

Badania zapylenia w strefach zabezpieczających

dr inż. Dariusz Prostański
dr inż. Dominik Bałaga
dr inż. Marek Kalita
mgr inż. Michał Siegmund
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

mgr inż. Paweł Hyla
KWK "Brzeszcze"

Streszczenie:

W publikacji omówiono problem zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, powstającego w trakcie procesu urabiania węgla, będącego jednym z głównych czynników wpływającym na bezpieczeństwo załóg górniczych. Zaprezentowano wyniki badań stężenia pyłu węglowego w wybranych strefach zabezpieczających wyrobisk górniczych, będące podstawą do opracowania algorytmu prowadzenia działań profilaktycznych. Prace badawcze realizowano w ramach projektu o akronimie MEZAP, dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Abstract:

Problem of coal dust explosion hazard during hard coal mining operations, which is the main factor affecting the work safety of mining teams is discussed. Results from dust concentration measurements in the selected zones protecting the mine roadways, which are the base for development of prophylaxis measures algorithms, are presented. The research project was realized within the MEZAP project co-financed by the National Centre for Research and Development in Poland.

Słowa kluczowe: górnictwo, strefy zabezpieczające, zwalczanie zapylenia, pył węglowy

Keywords: mining industry, protecting zones, dust control, coal dust

1. Wprowadzenie

Koncentracja wydobycia węgla z zastosowaniem nowoczesnych technologii urabiania, prowadzi do powstawania znacznych ilości pyłu w pobliżu frontów eksploatacyjnych [10]. Generowany w wyrobiskach górniczych pył, przenoszony jest przez prąd powietrza w dalsze miejsca kopalni, stwarzając zagrożenie wybuchem pyłu węglowego oraz przyczyniając się do powstawania pylicy płuc u pracowników [1].

Pył węglowy, w odróżnieniu od innych zagrożeń, występuje niemal we wszystkich wyrobiskach górniczych.

Zagrożenie wybuchem pyłu węglowego jest jednym z najgroźniejszych przypadków, stąd prowadzona jest szeroka profilaktyka mająca na celu jego ograniczenie [8]. Zgodnie z obowiązującymi przepisami, w wyrobiskach chodnikowych zlokalizowanych w pobliżu frontów eksploatacyjnych, stosuje się strefy zabezpieczające. Osiadły w nich pył węglowy opyla się pyłem kamiennym lub zmywa wodą na całym ich obwodzie, na długości co najmniej 200 m [9]. Skuteczność stref zabezpieczających zależy od jakości i częstotliwości wykonywania ww. prac [2]. W celu zwiększenia skuteczności eliminacji zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, w ITG KOMAG prowadzony był projekt badawczy o akronimie MEZAP nr PBS1/B2/4/2012 pt. „*Modelowanie mechanizmu gromadzenia się wybuchowego pyłu węglowego w pobliżu frontów eksploatacyjnych w aspekcie identyfikacji, oceny i niwelacji możliwości powstania jego wybuchu*”, dofinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. W pierwszej fazie projektu skupiono się na identyfikacji stężenia oraz rozkładu frakcyjnego pyłu w wyrobiskach górniczych zaliczanych do klasy A i B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, gdzie przeprowadzono badania zapylenia w strefach zabezpieczających [6], których wyniki zaprezentowano w niniejszym artykule.

2. Cel i zakres badań

Badania zrealizowane w ramach projektu MEZAP miały na celu identyfikację zapylenia w strefach zabezpieczających wyrobisk górniczych i obejmowały:

- pomiary stężenia chwilowego i średniego pyłu z zakresu ($0 \div 10 \mu\text{m}$),
- pomiary średniego stężenia pyłu całkowitego,
- ocenę rozkładu frakcyjnego pyłu w powietrzu.

Wyniki badań posłużyły, jako dane wejściowe, do budowy modelu strefy zabezpieczającej i prowadzenia działań profilaktycznych z wyprzedzeniem [7].

Przed przystąpieniem do badań przeprowadzono szczegółową ocenę stref z wybuchowym pyłem węglowym, w celu wyselekcjonowania stref zabezpieczających, w których badania nie zaburzałyby procesu eksploatacji górniczej i nie wpływałyby na stężenie i rozkład frakcyjny pyłu węglowego oraz intensywność osadzania się poszczególnych jego frakcji [5]. Zdecydowano się na przeprowadzenie badań w strefach zabezpieczających w warunkach KWK „Brzeszcze”.

Badania prowadzono w następujących rejonach kopalni:

rejon frontów eksploatacyjnych (ścian):

- ściana nr 710 w pokł. 364 wschód,
 - chodnik taśmowy ściany 710 (nr 747), (CIP-10, PŁ-2, IPSQ),
 - chodnik wentylacyjny ściany 710 (nr 749), (PŁ-2),
- ściana 121 w pokł. 364 zachód,
 - chodnik taśmowy ściany 121 (nr 551), (CIP-10, PŁ-2, IPSQ),
 - chodnik wentylacyjny ściany 121 (nr 552), (PŁ-2),

rejon robót przygotowawczych (przodki):

- przekop badawczy z pokł. 352 do pokł. 510 - przodek nr 568 (CIP-10, PŁ-2, IPSQ),
- pochylnia badawcza II (chodnik taśmowy śc. 128a) - przodek 567 (CIP-10, PŁ-2, IPSQ),

rejon zbiornika wyrównawczego:

- rejon zbiornika głównego – przekop taśmowy poz. 630 m, strona północna (CIP-10, PŁ-2, IPSQ),
- rejon zbiornika głównego – przekop taśmowy poz. 630 m, strona południowa (CIP-10, PŁ-2, IPSQ).

Do badań zastosowano następujące urządzenia:

- pyłomierze optyczne PŁ-2/50 – do pomiaru chwilowego i średniego stężenia pyłu w zakresie średnicy cząstek $0 \div 10 \mu\text{m}$,
- pyłomierze grawimetryczne CIP-10 – do pomiaru średniego stężenia pyłu całkowitego, metodą grawimetryczną,
- analizator IPSQ – do określania rozkładu frakcyjnego pyłu.

Typ urządzeń, ich liczbę oraz rozmieszczenie dostosowano do warunków panujących w danym rejonie kopalni.

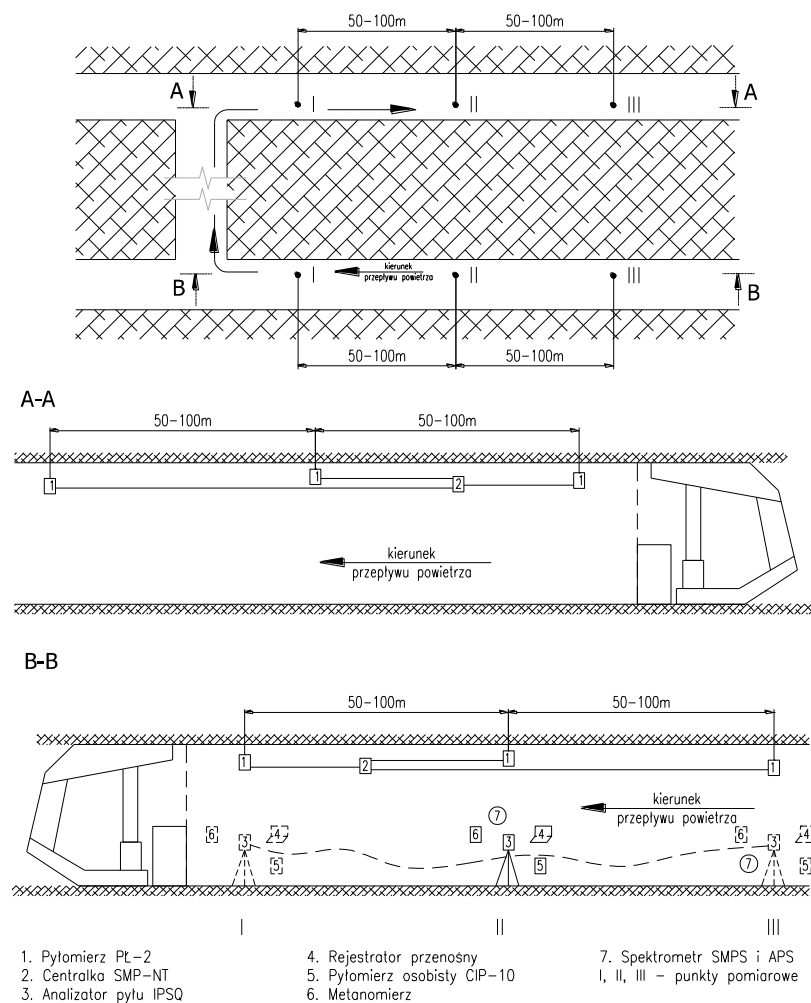
Pyłomierze PŁ-2/50 współpracowały z systemem metanowo-pożarowym SMP-NT, zainstalowanym w KWK Brzeszcze.

Pomiar średniego stężenia pyłu całkowitego realizowano metodą grawimetryczną, przy użyciu pyłomierzy CIP-10, do oznaczania indywidualnej ekspozycji na pył w środowisku pracy pod ziemią. Średnie stężenie pyłu obliczano z zależności zdefiniowanej jako iloraz zmierzonej masy pyłu oraz iloczynu czasu pomiaru i natężenia przepływu powietrza w urządzeniu.

Do określenia rozkładu frakcyjnego pyłu w powietrzu stosowano analizator IPS w wersji Q. Umożliwia on pomiar w czasie rzeczywistym wymiarów i liczby cząstek pyłu w jednostce objętości. Mierzono granulację i koncentrację cząstek w zakresie od 0,4 do 300 μm , z podziałem na 256 równych klas [3].

3. Przebieg badań

Do pomiaru średniego i chwilowego stężenia pyłu z zakresu (0÷10 μm) stosowano trzy pyłomierze PŁ-2/50, podwieszane pod stropem obudowy łukowej, na wysokości 1,7 do 2,0 m od spągu, zlokalizowane w odległości 50÷100 m od siebie. Szkic usytuowania punktów pomiarowych oraz zastosowanych urządzeń pomiarowych w ścianie nr 710 w KWK Brzeszcze, przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Rozmieszczenie urządzeń pomiarowych w KWK Brzeszcze, w chodniku: wentylacyjnym ściany 710 (nr 749) - przekrój A-A i taśmowym ściany 710 (nr 747) - przekrój B-B [6]

Pyłomierze realizowały jednocześnie ciągły pomiar stężenia pyłu, w zakresie 0÷50 mg/m^3 [5]. Badania zapylenia prowadzono przez co najmniej 24 h, co pozwoliło na uwzględnienie wszystkich etapów procesu produkcyjnego, realizowanych w danym wyrobisku górnym.

Równolegle prowadzono badania zapylenia z zastosowaniem co najmniej 3 pyłomierzy osobistych CIP-10, działających równocześnie, umożliwiających pomiar frakcji całkowitej

pyłu [4]. Pyłomierze CIP-10 zlokalizowano w tych samych miejscach, w których wykonywano pomiar stężenia przy użyciu pyłomierzy PŁ-2/50. Pyłomierze CIP-10 i głowicę analizatora IPSQ zamontowano na wysokości ok. 1,7 m od spągu. Pomiary pyłomierzami CIP-10, wykonywano przez czas od kilkudziesięciu minut do kilku godzin. Po zakończonych badaniach próbki pyłu zebrane w miseczkach pomiarowych poddawano ważeniu w Laboratorium Zapylenia KD Barbara. Na podstawie masy pyłu i czasu ekspozycji pyłomierzy na zapyłone powietrze, wyznaczano średnie stężenie pyłu całkowitego.

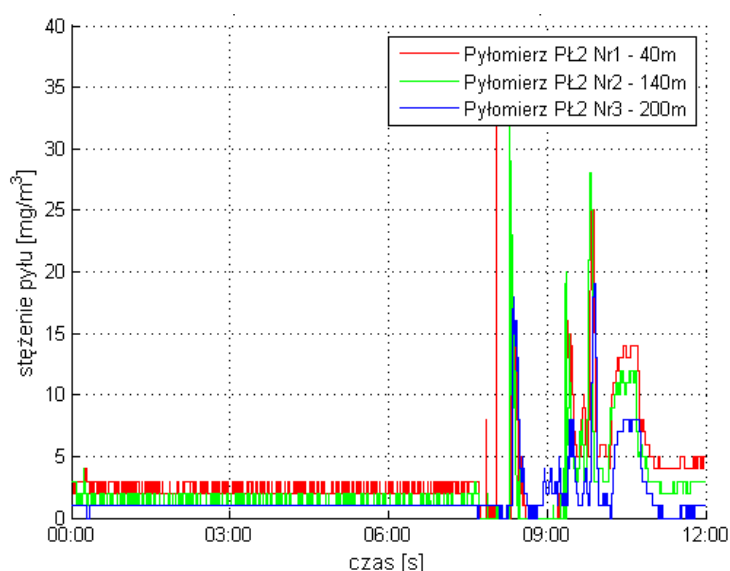
Rozkład frakcyjny pyłu w powietrzu w strefie zabezpieczającej określano za pomocą analizatora IPSQ, zlokalizowanego w osi wyrobiska korytarzowego. Liczba punktów pomiarowych wynosiła od 4 do 7, w zależności od możliwości zastosowania przyrządu. Odległość pomiędzy poszczególnymi punktami pomiaru wynosiła ok. 20 metrów. Czas pomiaru w każdym punkcie wynosił 2 minuty i powtarzany był trzykrotnie.

4. Wyniki badań

Przeprowadzone badania umożliwiły określenie stężenia pyłu całkowitego oraz jego rozkładu frakcyjnego w powietrzu, w wyznaczonych miejscach stref zabezpieczających zlokalizowanych w pobliżu przodków eksploatacyjnych.

Stężenie pyłu, zmierzone pyłomierzem PŁ-2/50, przedstawiono w formie chwilowych wartości w funkcji czasu (rys. 2), realizowane przez trzy pyłomierze umiejscowione odpowiednio w odległościach:

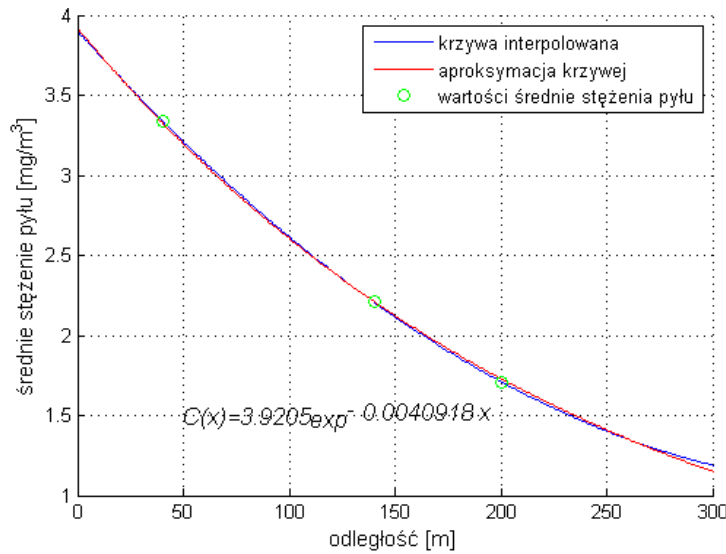
- pyłomierz Nr 1 (pkt III wg rys. 1) – 40 m od skrzyżowania chodnika z przekopem,
- pyłomierz Nr 2 (pkt II wg rys. 1) – 140 m od skrzyżowania chodnika z przekopem,
- pyłomierz Nr 3 (pkt I wg rys. 1) – 200 m od skrzyżowania chodnika z przekopem.



Rys. 2. Chwilowe wartości stężenia pyłu ($0\div 10\ \mu\text{m}$) - chodnik taśmowy ściany 710 (nr 747) w KWK Brzeszcze [6]

Na podstawie chwilowych wartości stężenia pyłu z zakresu ($0\div 10\ \mu\text{m}$), zmierzonych w czasie 24 godzinowego pomiaru pyłomierzami optycznymi PŁ-2/50 (rys. 2), wyznaczono średnie wartości stężenia pyłu, które przedstawiono w funkcji odległości od skrzyżowania chodnika transportowego, z chodnikiem taśmowym ściany. Następnie wyznaczono funkcję

aproxymującą, wykładniczą, opisującą średni rozkład stężenia pyłu w powietrzu w zależności od odległości od źródła powstawania pyłu (rys. 3).



Rys. 3. Przykład średniego stężenia pyłu w funkcji odległości- chodnik taśmowy ściany 710 (nr 747) KWK Brzeszcze [6]

Pomiary pyłomierzami osobistymi CIP-10 umożliwiły wyznaczenie średniego stężenia pyłu całkowitego w poszczególnych punktach pomiarowych wg zależności (1).

$$\bar{S} = \frac{m}{\dot{V} \cdot \tau} \tag{1}$$

gdzie:

\bar{S} – średnie stężenie pyłu [mg/m^3]

\dot{V} – natężenie przepływu powietrza w CIP-10 [dm^3/min]

τ – czas pomiaru [min]

m – masa pyłu w miseczce pomiarowej po czasie ekspozycji τ [mg]

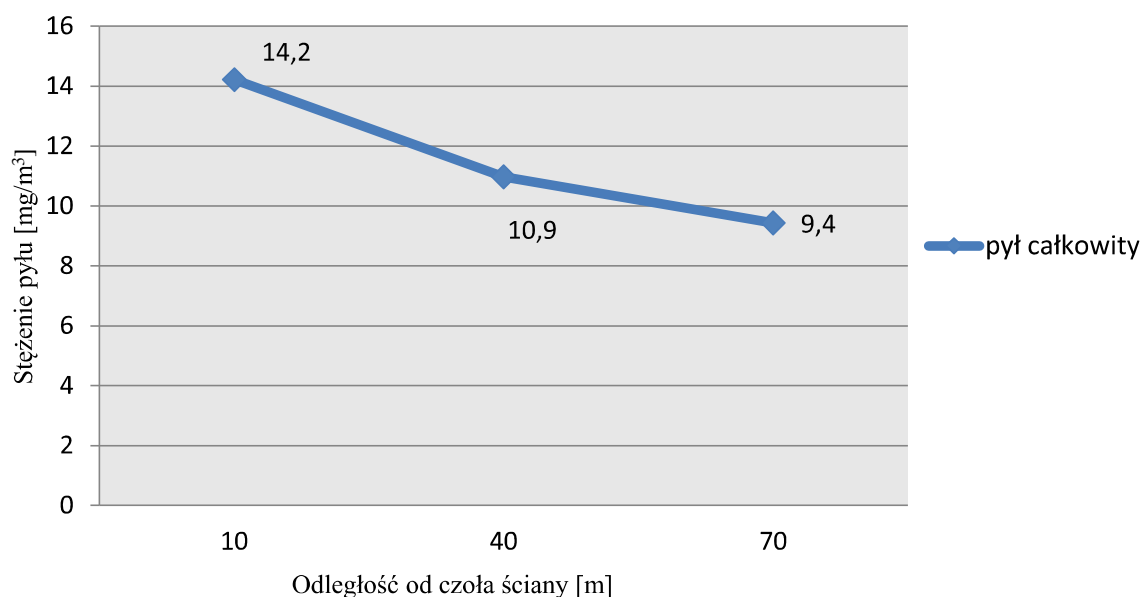
Wyniki stężenia pyłu całkowitego w trzech punktach pomiarowych w chodniku taśmowym ściany 710 KWK Brzeszcze, przedstawiono w tabeli 1.

Wartości średnie stężenia pyłu całkowitego, wyznaczone na podstawie pomiarów pyłomierzami CIP-10, w chodniku taśmowym ściany 710 (nr 747) w KWK Brzeszcze [6]

Tabela 1

Nr punktu	Odległość	Typ pyłu	Masa pyłu [mg]	Długość pomiaru [min]	Średnie stężenie [mg/m^3]
1.	10 m od czoła ściany	całkowity	19,06	134	14,2
2.	40 m od czoła ściany	całkowity	14,7	134	10,9
3.	70 m od czoła ściany	całkowity	12,63	134	9,4

Wyniki pomiarów przedstawiano w postaci zależności rozkładu średniego stężenia pyłu całkowitego od odległości od czoła ściany (rys. 4).



Rys. 4. Stężenie pyłu całkowitego w zależności od odległości od czoła ściany - chodnik taśmowy ściany 710 (nr 747) KWK Brzeszcze [6]

Wyniki pomiarów analizatorem IPSQ pozwoliły na określenie stężenia pyłu całkowitego oraz jego rozkładu frakcyjnego (udziału procentowego poszczególnych zakresów wielkości cząstek pyłu), ocenę wpływu odległości źródła zapylenia, na stężenie oraz wielkość cząstek przenoszonych w powietrzu. Przykładowe wyniki pomiarów zrealizowane analizatorem w strefie zabezpieczającej chodnika taśmowego ściany 710 (nr 747) w KWK Brzeszcze, przedstawiono w tabeli 2.

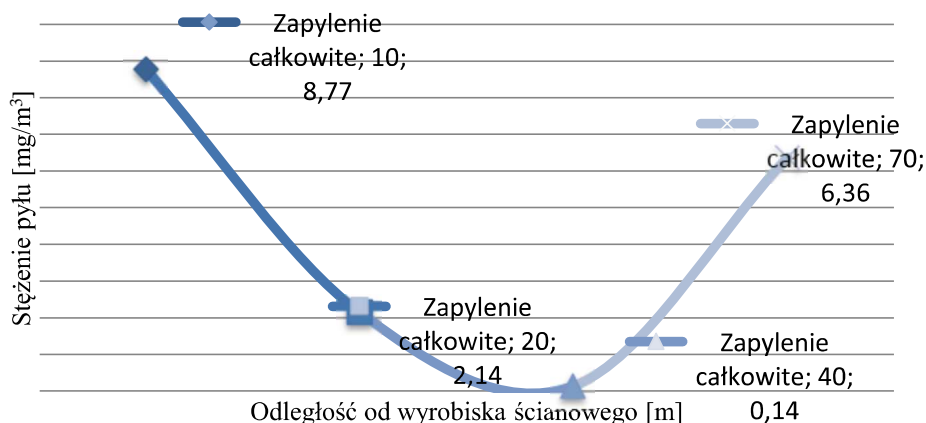
Wyniki pomiarów średniego stężenia pyłu całkowitego oraz rozkładu frakcyjnego cząstek pyłu wykonane analizatorem IPSQ w chodniku taśmowym ściany 710 (nr 747) w KWK Brzeszcze [6]

Tabela 2

Numer punktu pomiarowego	1	2	3	4
Odległość od czoła ściany [m]	10	20	40	70
Średni czas pomiaru [s]	180	180	120	120
Średnia liczba cząstek	15006	4342	349	4670
Średnia objętość zassanego powietrza [dm ³]	0,8	0,8	0,5	0,5
Średnia temperatura [st. C]	26,7	27,0	27,0	27,0
Średnia wilgotność powietrza [%]	71,9	72,2	72,2	74,9
Średnia prędkość przepływu powietrza V _p [m/s]	2,1	1,8	1,7	1,7
Średnia liczba cząstek [m ³]	17839831	5559793	668867	8986778
Średnie stężenie pyłu [mg/m ³]	8,8	2,1	0,1	6,4

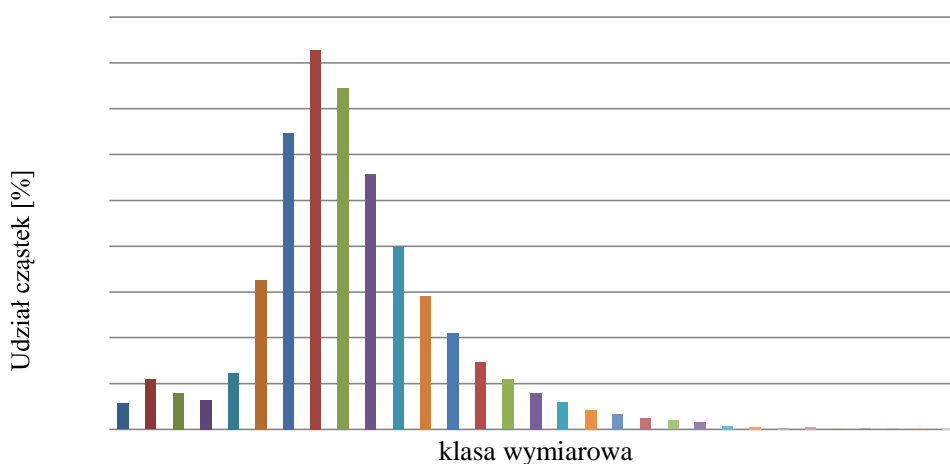
Na podstawie zmierzonej liczby cząstek, określono stężenie pyłu w powietrzu oraz dokonano oceny całkowitej liczby cząstek przemieszczających się przez badane wyrobisko.

Przykładowe zmiany średniego stężenia pyłu w funkcji odległości od czoła ściany, przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Średnie stężenie pyłu w funkcji odległości od czoła ściany 710 (nr 747) KWK Brzeszcze [6]

Rozkład frakcyjny cząstek zmierzony analizatorem IPSQ, przedstawiono w formie graficznej, w postaci histogramu (rys. 6).



Rys. 6. Udział ilościowy cząstek pyłu w danej klasie wymiarowej – pkt. 1, chodnik taśmowy ściany 710 (nr 747) KWK Brzeszcze [6]

Wielkość cząstek odpowiadającą numerowi klasy wymiarowej przedstawiona została w tabeli 3.

Klasy wymiarowe oraz odpowiadające im wielkości cząstek pyłu

Tabela 3

Nr klasy wymiarowej	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
D(i) [µm]	0,67	1,83	2,99	4,15	5,31	6,47	7,63	8,79	9,95	11,1	12,3	13,4	14,6	15,7	16,9	18,1	19,2
Nr klasy wymiarowej	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
D(i) [µm]	20,4	21,5	22,7	23,9	25,0	26,2	27,3	28,5	29,7	30,8	32,0	33,1	34,3	35,5	36,6	37,8	38,9

Na podstawie opracowanego histogramu, określono przemieszczanie się poszczególnych wielkości cząstek w powietrzu, w zależności od odległości od źródła zapylenia oraz czasu jego zawieszenia w powietrzu.

5. Podsumowanie

Badania stężenia pyłu w strefach zabezpieczających wymagały kompleksowego podejścia do ich organizacji. Opracowana metodyka badań umożliwiająca określenie stężenia pyłu w wyznaczonych strefach zabezpieczających wyrobisk górniczych bez konieczności wstrzymywania lub zakłócania procesu produkcyjnego.

Dzięki danym pozyskanym w trakcie realizacji projektu, opracowane zostaną wytyczne, metodologia projektowania, stosowania i wykonywania rozwiązań stref zabezpieczających opartych o zraszanie powietrzno-wodne. Na podstawie wyników, opracowany zostanie sposób precyzyjnego określania warunków brzegowych do oceny potencjału niebezpieczeństwa wybuchu pyłu węglowego w zależności od położenia strefy, warunków górniczo-geologicznych, wentylacyjnych i eksploatacyjnych. Opracowana metodologia będzie zawierała uwagi projektowe i sposób postępowania podczas projektowania strefy zabezpieczającej, dobór intensywności strumienia zraszającego, rozkładu frakcyjnego strumienia i ilości zużywanych mediów.

Literatura

- [1] Bałaga D., Siegmund M., Hyla P.: Metodyka badań zagrożenia wybuchem pyłu węglowego w strefach zabezpieczających. W: Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych. Kraków: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, 2015, s. 100-108.
- [2] Cybulski K.: Assessment criteria of protective zones against coal dust explosions. Archives of Mining Sciences 2004, nr 49 (4), s. 477-493.
- [3] Instrukcja obsługi analizatora IPS w wersji Q do pomiaru on-line wymiarów koncentracji cząstek zawieszonych w powietrzu. KAMIKA Instruments.
- [4] Instrukcja obsługi pyłomierzy osobistych CIP-10, ARELCO A.R.C. Francja
- [5] Prostański i in.: Projekt MEZAP, Modelowanie mechanizmu gromadzenia się wybuchowego pyłu węglowego w pobliżu frontów eksploatacyjnych w aspekcie identyfikacji, oceny i niwelacji możliwości powstania jego wybuchu nr PBS1/B2/4/2012. Zadanie 1, 2013 (praca nie publikowana).
- [6] Prostański i in.: Projekt MEZAP, Modelowanie mechanizmu gromadzenia się wybuchowego pyłu węglowego w pobliżu frontów eksploatacyjnych w aspekcie identyfikacji, oceny i niwelacji możliwości powstania jego wybuchu nr PBS1/B2/4/2012. Zadanie 6, 2013 (praca nie publikowana).
- [7] Prostański D.: Możliwości predykcji intensywności osiadania pyłu w strefach zabezpieczających przed wybuchem pyłu węglowego. W: Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych. Kraków: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, 2015 s. 92-99.
- [8] Prostański D., Jedziniak M.: Rozwój systemów zwalczania zagrożeń pyłowych. Maszyny Górnicze 2013, nr 3, s. 87-98.
- [9] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz. U. Nr 94, poz.841).
- [10] Zagrożenia związane z wybuchem pyłu węglowego, Wyższy Urząd Górniczy, Katowice 2007 r.

Niniejsza publikacja powstała w ramach realizacji projektu pt.: „Modelowanie mechanizmu gromadzenia się wybuchowego pyłu węglowego w pobliżu frontów eksploatacyjnych w aspekcie identyfikacji, oceny i niwelacji możliwości powstania jego wybuchu” (akronim MEZAP, umowa nr PBS1/B2/4/2012), dofinansowanego z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju i przedstawia wyniki uzyskane w toku jego realizacji.