

PRZEGLĄD GÓRNICZY

założono 01.10.1903 r.

MIESIĘCZNIK STOWARZYSZENIA INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW GÓRNICCTWA

Nr 5 (1170)

maj 2020

Tom 76 (LXXVI)

Problematyka utrzymywania stref zabezpieczających przed wybuchem pyłu węglowego w rejonach przyszybowych zbiorników węgla

The issue of maintaining coal dust explosion safety zones related to coal tanks in the shaft area



*Dr inż. Bogdan Malich**



*Dr hab. inż. Krzysztof Cybulski,
prof. GIG**



*Dr hab. inż. Małgorzata Wysocka,
prof. GIG**



*Dr hab. inż. Krystian Skubacz,
prof. GIG**



*Mgr inż. Aneta Michalek**



*Mgr Paweł Urban**

Treść: W artykule przedstawiono analizę wyników badań stanu zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, przeprowadzonych w przekopie taśmowym na odcinku 200-metrowej strefy zabezpieczającej zbiornik wyrównawczy węgla. Na tej podstawie odniesiono się do zagadnień związanych z problematyką utrzymywania stref zabezpieczających. Po wykonaniu analizy laboratoryjnej prób pyłu kopalnianego stwierdzono, że wymogi przepisów górniczych dotyczące zawartości części niepalnych stałych w pyłe kopalnianym w strefie zabezpieczającej oraz w miejscu zabudowy pyłowej zapory przeciwybuchowej nie były spełnione. Przykład badanej strefy zabezpieczającej dowiódł, że stosowane w kopalniach odnawianie stref zabezpieczających z użyciem jednakowej ilości pyłu kamiennego wzdłuż całej strefy, jest działaniem nieskutecznym. Zaproponowano rozwiązanie powyższego problemu.

Abstract: The article presents the analysis of research results of the treat of coal dust explosion which were conducted in crosscut tape, on section of 200 meters safety zone of coal equalizing tank. Based on analysis, the issues related to the problem of maintaining safety zone were discussed. After laboratory test of sample of mine dust found that the provisions regarding content of non-combustible solids in mine dust in the safety zone and in the location of explosion proof ventilation structure were no fulfilled. The example of the tested safety zone proved that practiced in mines refurbishment of the safety zone with equal amount of stone dust along the whole zone, is the ineffective action. The solution of this problem has been suggested.

*) Główny Instytut Górnictwa, Katowice

Słowa kluczowe:

wybuch pyłu węglowego, profilaktyka pyłowa, strefy zabezpieczające

Key words:

coal dust explosions, dust prevention, protection zones

1. Wprowadzenie

W ramach Programu Badań Stosowanych, konsorcjum w składzie: Instytut Techniki Górniczej KOMAG S.A. (lider projektu), Główny Instytut Górnictwa oraz Kompania Węglowa S.A. został zrealizowany projekt „Modelowanie mechanizmu gromadzenia się wybuchowego pyłu węglowego w pobliżu frontów eksploatacyjnych w aspekcie identyfikacji, oceny i niwelacji możliwości powstania jego wybuchu”, sfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju na podstawie umowy nr PBS1/B2/4/2012. Strategicznym celem projektu było opracowanie, na bazie wyników badań dołowych, laboratoryjnych oraz wirtualnych symulacji, modelu strefy zabezpieczającej przed wybuchem pyłu węglowego, z wykorzystaniem zraszania aerozolem powietrzno-wodnym. Należy podkreślić, że zautomatyzowanie procesu zraszania znacząco poprawi bezpieczeństwo pracy i niezawodność stref zabezpieczających oraz zmniejszy pracochłonność ich wykonywania i odnawiania. W ramach projektu wykonano szczegółową analizę kształtowania się zagrożenia wybuchem pyłu węglowego w rejonach frontów eksploatacyjnych, drążonych przodków wyrobisk korytarzowych oraz zbiorników węgla. Wyniki tych badań były niezbędne do określenia parametrów techniczno-ruchowych wielkości strumienia zraszającego, mającego na celu pozabawianie lotności i właściwości wybuchowych zalegających osadów pyłowych.

W artykule przedstawiono analizę wyników badań rzeczywistego stanu zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, które zostały przeprowadzone w przekopie taśmowym poz. 630 m - w KWK „BRZESZCZE” na odcinku 200-metrowej strefy zabezpieczającej zbiornik wyrównawczy węgla. Odniesiono się również do istotnych zagadnień rzutujących na problematykę utrzymywania tej strefy.

Podstawowymi pojęciami w określaniu rzeczywistego stanu zagrożenia wybuchem pyłu węglowego są wielkości zapylenia pyłem kopalnianym i pyłem węglowym. Pyły te definiowane są odpowiednio, jako pył powstały podczas robót górniczych, z dodatkiem substancji zabezpieczających przed wybuchem oraz jako ziarna węgla przechodzące przez sito o wymiarach oczek równych 1×1 mm (Rozporządzenie, 2013).

W artykule zostały wykorzystane raporty opracowane przez Główny Instytut Górnictwa dokumentujące realizację zadań badawczych nr 3, 5 oraz 8 powyższego projektu (Malich i in. 2013a, 2013b, 2014).

2. Charakterystyka występujących zagrożeń naturalnych oraz wyposażenia technicznego

Przekop taśmowy poz. 630 m - strona północna (oddział GTD 1) o długości 400 m, wydrążony w skale płonnej, znajdował się w polu IV kategorii zagrożenia metanowego i został zaklasyfikowany do pomieszczeń „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu. W badanym rejonie nie występowały inne zagrożenia takie jak tąpniętami, wodne, czy radiacyjne. Pod względem zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, badany przekop nie został dotychczas objęty klasyfikacją, dlatego też stosowane były w nim rygory klasy „B” tego zagrożenia, obligujące do utrzymywania stref zabezpieczających oraz stosowania zapór przeciwwybuchowych. W badanym wyrobisku stosowana była wentylacja obieguowa, a prędkość powietrza, jego wyda-

tek oraz temperatura wynosiły odpowiednio 0,60 m/s, 950 m³/min. oraz 26,0°C. Przekopem taśmowym poz. 630 m - strona północna, taśmociągami G-1200, odbywała się zbiornicza odstawa urobku z poziomu 640 m do zbiornika wyrównawczego o pojemności 900 ton, przez który w ciągu doby transportowano 3200 ton (średniomiesięcznie 68 000 ton). W przekopie tym była utrzymywana 200-metrowa strefa zabezpieczająca, wykonywana przez opylanie pyłem kamiennym wodoodpornym, o zawartości co najmniej 80% części niepalnych stałych, na całym obwodzie wyrobiska, łącznie z obudową. Wędlug opracowanego przez służby pyłowe KWK „Brzeszcze” „Harmonogramu kontroli i odnawiania stref zabezpieczających”, częstotliwość jej odnawiania wynosiła minimum raz na 3 doby, w ilości nie mniejszej niż 60 kg pyłu kamiennego na dobę. Ponadto, rejon zbiornika wyrównawczego zabezpieczony był czterema pomocniczymi zaporami przeciwwybuchowymi: pyłowymi, zabudowanymi w przekopie taśmowym poz. 630 m (po stronie północnej i południowej) i w chodniku nad kieszenią skipową oraz zaporą wodną zabudowaną w chodniku nad zbiornikiem wyrównawczym. Służby pyłowe KWK „Brzeszcze” prowadziły kontrolę utrzymania strefy zabezpieczającej oraz zapór przeciwwybuchowych, zgodnie z wymogami przepisów górniczych, z częstotliwością nie rzadziej, niż co 30 dni (Rozporządzenie, 2016).

3. Zakres badań

Analiza wyników badań dołowych wykonanych w trakcie normalnego ruchu produkcyjnego kopalni w przekopie taśmowym poz. 630 m - strona północna oraz wyników analiz laboratoryjnych pozwoliła na rozpoznanie kształtowania się w tym wyrobisku rzeczywistego stanu zagrożenia wybuchem pyłu węglowego poprzez określenie (Malich i in. 2015c, 2015d):

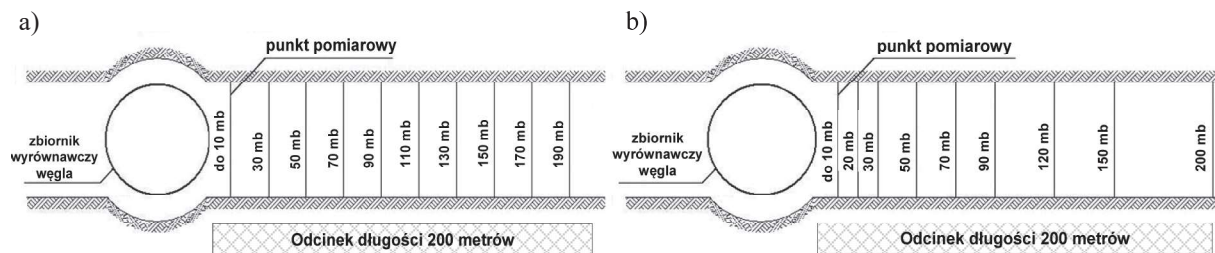
- wielkości zapylenia pyłem kopalnianym i pyłem węglowym,
- procentowej zawartości części niepalnych stałych oraz wody higroskopijnej i przemijającej w zalegającym pyłe kopalnianym,
- występowania odcinków wyrobisk z niezabezpieczonym pyłem kopalnianym,
- poziomu zabezpieczenia pyłu kopalnianego w zakresie utrzymywania wymogów dotyczących stref zabezpieczających oraz miejsc zabudowy zapór przeciwwybuchowych,
- wielkości intensywności osiadania pyłu kopalnianego i pyłu węglowego.

4. Metodyka badań

Pomiary intensywności osiadania pyłu oraz prace związane z pobieraniem prób zalegającego pyłu kopalnianego wykonywali pracownicy Zakładu Zwalczania Zagrożeń Pyłowych Kopalni Doświadczalnej “BARBARA” Głównego Instytutu Górnictwa, którzy posiadają wieloletnie doświadczenie w tym zakresie i zostali przeszkoleni w zakresie metodyki badań opracowanej w ramach projektu (Malich i in. 2015a).

W przekopie taśmowym poz. 630 m – strona północna wyznaczono:

- 10 punktów pomiarowych dla pobierania prób zalegającego pyłu kopalnianego, które zostały dobrane tak, by



Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych: a - pobieranie prób zalegającego pyłu kopalnianego, b - pomiar intensywności osiadania pyłu

Fig.1. Location of measuring points a - sampling of residual mine dust b - measurement intensity of dust subsidence

w równych odstępach między sobą obejmowały całą 200-metrową strefę zabezpieczającą; pierwszy punkt został wyznaczony w odległości 10 m od zbiornika, natomiast pozostałe punkty były między sobą oddalone o 20 m, 9 punktów pomiarowych dla pomiarów intensywności osiadania pyłu, przy czym pierwszy punkt został wyznaczony w odległości do 10 m od zbiornika, natomiast pozostałe punkty pomiarowe były dobrane w taki sposób, aby wraz z oddalaniem się od zbiornika odległości pomiędzy nimi wzrastały. Odległości pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi wynosiły: 10 m, 10 m, 20 m, 20 m, 20 m, 30 m, 30 m oraz 50 m.

Lokalizację punktów pomiarowych w przekroju taśmowym poz. 630 m - strona północna przedstawiono na rys. 1.

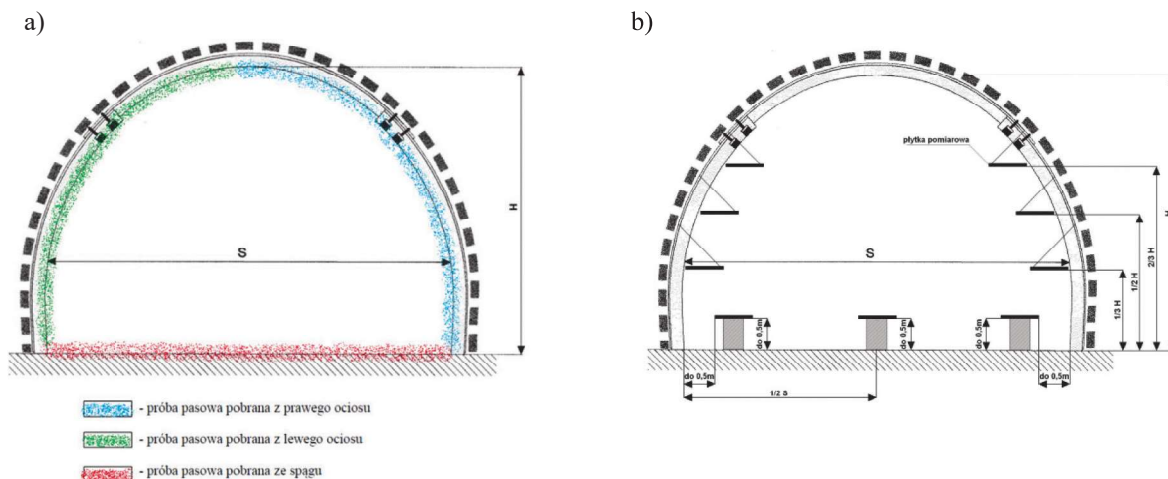
W badanym wyrobisku zalegający pył kopalniany był suchy i lotny, więc jego próby pobierano metodą pasową, polegającą na zmiataniu pyłu kopalnianego z całego obwodu wyrobiska w pasie o szerokości 20 cm w wyznaczonych punktach pomiarowych. Pył przesiewano przez sito o wymiarach oczek 3x3 mm na płótno lniane, a uzyskany przesiew dokładnie mieszano i pobierano z niego próbę do szczelnego pojemnika. Pył zebrany z lewego i prawego ociosu oraz ze spągu traktowano jako niezależne próby. Pomiar intensywności osiadania pyłu wykonano w ciągu jednej doby przy pomocy płytek pomiarowych o wymiarach 25x25 cm. Na ociosach wyrobiska płytki pomiarowe przymocowano do elementów obudowy odpowiednio na 1/3 i 2/3 wysokości wyrobiska oraz w połowie jego wysokości, natomiast na spągu rozłożono trzy płytki pomiarowe na wysokości do 0,5 m od spągu (położone na podkładkach) w odległości 0,5 m od lewego i prawego

ociosu oraz w osi wyrobiska. Pomiar intensywności osiadania pyłu oceniano niezależnie dla lewego i prawego ociosu oraz dla spągu wyrobiska, przy czym pył zebrany z poszczególnych płytek stanowił osobne próby. Każdą pozyskaną próbę pyłu wraz z jej dokładnym opisem dostarczono do Laboratorium Zakładu Zwalczenia Zagrożeń Pyłowych Kopalni Doświadczalnej "BARBARA" Głównego Instytutu Górniczego w celu wykonania badań laboratoryjnych (PN-G-04036, 1997, PN-G-04037, 1998, PN-74-G-04511, 1974, PN-G-11020, 1994). W każdym punkcie pomiarowym wykonano pomiary przekroju poprzecznego wyrobiska. Organizację pobierania prób w wyznaczonych punktach pomiarowych przedstawia rys. 2.

5. Wyniki badań rzeczywistego stanu zagrożenia wybuchem pyłu węglowego

5.1. Zapylenie pyłem kopalnianym i pyłem węglowym

W przekroju taśmowym poz. 630 m - strona północna w poszczególnych punktach pomiarowych pobrano łącznie 30 prób zalegającego pyłu kopalnianego, po 10 ze spągu oraz z lewego i prawego ociosu. Wyniki oznaczeń laboratoryjnych tych prób zestawiono w tabeli 1. Dla wszystkich oznaczeń laboratoryjnych podano także wartości średnie odnoszące się do całej strefy zabezpieczającej.



Rys. 2. Organizacja pobierania prób w punktach pomiarowych: a - zalegający pył kopalniany, b - intensywności osiadania pyłu

Fig. 2. Organization of sampling in measuring points a - residual mine dust b - intensity of dust subsidence

Tabela 1. Wyniki analizy laboratoryjnej prób zalegającego pyłu kopalnianego
Table 1. The results of laboratory analysis of residual mine dust

Punkt pomiarowy	Zapylenie, [kg/m ³]												Zawartość, [%]						Przekrój [m ²]
	Pył kopalniany				Pył węglowy				Części niepalne stałe				Woda higroskopijna			Woda przemijająca			
	lewy ocios	spąg	prawy ocios	łącznie	lewy ocios	spąg	prawy ocios	łącznie	lewy ocios	spąg	prawy ocios	średnio	lewy ocios	spąg	prawy ocios	lewy ocios	spąg	prawy ocios	
10 m	0,200	0,183	0,194	0,577	0,067	0,069	0,070	0,206	66,5	62,4	63,8	64,3	1,1	0,9	1,1	1,8	5,0	1,9	14,1
30 m	0,051	0,678	0,038	0,766	0,014	0,089	0,014	0,117	72,6	86,8	63,2	84,7	0,5	0,4	1,0	2,2	1,0	2,2	13,8
50 m	0,044	1,013	0,068	1,125	0,011	0,258	0,023	0,292	74,9	74,5	66,3	74,0	0,7	1,1	1,4	1,7	1,7	2,1	7,8
70 m	0,082	1,058	0,090	1,231	0,023	0,220	0,018	0,261	71,5	79,2	80,5	78,8	0,6	0,4	0,5	1,8	1,3	1,2	8,2
90 m	0,048	0,528	0,095	0,671	0,011	0,141	0,019	0,170	77,9	73,3	80,0	74,6	0,7	0,4	0,5	0,9	2,5	1,9	9,0
110 m	0,129	1,389	0,122	1,640	0,026	0,319	0,023	0,368	80,1	77,0	81,2	77,6	0,2	0,9	0,7	1,3	1,7	1,6	7,1
130 m	0,020	0,593	0,024	0,637	0,004	0,127	0,005	0,135	81,3	78,6	80,0	78,7	0,5	0,7	0,5	1,6	2,3	1,3	8,9
150 m	0,016	0,666	0,009	0,691	0,003	0,100	0,002	0,104	83,9	85,0	83,8	85,0	0,1	0,7	0,4	0,8	1,0	0,5	9,5
170 m	0,045	0,787	0,049	0,880	0,008	0,159	0,012	0,179	81,0	79,8	75,9	79,6	0,8	1,0	0,8	1,0	1,8	1,0	8,1
190 m	0,042	0,859	0,039	0,940	0,008	0,186	0,009	0,204	81,3	78,3	76,3	78,4	0,6	0,9	0,6	1,0	1,5	0,7	7,4
średnio	0,068	0,775	0,073	0,916	0,017	0,167	0,019	0,204	77,1	77,5	75,1	77,6	0,6	0,7	0,8	1,4	2,0	1,4	9,4

Zapylenie pyłem kopalnianym w poszczególnych punktach pomiarowych oraz średnie na długości strefy zabezpieczającej wynosiło:

- na lewym ociosie: od 0,016 kg/m³ (150 mb) do 0,200 kg/m³ (10 mb), średnio 0,068 kg/m³,
- na prawym ociosie: od 0,009 kg/m³ (150 mb) do 0,194 kg/m³ (10 mb), średnio 0,073 kg/m³,
- na spągu: od 0,528 kg/m³ (90 mb) do 1,389 kg/m³ (110 mb), średnio 0,775 kg/m³,
- łącznie (ociosy i spąg): od 0,577 kg/m³ (10 mb) do 1,640 kg/m³ (110 m), średnio 0,916 kg/m³.

Zapylenie pyłem węglowym, zawartym w pyłe kopalnianym, w poszczególnych punktach pomiarowych oraz średnio na długości strefy zabezpieczającej wynosiło:

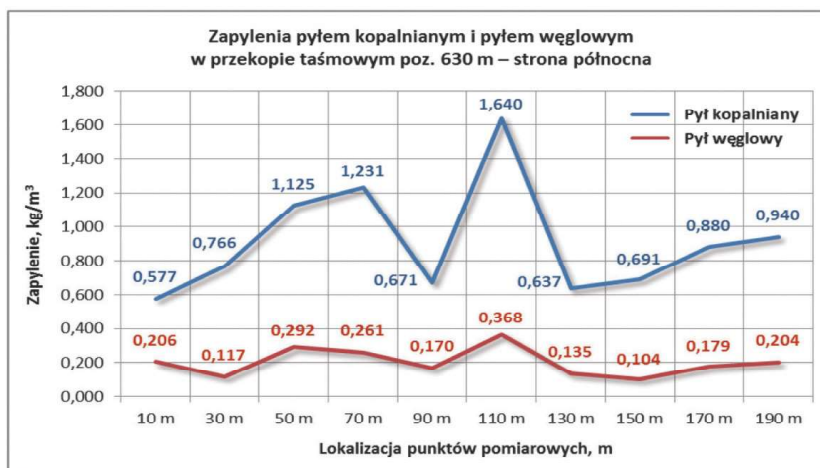
- na lewym ociosie: od 0,003 kg/m³ (150 mb) do 0,067 kg/m³ (10 mb), średnio 0,017 kg/m³,
- na prawym ociosie: od 0,002 kg/m³ (150 mb) do 0,070 kg/m³ (10 mb), średnio 0,019 kg/m³,
- na spągu: od 0,069 kg/m³ (10 mb) do 0,319 kg/m³ (110 mb), średnio 0,167 kg/m³,
- łącznie (ociosy i spąg): od 0,104 kg/m³ (150 mb) do 0,368 kg/m³ (110 m), średnio 0,204 kg/m³.

Zastosowana wykładka obudowy w postaci ażurowo zabudowanych betonitów spowodowała powstanie stosunkowo dużych osadów pyłowych na ociosach wyrobiska. Średnio na obu ociosach zalegał pył kopalniany i pył węglowy w ilościach równych 0,070 kg/m³ i 0,167 kg/m³, co w stosunku do dużej średniej ilości takich pyłów na spągu (0,775 kg/m³ i 0,167 kg/m³) stanowiło 9,0% i 10,8%. Wielkości zapylenia pyłem kopalnianym oraz pyłem węglowym w poszczególnych punktach pomiarowych przedstawiono na rys. 3.

Stwierdzone duże ilości zalegającego pyłu kopalnianego wynikały przede wszystkim ze stosowanej pyłowej profilaktyki przeciwybuchowej, wykonywanej przez opylanie pyłem kamiennym, a także ze względu na przebudowę pyłowej zapory przeciwybuchowej, z której podczas transportu materiałów zostało zrzuconych kilka pótek z pyłem kamiennym (70 mb, 110 mb). W każdym punkcie pomiarowym ilość zalegającego pyłu węglowego przekraczała wartość 100 g/m³ wyrobiska, czyli była praktycznie dwukrotnie większa od dolnej granicy wybuchowości pyłu węglowego, natomiast na 110 mb przekroczenie to już było ponad siedmiokrotne.

5.2. Zawartość części niepalnych stałych i wody przemijającej w zalegającym pyłe kopalnianym

Zawartość części niepalnych stałych w zalegającym pyłe kopalnianym w po-



Rys. 3. Zapylenie pyłem kopalnianym i pyłem węglowym

Fig. 3. Dustiness of mine and coal dust

szczególnych punktach pomiarowych oraz średnio na długości strefy zabezpieczającej wynosiła:

- na lewym ociosie od 66,5% (10 mb) do 83,9% (150 mb), średnio 77,1%,
- na prawym ociosie od 63,2% (30 mb) do 83,8% (150 mb), średnio 75,1%,
- na spągu od 62,4% (10 mb) do 86,8% (30 mb), średnio 77,5%,
- średnio (dla obu ociosów i spągu) od 64,3% (10 mb) do 85,0% (150 mb), średnio 77,6%.

Najmniejsze zawartości części niepalnych stałych stwierdzono w pierwszym punkcie pomiarowym (10 mb), gdzie zaznaczał się największy wpływ zwiększonej intensywności osiadania pyłu związany ze źródłem pylenia (wysyp urobku do zbiornika). Mniejsza, od wymaganej przepisami, zawartość części niepalnych w pozostałych punktach pomiarowych spowodowana była niedokładnym opylaniem pyłem kamiennym podczas wykonywania pyłowych działań profilaktycznych.

Zawartość wody przemijającej w zalegającym pyłe kopalnianym, w poszczególnych punktach pomiarowych, wynosiła:

- na lewym ociosie od 0,8% (150 mb) do 2,2% (30 m), średnio 1,4%,

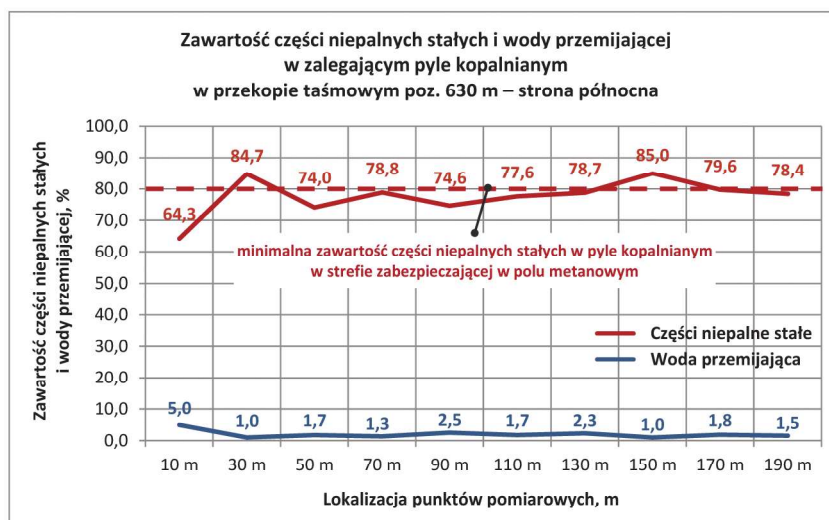
- na prawym ociosie od 0,5% (150 mb) do 2,2% (30 mm), średnio 1,4%,
- na spągu od 1,0% (30 mb i 150 mb) do 5,0% (10 mb), średnio 2,0%.

Zawartości wody przemijającej w zalegającym pyłe kopalnianym zarówno na ociosach, jak i na spągu, w poszczególnych punktach pomiarowych były zbliżone do siebie i poza jednym przypadkiem (5,0%) nie przekraczały 2,5% (średnio 1,4%), co świadczyło, że zalegający pył kopalniany był suchy i lotny na całej długości 200-metrowej strefy zabezpieczającej.

Kształowanie się zawartości części niepalnych stałych oraz wody przemijającej w zalegającym pyłe kopalnianym w poszczególnych punktach pomiarowych przedstawiono na rys. 4.

5.3. Występowanie odcinków wyrobisk z niezabezpieczonym pyłem kopalnianym

Występowanie w wyrobiskach górniczych odcinków, na których w niezabezpieczonym pyłe kopalnianym zalega pył węglowy w ilości, która zawiera się w granicach jego wybuchowości (od 50 g/m³ do 1000 g/m³) stanowi jeden



Rys. 4. Zawartość części niepalnych stałych oraz wody przemijającej w zalegającym pyłe kopalnianym

Fig. 4. Content of non-combustible solids and transient water in residual mine dust

z podstawowych parametrów określających rzeczywisty stan zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Przy wystąpieniu podmuchu pył ten może tworzyć pyłowo-powietrzne obłoki zdolne, przy zaistnieniu inicjału, do zapoczątkowania wybuchu. Przyjmuje się, że poziom tego zagrożenia jest wysoki, gdy ilość zalegającego pyłu węglowego na tych odcinkach wyrobiska przekracza $0,030 \text{ kg/m}^3$ wyrobiska.

Na lewym odciosie wyrobiska odcinek z niezabezpieczonym pyłem kopalnianym o zawartość części niepalnych stałych od 66,5% do 77,9% występował na długości 100 metrów ($0 \text{ mb} \div 100 \text{ mb}$ - pięć punktów pomiarowych), ale ilość zalegającego na nim pyłu węglowego (poza jednym przypadkiem) nie przekraczała $0,030 \text{ kg/m}^3$ i wynosiła od poniżej $0,011 \text{ kg/m}^3$ do $0,023 \text{ kg/m}^3$. Natomiast na odcinku o długości 20 m, licząc od zbiornika, ilość pyłu węglowego w niezabezpieczonym pyłe kopalnianym (66,5%) wynosiła $0,067 \text{ kg/m}^3$ i przekraczała dolną granicę jego wybuchowości.

Na prawym odciosie wyrobiska występowały dwa odcinki z niezabezpieczonym pyłem kopalnianym ($0 \div 60 \text{ mb}$ - trzy punkty pomiarowe, $161 \div 200 \text{ mb}$ - dwa punkty pomiarowe) odpowiednio o zawartości części niepalnych stałych od 63,2% do 66,3% oraz od 75,9% do 76,3%. Ilość zalegającego na nich pyłu węglowego (poza jednym przypadkiem) nie przekraczała $0,030 \text{ kg/m}^3$ i wynosiła od 0,009 do $0,023 \text{ kg/m}^3$. Na odcinku o długości 20 m, licząc od zbiornika, ilość pyłu węglowego w niezabezpieczonym pyłe kopalnianym (63,8%) wynosiła $0,070 \text{ kg/m}^3$ i przekraczała dolną granicę jego wybuchowości.

Na spągu wyrobiska na całej długości 200-metrowej strefy zabezpieczającej (osiem punktów pomiarowych), poza dwoma odcinkami ($21 \div 40 \text{ mb}$, $141 \div 160 \text{ mb}$), występował niezabezpieczony pył kopalniany o zawartości części niepalnych stałych od 62,4% do 79,2%. Ilość pyłu węglowego w niezabezpieczonym pyłe kopalnianym w tych punktach pomiarowych przekraczała $0,030 \text{ kg/m}^3$, wynosząc od 0,069 do $0,319 \text{ kg/m}^3$ i każdorazowo przekraczała dolną granicę jego wybuchowości.

5.4. Poziom zabezpieczenia pyłu kopalnianego - utrzymanie stref zabezpieczających

Przepisy górnicze definiują strefę zabezpieczającą, jako odcinek wyrobiska górniczego za bezpieczny pod względem możliwości powstania i przenoszenia się wybuchu pyłu węglowego. Uznaje się, że strefa w polu metanowym wykonana jest właściwie, gdy w każdym jej miejscu zawartość części niepalnych stałych w zalegającym pyłe kopalnianym wynosi co najmniej 80%. Zgodnie z Polską Normą [5a] kontrolę 200-metrowej strefy przeprowadza się pobierając próby pyłu kopalnianego z trzech do pięciu pasów oddalonych od siebie od 30 do 50 m, licząc wzdłuż osi wyrobiska, poczynając od początku strefy w odległości nie mniejszej niż 10 m. W próbach tych określa się procentową zawartość części niepalnych stałych. W przeprowadzonych badaniach, dla zwiększenia ich dokładności, wyznaczono 10 punktów pomiarowych, natomiast ocenę skuteczności utrzymywania strefy wykonano dla każdego punktu pomiarowego (średnia ważona dla całego obwodu wyrobiska) oraz zgodnie z Polską Normą, dla całej strefy zabezpieczającej (średniej dla wszystkich punktów pomiarowych).

Kształtowanie się zawartości części niepalnych stałych w zalegającym pyłe kopalnianym w strefie zabezpieczającej, w stosunku do wymogów przepisów górniczych (czerwona pozioma przerywana linia), jest pokazane na rys.4.

Biorąc pod uwagę zawartość części niepalnych stałych w zalegającym pyłe kopalnianym w poszczególnych punktach pomiarowych, należy stwierdzić, że na długości 200-metrowej strefy zabezpieczającej, oprócz dwóch odcinków ($21 \div 40 \text{ mb}$, $141 \div 160 \text{ mb}$), zalegający pył kopalniany nie spełniał wymo-

gów przepisów (od 64,3% do 79,6%), czyli wymogi strefy zabezpieczającej nie były utrzymane. Obliczona, zgodnie z Polską Normą (średnia dla 10 punktów pomiarowych), zawartość części niepalnych stałych w badanej strefie wynosiła 77,6% i również nie spełniała wymogów odpowiednich przepisów. Powyższe nieprawidłowości, niezwłocznie po ich stwierdzeniu, zostały usunięte przez służby pyłowe KWK „BRZESZCZE” poprzez przeprowadzenie dodatkowego opylania pyłem kamiennym.

5.5. Poziom zabezpieczenia pyłu kopalnianego w miejscach zabudowy zapór przeciwybuchowych

Miejsca zabudowy pyłowych zapór przeciwybuchowych, w polach metanowych, zgodnie z wymaganiami przepisów górniczych, powinno być opylone pyłem kamiennym do zawartości co najmniej 80% części niepalnych stałych. W przekopie taśmowym poz. 630 m - strona północna w miejscu zabudowy pyłowej zapory przeciwybuchowej zlokalizowane były trzy punkty pomiarowe. Zawartość części niepalnych stałych w zalegającym pyłe kopalnianym w tych punktach wynosiła: 74,0%, 78,9% oraz 74,6% (średnio 75,8%) i nie spełniała wymogów przepisów w tym zakresie. Powyższe nieprawidłowości zostały usunięte podczas wykonywania dodatkowego opylania pyłem kamiennym strefy zabezpieczającej.

5.6. Intensywność osiadania pyłu

Dla zebranego z poszczególnych płytek pomiarowych osiadającego pyłu oznaczono jego masę, zawartość części niepalnych stałych oraz na podstawie obliczeń określono masę pyłu węglowego i wartość intensywności osiadania pyłu kopalnianego i węglowego. Ilość masy osiadłego pyłu kopalnianego i węglowego na poszczególnych płytkach pomiarowych w danych punktach pomiarowych przedstawiono na rys. 5 i 6.

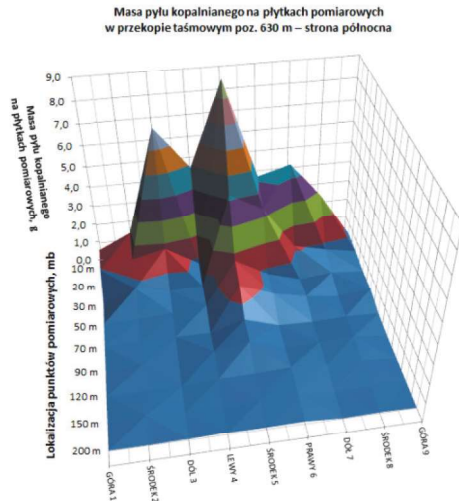
Ze wszystkich punktów pomiarowych największe ilości masy pyłu kopalnianego i węglowego stwierdzono na płytkach rozłożonych w pierwszym punkcie pomiarowym (10 mb strefy zabezpieczającej), a wartości maksymalne wynoszące 8,7658 g i 3,6922 g wystąpiły na płycie zlokalizowanej na środku spągu wyrobiska. Wraz ze wzrostem odległości od zbiornika ilość osiadającego pyłu gwałtownie malała, co szczególnie było widoczne na odcinku pierwszych 30 m dla płytek umieszczonych na odciosach oraz na odcinku 50 m dla płytek zlokalizowanych na spągu wyrobiska.

Kształtowanie się dobowej (9-10.07.2013) wielkości intensywności osiadania pyłu kopalnianego wzdłuż całej strefy zabezpieczającej na poszczególnych odciosach wyrobiska, na jego spągu oraz w sposób sumaryczny przedstawiono na rys. 7.

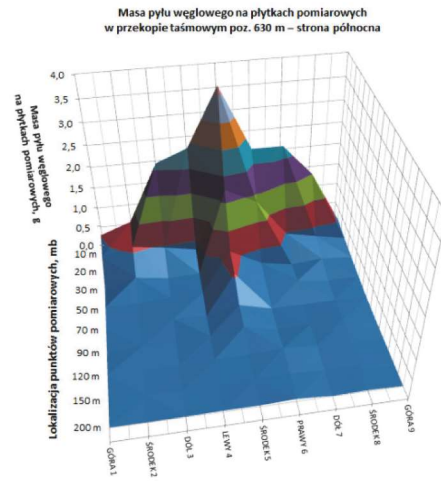
Obliczona wielkość intensywności osiadania pyłu kopalnianego na spągu wyrobiska była ponad dwukrotnie większa niż na poszczególnych odciosach, a wartość sumaryczna kształtowała się od $63,1319 \text{ g/m}^2/\text{dobę}$ na 10 mb strefy do $0,9068 \text{ g/m}^2/\text{dobę}$ w ostatnim punkcie pomiarowym (200 mb strefy). Oddalając się od zbiornika, sumaryczna wielkość intensywności osiadania w każdym kolejnym punkcie pomiarowym zmniejszała się ponad dwukrotnie. Na odcinku pierwszych 50 metrów zmalała ponad 8-krotnie, a w połowie długości strefy zabezpieczającej była już ponad 20 razy mniejsza niż przy samym zbiorniku (Prostański, 2014).

Zmienność wielkości sumarycznej intensywności osiadania pyłu węglowego oraz zawartości części niepalnych stałych w osiadającym pyłe kopalnianym wzdłuż całej strefy zabezpieczającej pokazano na rys. 8.

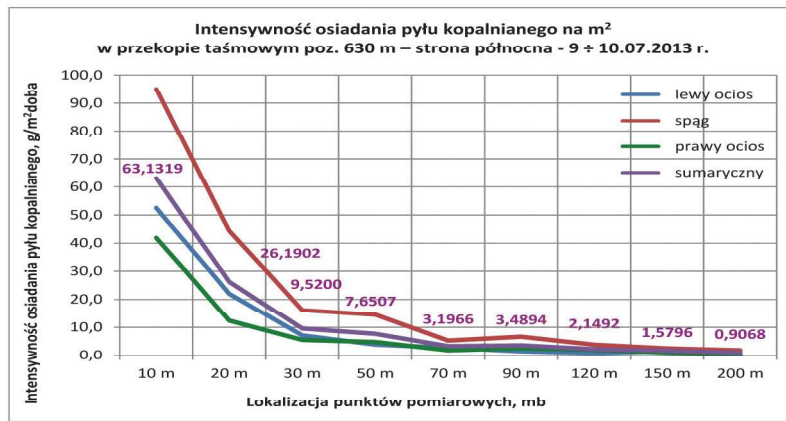
Sumaryczna wielkość intensywności osiadania pyłu węglowego wzdłuż badanej strefy zabezpieczającej wynosiła od $28,005 \text{ g/m}^2/\text{dobę}$ w pierwszym punkcie pomiarowym



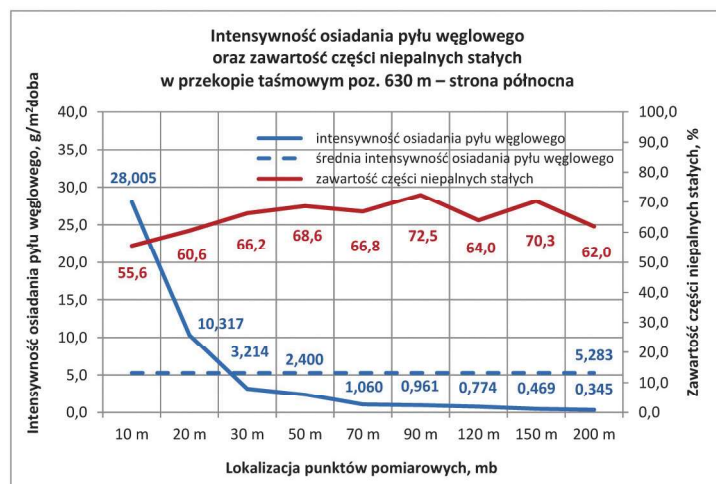
Rys. 5. Masa pyłu kopalnianego na płytkach pomiarowych
Fig. 5. Mass of mine dust on measuring blocks



Rys. 6. Masa pyłu węglowego na płytkach pomiarowych
Fig. 6. Mass of coal dust on measuring blocks



Rys. 7. Intensywność osiadania pyłu kopalnianego
Fig. 7. Intensity of mine dust subsidence



Rys. 8. Intensywność osiadania pyłu węglowego oraz zawartość części niepalnych stałych
Fig. 8. Intensity of coal dust subsidence and content of non-combustible solids

do 0,345 g/m²/dobę na końcu strefy. Na odcinku pierwszych 30 metrów od zbiornika wielkość ta zmalała ponad 8-krotnie. Najmniejszą zawartość części niepalnych stałych w osiadającym pyłu kopalnianym wynoszącą 55,6% odnotowano na 10

mb strefy, natomiast wartość maksymalną równą 72,5% na 90 mb strefy. Na pierwszych 50 metrach strefy, wraz z oddalaniem się od zbiornika zawartość tych części sukcesywnie wrosła, aż do wartości 68,6% na 50 mb strefy.

6. Problematyka utrzymywania stref zabezpieczających

Zgodnie z obowiązującymi przepisami górniczymi jedynym kryterium określającym prawidłowe wykonanie i utrzymanie strefy zabezpieczającej jest, jak już podano w punkcie 5.4, zawartość części niepalnych stałych w pyłe kopalnianym. W omawianym przykładzie, tylko w dwóch punktach pomiarowych, na 10 wyznaczonych, ten warunek był spełniony. W pozostałych punktach niedobór części niepalnych stałych wynosił od zaledwie 0,4% na 170 mb strefy do aż 15,7% w pierwszym punkcie pomiarowym. Obliczona wartość średnia tych części (zgodnie z Polską Normą) dla wszystkich 10 punktów pomiarowych) również była mniejsza niż 80% i wynosiła 77,6%. Zaistniała sytuacja wynika z faktu, tak jak dla wielu innych stref zabezpieczających, iż pył kamienny w kolejnych odnowieniach (opylaniach) strefy jest równomiernie rozprowadzany wzdłuż całej jej długości. W zakresie utrzymywania rygorów stref zabezpieczających częstą praktyką na kopalniach jest sytuacja, w której przyjmuje się, że strefa została wykonana zgodnie z wymogami przepisów (stan potwierdzany kontrolami), natomiast ilość pyłu kamiennego do jej odnowienia obliczana jest na podstawie średniej wartości intensywności osiadania pyłu (Malich i in. 2013). Na rys. 8 średnią wartość intensywności osiadania pyłu węglowego wzdłuż całej strefy zabezpieczającej przedstawiono przerywaną, niebieską linią. Z przebiegu tej linii wynika, że do około 25 mb strefy zabezpieczającej ilość zużywanego pyłu kamiennego była niewystarczająca, nawet 5-krotnie w przypadku rejonu przyziornikowego. W konsekwencji pył kopalniany zalegający w bliskim sąsiedztwie zbiornika nigdy nie będzie spełniał wymogów przepisów górniczych, gdyż ilość dodawanego pyłu kamiennego jest zbyt mała, aby zabezpieczyć osiadający pył węglowy. Natomiast na pozostałym odcinku strefy ilość zużywanego pyłu kamiennego do jej odnowienia wydaje się być zbyt duża (nieuzasadnione przepisami podniesienie poziomu bezpieczeństwa pracy generujące dodatkowe koszty profilaktyki).

W związku z powyższym proponuje się bardziej racjonalne podejście do zagadnienia odnowiania stref zabezpieczających, przede wszystkim w postaci podziału 200-metrowej strefy zabezpieczającej na trzy odcinki (przykładowo $0 \div 40$ mb, $41 \div 100$ mb oraz $101 \div 200$ mb), na których należy dokonać albo odpowiedniej dyslokacji ilości pyłu kamiennego przy tej samej częstotliwości opylania, albo przy takiej samej ilości pyłu kamiennego zmienić stosownie częstotliwość opylania (Malich i in. 2015b).

7. Podsumowanie i wnioski

Strefy zabezpieczające stanowią trzecią, główną linię obrony przeciwko wybuchom pyłu węglowego. Ich głównym zadaniem jest niedopuszczenie do przeniesienia (propagacji) wybuchu przez zapewnienie ponad 80-procentowej zawartości części niepalnych stałych w zalegającym pyłe kopalnianym. Stąd bardzo ważnym jest zaplanowanie częstotliwości działań profilaktycznych oraz ilości stosowanego pyłu kamiennego gwarantujące stałe utrzymywanie, na długości całej strefy, wymaganej przepisami zawartości części niepalnych stałych. Na przykładzie badanej strefy zabezpieczającej przedstawiono nie tylko często spotykane uchybienia dotyczące wymogu zawartości części niepalnych stałych, ale zwrócono szczególną uwagę na takie odcinki strefy, gdzie dodatkowo występowały osady pyłu węglowego przekraczające jego dolną granicę wybuchowości. Odcinki takie miały miejsce zwłaszcza w bliskim sąsiedztwie zbiornika i stanowiły, przy wystąpieniu inicjału, realne niebezpieczeństwo zapoczątkowania wybuchu.

Opisane wyniki bardzo szczegółowych i dokładnych pomiarów intensywności osiadania pyłu wykazały, że praktykowane na kopalniach, odnawianie stref zabezpieczających jednakową ilością pyłu kamiennego wzdłuż całej strefy jest działaniem nieskutecznym. Z uwagi na fakt, że przepisy górnicze nie precyzują zagadnień związanych z odnawianiem stref zabezpieczających, konieczne jest wprowadzenie do kanonu „dobrych praktyk górniczych” zasady podziału 200-metrowych stref zabezpieczających na co najmniej dwa, a najlepiej na trzy odcinki, z odpowiednią dyslokacją ilości pyłu kamiennego, przy zachowaniu takiej samej częstotliwości opylania lub ze stosowną różną częstotliwością opylania poszczególnych odcinków, przy takiej samej ilości pyłu kamiennego.

Literatura

- MALICH B., CYBULSKI K., WYSOCKA M., SKUBACZ K., URBAN P. 2013a - Opracowanie metodyki prowadzenia badań rzeczywistego stanu zagrożenia wybuchem pyłu węglowego na odcinkach stref zabezpieczających w rejonach frontów eksploatacyjnych i robót przygotowawczych z uwzględnieniem rozkładu frakcyjnego oraz opracowanie założeń oceny tych stref w aspekcie zabezpieczenia przed możliwością powstania i przeniesienia wybuchu pyłu węglowego. Raport z realizacji zadania badawczego nr 3 projektu „Modelowanie mechanizmu gromadzenia się wybuchowego pyłu węglowego w pobliżu frontów eksploatacyjnych w aspekcie identyfikacji, oceny i niwelacji możliwości powstania jego wybuchu” - symbol GIG 070 2003 2-220. Katowice, praca niepublikowana.
- MALICH B., CYBULSKI K., WYSOCKA M., SKUBACZ K., URBAN P. 2013b - Badania rzeczywistego stanu zagrożenia wybuchem pyłu węglowego na odcinkach stref zabezpieczających w rejonach frontów eksploatacyjnych i robót przygotowawczych z uwzględnieniem rozkładu frakcyjnego. Raport z realizacji zadania badawczego nr 5 projektu : „Modelowanie mechanizmu gromadzenia się wybuchowego pyłu węglowego w pobliżu frontów eksploatacyjnych w aspekcie identyfikacji, oceny i niwelacji możliwości powstania jego wybuchu” - symbol GIG 070 2005 3-220. Katowice, praca niepublikowana.
- MALICH B., CYBULSKI K., WYSOCKA M., SKUBACZ K., URBAN P. 2014 - Opracowanie charakterystyki wpływu określonych frakcji pyłu na intensywność procesu powstania osadów pyłu węglowego na odcinkach stref zabezpieczających w rejonach frontów eksploatacyjnych i robót przygotowawczych. Raport z realizacji zadania badawczego nr 8 projektu „Modelowanie mechanizmu gromadzenia się wybuchowego pyłu węglowego w pobliżu frontów eksploatacyjnych w aspekcie identyfikacji, oceny i niwelacji możliwości powstania jego wybuchu” - symbol GIG 070 2008 3-220. Katowice, praca niepublikowana.
- MALICH B., CYBULSKI K. 2013 - Zagrożenie wybuchem pyłu węglowego. Bezpieczeństwo pracy w kopalniach węgla kamiennego. Praca zbiorowa pod redakcją Władysława Konopko. Tom 2. Zagrożenia Naturalne. GIG Katowice, s. 55-97.
- MALICH B., CYBULSKI K., SKUBACZ K., URBAN P., WYSOCKA M., WIECZOREK A. 2015a - Badania wybuchowego pyłu węglowego w strefach zabezpieczających. Praca zbiorowa. Monografia Innowacyjne Techniki i Technologie dla Górnictwa, BEZPIECZEŃSTWO - EFEKTYWNOŚĆ - NIEZAWODNOŚĆ, KOMAG, s. 188-209. Gliwice.
- MALICH B., CYBULSKI K., WYSOCKA M., SKUBACZ K., URBAN P., HYLPA P., KALITAM., SIEGMUND M., BAŁAGA D., PROSTAŃSKI D. 2015b - Możliwości ograniczania zagrożenia wybuchem pyłu węglowego w strefach zabezpieczających.
- MALICH B., RAUDNER W., TETLA M., WIECZOREK A. 2015c - Metoda oznaczania zawartości wody przemijającej i higroskopijnej w pyłach kopalnianych. „WUG - Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” 5 (249).
- MALICH B., CYBULSKI K., WIECZOREK A. 2015d - Ocena skuteczności zwilżania pyłów węglowych i kopalnianych. Evaluation of the effectiveness of coal and mine dust wetting. Journal of Sustainable Mining. Vol. 14 / issue 2, Strony 83-92. Katowice 2015.

- PN-74-G-04511. Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości wilgoci. 1974.
- PN-G-11020. Górnictwo. Pył kamienny przeciwwybuchowy. 1994.
- PN-G-04036. Zabezpieczenie przeciwwybuchowe zakładów górniczych. Zabezpieczenie przed wybuchem pyłu węglowego. Oznaczanie intensywności osiadania pyłu. 1997.
- PN-G-04037. Zabezpieczenia przeciwwybuchowe zakładów górniczych. Zabezpieczenie przed wybuchem pyłu węglowego. Oznaczanie zawartości części niepalnych w pyłe kopalnianym. 1998.
- PROSTAŃSKI D. 2014 - Ocena intensywności osiadania pyłu węglowego w wyrobiskach górniczych z wykorzystaniem modeli empirycznych. Materiały na konferencję: Górnicze Zagrożenia Naturalne 2014 XXI Międzynarodowa Konferencja Techniczna „Zagrożenia naturalne a bezpieczne i efektywne kopalnie”, Targanice k/Żywca, 4-7 listopada 2014, s.1-10.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. 2013 poz. 230 wraz z późniejszymi zmianami).
- Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz.U. 2017 poz. 1118).

Artykuł wpłynął do redakcji – marzec 2020
Artykuł akceptowano do druku – 30.04.2020