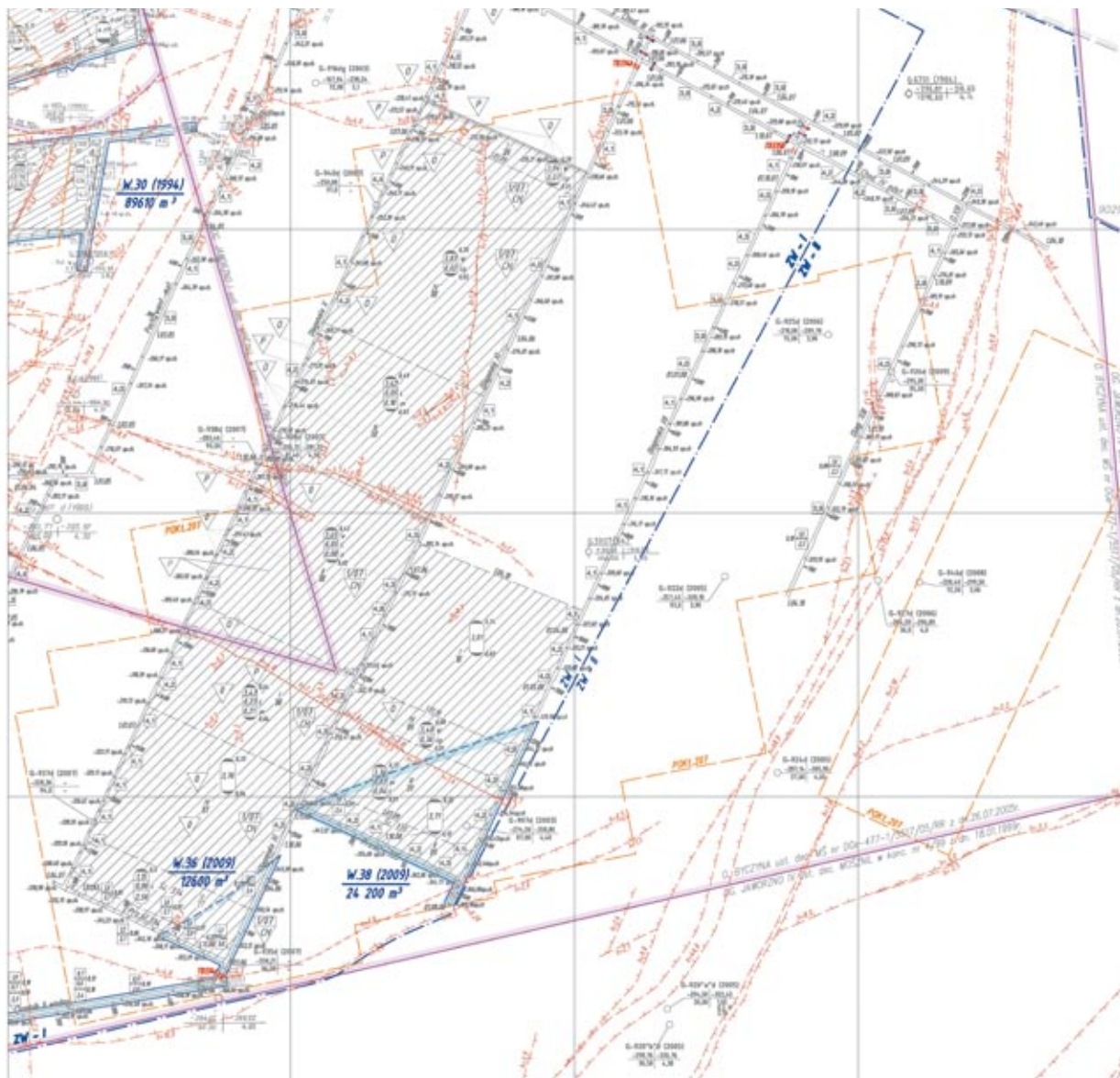
– od wschodu uskoc o przebiegu NNW-SSE i zrzucie  $h = 180 \text{ m}$  w kierunku SWW,

– od południa granica obszaru górniczego.

Nadkład w tej części złoża stanowią utwory czwartorzędu i triasu, a w północno-wschodniej części również jury i trzeciorzędu. Profil geologiczny w rejonie występowania pokładu 209, partia „Wschód” w ZG „Sobieski” przedstawia rys. 4.

Przez partię przebiega niecka wilkoszyńska, której os biegnie z NW na SE i zanurza się w kierunku SE.

Pokład 209 zalega na głębokości od 473 m w części północnej do 690 m w części południowo-wschodniej. Miąższość pokładu zmienia się od 3,9 do 5,2 m. Największe miąższości pokład ten osiąga w rejonie niecki na linii NE-SW, gdzie jego grubość waha się od 5,1 do 5,2 m. W części północno-wschodniej na kontakcie z utworami wymyścia szczakowskiego grubość pokładu maleje do zera. Budowa geologiczna otoczenia pokładów 207 i 209 partii „Wschód” jest zbliżona do partii „E – Wschód”. Jedyne grubość warstwy piaskowca stropu zasadniczego pokładu 207 jest mniejsza o około 15 m i waha się od 51

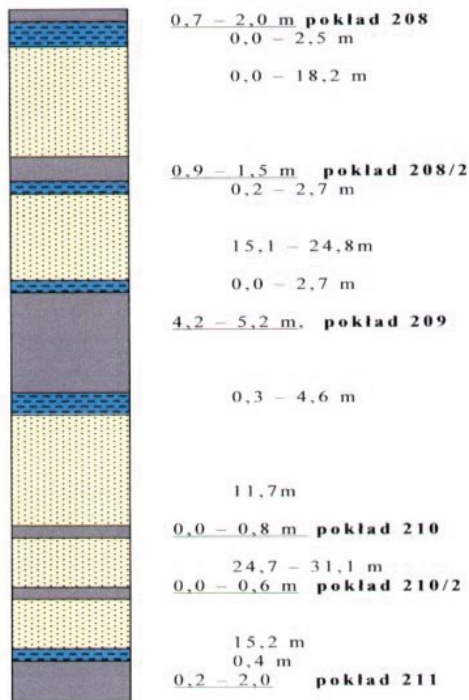


Rys. 3. Położenie partii „Wschód” oraz głównych zaburzeń tektonicznych na obszarze ZG „Sobieski”

**PROFIL GEOLOGICZNY POKŁADU  
209  
ORAZ WARSTW STROPOWYCH I SPĄGOWYCH**

SKALA 1 : 200

REJON **PIESUDSKI** PARTIA **Wschód**  
Na podstawie danych z otworów wiertniczych: G-5901, G-5907, G-6701, G-6702,  
G-867d, G-877d, G-907d, G-908 d, G-916d,



Rys. 4. Profil geologiczny w rejonie występowania pokładu 209, partia „Wschód” w ZG „Sobieski”

do 76 m. Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie pakietu skał stropowych i spągowych otaczających pokład 209 w partii „Wschód” wynosi od 14,1 MPa do 15,2 MPa.

Biorąc pod uwagę warunki geologiczno-górnictwa oraz doświadczenia uzyskane przy eksploatacji pokładu 209, zastosowano w przedmiotowym polu eksploatację systemem ścianowym na jedną warstwę z zawalem stropu w odmianie zbliżonej do poprzecznej.

Ściana 334 była pierwszą eksploatowaną w partii „Wschód”. Ściana ta prowadzona była na wysokość 3,5–4,0 m, przy czym rzeczywista wysokość ściany każdorazowo dostosowana była do warunków lokalnych oraz zakresu pracy obudowy zmechanizowanej. Eksploatację ściany 334 rozpoczęto w sierpniu 2007 r., a zakończono w lutym 2009 r. Od maja 2009 r. do chwili obecnej w partii „Wschód” prowadzona jest eksploatacja pokładu

209 ścianą 335. Eksploatacja prowadzona jest na wysokość 3,5–4,0 m. Długość ściany wynosi 310 m, natomiast jej wybieg około 1320 m. Jest to środkowa ściana tej partii, którą zamykać będzie kolejna ściana 336.

### 3.2 Analiza zagrożenia sejsmicznego

Aktywność sejsmiczna ściany 334, pierwszej w partii kształtowała się na niskim poziomie. Podczas eksploatacji tej ściany nie zarejestrowano zjawisk o energii rzędu  $10^5$  J i większych. Wybieraniu ściany 335 towarzyszy wyższa aktywność sejsmiczna, jednakże utrzymuje się ona na średnim poziomie (tabela 2).

Eksploatacja partii „Wschód” przebiega pod terenami niezurbanizowanymi, w związku z czym jest ona mniej odczuwalna przez mieszkańców.

Intensywność drgań w skali MSK odnotowywana przez zabudowane rejestratory generalnie nie przekracza V stopnia w VII – stopniowej skali intensywności.

Sprawy, w których jako przyczynę uszkodzeń wymienia się wstrząsy górotworu, kierowane są każdorazowo do rozpatrzenia przez Główny Instytut Górnictwa w Katowicach. Wniosek zostaje uznany bądź oddalony w zależności od zaleceń zawartych w opinii otrzymanej z GIG. W przypadku telefonicznych zgłoszeń o zagrożeniu bezpieczeństwa mieszkańców dokonywane są niezwłoczne oględziny uszkodzeń i podejmowane działania

mające na celu usunięcie zagrożenia. W przypadkach wystąpienia wstrząsu górotworu o energii  $E \geq 1 \times 10^5$  J przeprowadzana jest wizja terenowa w strefie zasięgów wpływów głównych eksploatacji, tj. w promieniu ok. 300 m od epicentrum zaistniałego wstrząsu. Oględzinami objęte są obiekty budowlane o odporności dynamicznej (maksymalna amplituda przyspieszenia drgań)  $a \leq 120$  mm/s<sup>2</sup>. W trakcie wizji ocenia się, czy uszkodzenia mogły powstać na skutek wstrząsu górotworu. Liczbę wniosków zgłoszonych przez mieszkańców Jaworzna o uznanie szkód górniczych w okresie eksploatacji pokładu 209 przedstawia tabela 3.

Jak wynika z danych zawartych w powyższym zestawieniu w latach 2004 i 2005 nastąpił wzrost uszkodzeń obiektów budowlanych, których przyczyną były wstrząsy górotworu z rejonu eksploatowanej partii „E – Wschód” w pokładzie 209.

Tabela 2. Aktywność sejsmiczna w okresie eksploatacji pokładu 209 w partii „Wschód” w latach 2002-2007

Nazwa ściany	Liczba wstrząsów w klasach energii sejsmicznej					Suma liczby wstrząsów	Sumaryczna energia [J]
	E3	E4	E5	E6	E7		
śc. 334	811	143	0	0	0	954	$1,04 \cdot 10^7$
śc. 335 (do marca 2010 r.)	426	133	5	0	0	564	$1,42 \cdot 10^7$

Tabela 3. Zgłoszenia szkód górniczych w okresie eksploatacji pokładu 209

Rok	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Razem
Wnioski spowodowane wstrząsami górotworu	0	4	21	46	9	1	1	0	0	82
Uznane	0	0	8	17	4	0	0	0	0	29
Oddalone	0	4	13	29	5	1	1	0	0	53
Zawieszono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

#### 4. Podsumowanie - profilaktyka stosowana w warunkach zagrożenia sejsmicznego

Ocena i kontrola stanu zagrożenia sejsmicznego jest jednym ze sposobów na poprawę bezpieczeństwa załóg górniczych.

Uwzględniając dotychczas rejestrowaną aktywność sejsmiczną górotworu i rozwój eksploatacji na coraz większych głębokościach, dla lepszej lokalizacji ognisk wstrząsów górotworu oraz rejestrowania słabszych energetycznie zjawisk występujących w Obszarze Górniczym Zakładu Górniczego „Sobieski” na początku 2010 roku oddano do ruchu próbnego, a następnie od kwietnia ciągłego Stację Geofizyki Górniczej (SGG).

Decyzja Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego o zabudowie Stacji Geofizyki Górniczej została podjęta dla poprawy bezpieczeństwa oraz oceny i kontroli stanu zagrożenia sejsmicznego. Podstawowym zadaniem SGG jest zapewnienie ciągłej informacji o stanie bezpieczeństwa w rejonach prowadzonych robót górniczych. Ciągłość rejestracji zjawisk sejsmicznych towarzyszących eksploatacji zapewnia odpowiednia lokalizacja układu stanowisk sieci sejsmologicznej.

Stosowanie kopalnianego systemu monitorowania wstrząsów za pomocą czujników rozmieszczonych w obserwowanym rejonie wydobywczym i aparatury sejsmicznej rejestrującej pozwala na dokładniejszą lokalizację zjawisk sejsmicznych ze względu na mobilność sond pomiarowych, a także na określenie rzeczywistej energii sejsmicznej tych zjawisk. Wprowadzenie do stosowania sond geofonowych rozszerza możliwość obserwacji sejsmologicznych w rejonie oddziały i pojedynczej ściany.

Gromadzona baza danych pochodzących z systemu monitorującego aktywność sejsmiczną pozwala na dokładniejszą ocenę zagrożenia sejsmicznego obszaru górniczego.

W ZG „Sobieski” dla zminimalizowania ujemnych skutków eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu oraz optymalnego utrzymania wyrobisk górniczych stosuje się profilaktykę górniczą (pasywną i aktywną).

Profilaktyka pasywna polega na:

- wykonaniu właściwego projektu eksploatacji,
- zmniejszeniu wysokości eksploatacji ściany do 3,2 m,
- ograniczeniu postępu ścian do 4 m/dobę.

Aktywne metody ograniczania zagrożenia wstrząsami opierają się przede wszystkim na robotach strzałowych. Głównym celem tych robót jest zmiana właściwości wytrzymałościowych i zdolności do akumulowania energii sprężystej skał w otoczeniu wyrobisk górniczych oraz zmniejszenie naprężeń występujących w górotworze.

W celu ograniczenia występowania wstrząsów wysokoenergetycznych  $E \geq 1 \times 10^5$  J stosuje się profilaktykę w postaci strzelań odprężających (w warstwach stropowych) uwzględniając rejon koncentracji naprężeń, a w szczególności krawędzie eksploatacji pokładu 207 oraz duże zaburzenia uskokowe.

Strzelania odprężające prowadzone są w stropie pokładu 209 nad polem eksploatacyjnym ściany z wyrobisk przyścianowych (utrzymując wyprzedzenie 60–150 m przed frontem ściany) i pola roboczego ściany otworami o długości około 50 m.

Opierając się na rejestracji aktywności sejsmicznej górotworu można określić skuteczność stosowania aktywnej profilaktyki. Na podstawie obserwacji sejsmologicznej sporządzane są dobowe rozkłady liczby wstrząsów oraz ilości wyzwolonej energii, na które wpływ mają również zjawiska związane z bliskim sąsiedztwem robót lub uaktywnianiem się dyslokacji tektonicznych. Rozkłady dobowe potwierdzają celowość i zasadność stosowania strzelań jako jednej z podstawowych metod ograniczania zagrożenia.

Analizując eksploatację pokładu 209 można stwierdzić, że stosowana aktywna profilaktyka pozwala na możliwe skuteczne ograniczenie zagrożenia sejsmicznego w sąsiedztwie czynnych wyrobisk górniczych, poprawiając utrzymanie wyrobisk przyścianowych i zapewniając tym samym optymalne bezpieczeństwo pracy w istniejących warunkach geologiczno-górniczych.

Artykuł recenzował  
dr hab. inż. prof. nadzw. AGH Zenon PILECKI