

**Załącznik nr 3 (a)**

**do wniosku z dnia 24.04.2019 r. o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego  
w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Górnictwo i Geologia Inżynierska**

# **AUTOREFERAT**

**przedstawiający opis dorobku i osiągnięć  
naukowych, w szczególności określonych  
w art. 16 ust. 2 ustawy**

**Dr inż. Magdalena Tutak**

Politechnika Śląska

Wydział Górnictwa i Geologii

Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa

Gliwice, kwiecień 2019 r.

## SPIS TREŚCI

1. Imię i nazwisko .....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne .....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Wskazanie osiągnięcia (art. 16. ust. 2 Ustawy (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)) ....	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego .....	4
4.2. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe .....	4
4.3. Omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników .....	7
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych/artystycznych .....	30
5.1. Działalność naukowo -badawcza .....	30
5.2. Działalność dydaktyczna .....	34
5.3. Działalność organizacyjna i popularyzatorska .....	35

## 1. IMIĘ I NAZWISKO

Magdalena TUTAK

## 2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE/ARTYSTYCZNE

(z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania)

<b>Magister inżynier</b>	Gliwice 2011, Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, Katedra Zarządzania i Inżynierii Bezpieczeństwa (I kierunek)
<b>Inżynier</b>	Gliwice 2012, Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, Katedra Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni (II kierunek)
<b>Kwalifikacje pedagogiczne</b>	Gliwice 2016, Politechnika Śląska, Kolegium Nauk Społecznych i Filologii Obcych
<b>Doktor nauk technicznych</b>	Gliwice 2016, Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, Instytut Eksploatacji Złóż

## 3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

(Szczegółowe dane dotyczące zatrudnienia i ważniejszych funkcji)

<b>01.10.2011 – 13.09.2016</b>	Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, Instytut Eksploatacji Złóż, studia doktoranckie
<b>01.12.2016 – nadal</b>	Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa na stanowisku adiunkta

### Adres miejsca zatrudnienia:

Politechnika Śląska  
Wydział Górnictwa i Geologii  
Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa  
ul. Akademicka 2  
44-100 Gliwice



**4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16. UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. NR 65, POZ. 595 ZE ZM.)**

**4.1. TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO**

**„Zastosowanie metod numerycznych do oceny kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji górniczej w kopalniach węgla kamiennego”**

(monotematyczny cykl publikacji, w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska)

**4.2. WYKAZ PUBLIKACJI STANOWIĄCYCH OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE, O KTÓRYM MOWA W ART. 16 UST. 2 USTAWY**

W skład mojego osiągnięcia naukowego wchodzi cykl 10 jednotematycznych publikacji, z których 6 zostało opublikowanych w czasopismach uwzględnionych w bazie Journal Citation Report (JCR), 1 monografia oraz 3 artykuły w recenzowanych materiałach konferencyjnych indeksowanych w bazach Web of Science i Scopus, zestawionych poniżej:

---

**MT1.** Tutak M., Brodny J.: Analysis of the impact of auxiliary ventilation equipment on the distribution and concentration of methane in the tailgate. *Energies*, 2018, vol. 11 iss. 11, art. no. 3076 pp. 1-28.

**IF = 2,676**

**MNiSW = 25 pkt.**

**Mój wkład w powstanie pracy wyniósł 80%.**

---

**MT2.** Brodny J., Tutak M.: Forecasting the distribution of methane concentration levels in mine headings by means of model-based tests and in-situ measurements. *Archives of Control Science*, 2019, vol. 29 (1), pp. 25-39.

**IF = 1,545**

**MNiSW = 15 pkt.**

**Mój wkład w powstanie pracy wyniósł 80%.**

---



---

**MT3.** Brodny J., Tutak M.: Analysis of methane hazard conditions in mine headings. *Tehnički vjesnik*, 2018, Vol. 25 No. 1, pp. 271-276.

**IF = 0,686**

**MNiSW = 20 pkt.**

**Mój wkład w powstanie pracy wyniósł 80%.**

---

**MT4.** Brodny J., Tutak M., John A.: The impact of airway geometry on the distribution of methane concentrations at the outlet from a longwall. *Mechanika*, 2018 vol. 24 nr 5, pp. 695-702.

**IF = 0,529**

**MNiSW = 15 pkt.**

**Mój wkład w powstanie pracy wyniósł 70%.**

---

**MT5.** Brodny J., Tutak M.: Determination of the zone with a particularly high risk of endogenous fires in the goaves of a longwall with caving. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 2018, vol. 11 nr 3, pp. 545-553.

**IF = 1,090**

**MNiSW = 20 pkt.**

**Mój wkład w powstanie pracy wyniósł 80%.**

---

**MT6.** Brodny J., Tutak M., John A.: Analysis of influence of types of rocks forming the goaf with caving on the physical parameters of air stream flowing through these gob and adjacent headings. *Mechanika*, 2018, vol. 24 nr 1, pp. 43-49.

**IF = 0,529**

**MNiSW = 15 pkt.**

**Mój wkład w powstanie pracy wyniósł 70%.**

---

**MT7.** Tutak M.: The impact of longwall ventilation systems on the location and scope of the zone with a particularly high risk of endogenous fires in goaves. *Monografia*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2017. ISBN 978-83-7880-502-1.

**MNiSW = 80 pkt.**

**Mój wkład w powstanie pracy wyniósł 100%.**

---

---

**MT8.** Tutak M., Brodny J.: Analysis of Influence of Goaf Sealing from Tailgate On the Methane Concentration at the Outlet from the Longwall. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 95 (2017) 042025  
doi:10.1088/1755-1315/95/4/042025.

**MNiSW = 15 pkt.**

**Mój wkład w powstanie pracy wyniósł 80%.**

**Publikacja indeksowana w bazach Web of Science i Scopus**

---

**MT9.** Tutak M.: Impact of the permeability of goaves with caving on the methane concentration levels in the upper corner of a longwall. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Vol. 18, Science and technologies in geology, exploration and mining. Iss. 1.3, Exploration and mining. Sofia: STEF92 Technology, 2018. ISBN 978-619-7408-37-9.

**Mój wkład w powstanie pracy wyniósł 100%.**

**Publikacja indeksowana w bazie Scopus**

Publikacja nie jest jeszcze indeksowana w bazie Web of Science (poprzednia konferencja International Multidisciplinary Scientific GeoConference jest indeksowana w bazie Web of Science; publikacja w trakcie wprowadzania do bazy)

---

**MT10.** Tutak M., Brodny J.: Impact of type of the roof rocks on location and range of endogenous fires particular hazard zone by in goaf with caving. *E3S Web of Conferences*; vol. 29, 2018; 2267-1242.

**Mój wkład w powstanie pracy wyniósł 80%.**

**Publikacja indeksowana w bazie Scopus**

Publikacja nie jest jeszcze indeksowana w bazie Web of Science (publikacja w trakcie wprowadzania do bazy)

---

**Sumaryczna wartość współczynnika Impact Factor publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego wynosi 6,526.**

Dane parametryczne zestawionych publikacji, w tym ich współczynniki Impact Factor, liczbę punktów przyznanych czasopismu według wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego i Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie ewaluacji jakości działalności naukowej (z dn. 22 lutego 2019 r.), a także dokładny opis mojego wkładu własnego, zamieściłam także w Załączniku 4 (wykaz dorobku habilitacyjnego).

### **4.3.CHARAKTERYSTYKA UZYSKANYCH WYNIKÓW I OSIĄGNIĘTYCH CELÓW ORAZ MOŻLIWOŚCI ICH PRAKTYCZNEGO WYKORZYSTANIA**

#### **Motywacja podjęcia badań oraz osiągnięte cele i zakres prac własnych (w odniesieniu do informacji literaturowych oraz w nawiązaniu do pracy doktorskiej)**

Przedmiotem moich głównych zainteresowań badawczych, od początku działalności naukowej, była ocena kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych w kopalniach węgla kamiennego, ze szczególnym uwzględnieniem zagrożeń metanowego oraz pożarami endogenicznymi w rejonie prowadzonej eksploatacji górniczej.

Moja dotychczasowa działalność naukowo – badawcza skoncentrowana jest w dwóch obszarach tematycznych, które obejmują ocenę:

1. Zagrożenia metanowego w rejonach prowadzonej eksploatacji, w zakresie określenia wpływu geometrii wyrobisk górniczych, pomocniczych urządzeń wentylacyjnych oraz przepuszczalności zrobów zawałowych, a także przepuszczalności stosowanych środków uszczelniających zroby na kształtowanie się tego zagrożenia w rejonie wyrobiska ścianowego oraz w zrobach zawałowych ścian.
2. Zagrożenia pożarami endogenicznymi, w zakresie określenia wpływu stosowanych systemów przewietrzania ścian, rodzaju skał stropowych (tworzących zawał) oraz wydatku objętościowego strumienia powietrza wentylacyjnego na kształtowanie się zagrożenia pożarami endogenicznymi w zrobach zawałowych.

Podziemna eksploatacja górnicza, ze względu na szereg występujących w trakcie jej realizacji zagrożeń, jest bardzo niebezpieczna. Zagrożenia te wpływają na poziom bezpieczeństwa w podziemnych wyrobiskach górniczych kopalń węgla kamiennego, zarówno w Polsce jak i na świecie. Do grupy szczególnie niebezpiecznych należą zagrożenia wentylacyjne, obejmujące zagrożenia metanowe oraz pożarami endogenicznymi. Problematyka związana z oceną kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych jest zatem niezwykle istotna z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy załóg górniczych oraz zapewnienia ciągłości i efektywności procesu produkcji górniczej [4, 5, 12, 16, 20]. Ważność tej tematyki potwierdza także fakt, że mimo zmniejszającego się poziomu wydobycia, ilość niebezpiecznych zdarzeń związanych z tymi zagrożeniami rośnie. Również skutki tych zdarzeń, w wielu przypadkach są bardzo tragiczne. W szczególności dotyczy to zdrowia i życia pracowników kopalń. Należy także podkreślić, że dla przedsiębiorstw górniczych, zdarzenia takie skutkują przerwami w pracy, koniecznością izolowania rejonów eksploatacyjnych i wieloma innymi uciążliwościami, które bardzo negatywnie wpływają na efektywność prowadzonej działalności.

Intensywność występowania niebezpiecznych zdarzeń związanych z zagrożeniami metanowym i pożarami endogenicznymi, wymusza konieczność podejmowania działań, których celem jest zapewnienie bezpieczeństwa pracownikom oraz możliwie jak najskuteczniejsze ograniczenie strat przedsiębiorstw górniczych zajmujących się produkcją węgla kamiennego.

O istotności zagrożeń wentylacyjnych, z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa, świadczą statystyki związane z aktywizacją zagrożeń wentylacyjnych, w postaci wybuchów i zapaleń metanu oraz pożarów endogenicznych występujących w podziemnych wyrobiskach górniczych oraz zrobach zawałowych [22].

Uwzględniając powszechność występowania zagrożeń wentylacyjnych w kopalniach węgla kamiennego oraz bardzo negatywne ich skutki, konieczne jest prowadzenie badań mających na celu ocenę kształtowania się tych zagrożeń w wyrobiskach górniczych i zrobach zawałowych. Szczególnie istotnym elementem, który powinien w zdecydowanie większym zakresie, niż obecnie być uwzględniony w tym procesie są zroby zawałowe i ich wpływ na kształtowanie się tych zagrożeń.

Złożoność zjawisk zachodzących w zrobach zawałowych, spowodowanych przepływem powietrza oraz metanu i innych gazów ma bowiem istotny wpływ na stan bezpieczeństwa w rejonie prowadzonej eksploatacji.

W ostatnich latach w kopalniach węgla kamiennego obserwowany jest znaczny wzrost zagrożeń wentylacyjnych od strony zrobów zawałowych. Jedną z przyczyn tego stanu jest także coraz częstsze lokalizowanie eksploatacji w sąsiedztwie starych zrobów zawałowych. W przypadku prowadzenia eksploatacji w pokładach metanowych w rejonie oddziaływania zrobów zawałowych zwiększa się zagrożenie metanowe, związane z migracją metanu z tych zrobów do wyrobisk w eksploatowanym, blisko zalegającym pokładzie [11, 12]. Zwiększa się także zagrożenie pożarami endogenicznymi w wyniku aktywizacji podbieranych, czasem nadbieranych zrobów [11, 19, 20]. Oba te zjawiska bardzo ściśle związane są z procesem przewietrzania, a w tym w szczególności z przepływem powietrza (filtracją), przez zroby zawałowe.

Zasadnym jest zatem stwierdzenie, że zroby zawałowe, w wielu przypadkach, mają bardzo istotny wpływ na kształtowanie się zagrożeń metanowego oraz pożarami endogenicznymi w rejonie prowadzonej eksploatacji w kopalniach węgla kamiennego.

W przypadku prowadzenia eksploatacji w pokładach metanowych, gromadzący się w zrobach metan, migrując do czynnych wyrobisk górniczych może stwarzać zagrożenie związane z jego zapaleniem i wybuchem. Z kolei migrujące powietrze ze ściany do zrobów stwarza możliwość samozapalenia się pozostawionego w tych zrobach węgla. Przepływające powietrze przez obecne w zrobach zawałowych pory i szczeliny, może go uaktywnić termicznie. Efektem tego procesu może być emisja do atmosfery produktów spalania węgla w postaci trującego gazów (CO) oraz dymu.



Z tego też względu, dla zapewnienia bezpieczeństwa pracy załogi oraz ciągłości procesu produkcyjnego podejmuje się różne działania, których celem jest rozpoznanie procesów związanych z przepływem gazów przez wyrobiska górnicze i zroby zawałowe, a które to procesy wpływają na kształtowanie się zagrożeń wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji. Do najbardziej niebezpiecznych rejonów, w przypadku zagrożenia metanowego zaliczyć należy obszar skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym oraz zroby zawałowe, a w przypadku zagrożenia pożarami endogenicznymi – obszar zrobów zawałowych.

Podstawą podejmowanych działań, szczególnie o charakterze praktycznym są wyniki badań i analiz potencjalnych lub rzeczywistych stanów zagrożenia w tych rejonach. Do analizy i oceny zagrożeń wentylacyjnych stosuje się różne metody badawcze, obejmujące badania w warunkach *in situ*, badania eksperymentalne (stanowiskowe) oraz badania modelowe.

Badania w warunkach *in situ* umożliwiają wyznaczanie rzeczywistych wartości badanych parametrów. Ich prowadzenie jest jednak bardzo kosztowne, a w wielu przypadkach bardzo niebezpieczne i trudne do przeprowadzenia. Wynika to z warunków panujących w wyrobiskach górniczych, realizacji procesu produkcyjnego, czy też braku lub ograniczonego dostępu do niektórych obszarów kopalń (np. do zrobów zawałowych). Z kolei badania stanowiskowe, ze względu na konieczność budowy stanowisk badawczych są badaniami kosztownymi i czasochłonnymi. Nie zawsze także udaje się w zadowalający sposób odwzorować warunki badanego zjawiska i zachodzące tam procesy.

W ostatnich latach następuje bardzo dynamiczny rozwój badań modelowych, które stanowią istotne uzupełnienie badań stanowiskowych i badań w warunkach rzeczywistych, a w wielu przypadkach stanowią dla nich alternatywę. Z tego też względu coraz częściej do analizy różnych zjawisk związanych z przewietrzaniem i wentylacją stosowane są właśnie badania modelowe. Należy jednak podkreślić, że warunkiem uzyskania akceptowalnych wyników tych badań jest odpowiednie odwzorowanie badanych obiektów oraz oparcie się na możliwie jak największej ilości rzeczywistych danych pozyskanych z tych obiektów.

Do analiz związanych z oceną kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych w wyrobiskach górniczych w rejonie prowadzonej eksploatacji, wykorzystuje się badania modelowe oparte o symulacje numeryczne [1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 18, 21]. Podstawą tych badań jest model odzwierciedlający badany rejon oraz zachodzące w nim zjawiska. W tym kontekście, modelowanie jest niezwykle złożonym procesem prowadzonym przy użyciu aparatu logicznego i formalizmu matematycznego. Jego wynikiem są przewidywania co do pewnych cech i zachowań rozpatrywanego obiektu, zjawiska lub procesu [3]. Modelowanie obejmuje pełen cykl badawczy – od utworzenia modelu poprzez jego weryfikację, interpretację wyników, do uzyskania kolejnego rozwiązania.

Dotychczasowe piśmiennictwo, mimo jego obszerności w dziedzinie badań modelowych w niewielkim zakresie dotyczy problematyki kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji górniczej w kopalniach węgla kamiennego. Brak jest

opracowań w których kompleksowo, z uwzględnieniem wielowymiarowości badanych obiektów i zjawisk z nimi związanych, zastosowano badania modelowe do oceny kształtowania się stanu zagrożenia metanowego i pożarowego w górnictwie podziemnym.

Jedną z przyczyn takiego stanu jest zapewne fakt, że prowadzenie takich badań na złożonych wielowymiarowych modelach jest procesem niezwykle złożonym i trudnym. Proces taki, dla uzyskania wiarygodnych wyników, musi być także uzupełniony o wyniki badań rzeczywistych z analizowanego rejonu. Bez wyników pomiarów w warunkach rzeczywistych trudno przeprowadzić takie badania, a w szczególności uzyskać wiarygodne ich wyniki. Dotychczas publikowane prace, dotyczące zastosowania badań modelowych do analizy zjawisk wentylacyjnych w których uwzględniano zroby zawałowe, w większości przypadków realizowane były na modelach płaskich [6, 7, 8, 9, 16, 17, 18]. W wielu przypadkach stanowią one duże uproszczenie rzeczywistego badanego obiektu, a co za tym idzie w uproszczony sposób odwzorowują zachodzące zjawiska. Z kolei badania prowadzone na modelach przestrzennych najczęściej nie obejmowały zrobów zawałowych [1, 15]. Natomiast kiedy już je uwzględniały, to w sposób bardzo uproszczony, czego przykładem jest przepuszczalność zrobów, która nie była wyznaczana z zależności uzyskanych na podstawie badań i pomiarów w warunkach rzeczywistych [17], a najczęściej przyjmowana *a priori* [14].

Ze względu na złożoność zjawisk wentylacyjnych oraz skomplikowany układ fizyczny, w którym zachodzą procesy eksploatacji górniczej, zasadnym wydaje się wykorzystanie do jego analizy wielowymiarowych modeli przestrzennych. Stwarzają one możliwości odwzorowania rzeczywistej topografii badanego rejonu oraz zachodzących w nim zjawisk fizycznych i chemicznych. W szczególności dotyczy to zrobów zawałowych, które są przestrzennym ośrodkiem porowatym o zmiennej przepuszczalności. Ich znaczenie dla całego procesu kształtowania się zagrożeń metanowego i pożarowego jest tak duże, że analiza tych zjawisk bez uwzględnienia ich wpływu wydaje się bezzasadna.

Reasumując stwierdzam, że problematyka oceny kształtowania się stanu zagrożenia metanowego i zagrożenia pożarami endogenicznymi jest bardzo ważna i aktualna. Dotyczy bowiem bardzo istotnych zagadnień związanych z procesem produkcji górniczej. Ma ona wpływ na bezpieczeństwo tego procesu oraz na jego efektywność. Jednocześnie podejście do tej problematyki z uwzględnieniem zrobów zawałowych, jako jednego z najistotniejszych elementów całego procesu związanego z wentylacją w kopalniach węgla kamiennego uważam za zasadne i umożliwiające wiarygodną analizę badanych stanów i zjawisk. Natomiast, zastosowanie do badania zjawisk wentylacyjnych w kopalniach bardzo zaawansowanych narzędzi informatycznych opartych o numeryczną mechanikę płynów, uzupełnioną o wyniki badań w warunkach rzeczywistych, umożliwi przeprowadzenie rzetelnych i wiarygodnych analiz odnośnie kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych, w rejonach prowadzonej eksploatacji górniczej.

Dotychczas takie podejście nie było stosowane do analizy zagrożeń wentylacyjnych w górnictwie podziemnym. Publikowane wyniki badań, związane z analizą zagrożeń wentylacyjnych nie obejmowały swoim zakresem kompleksowej budowy modeli przestrzennych stanowiących rzeczywiste odzwierciedlenie wyrobisk w rejonie prowadzonej eksploatacji z uwzględnieniem zrobów zawałowych jako ośrodka porowatego [1, 13, 15]. Puste przestrzenie występujące w zrobach powodują, że przez ośrodek ten mogą przepływać gazy. Natomiast przepuszczalność zrobów zawałowych jest jednym z podstawowych parametrów je charakteryzujących i ma fundamentalne znaczenie dla procesu przepływu gazów przez te zrobby, a co za tym idzie także na kształtowanie się zagrożenia pożarami endogenicznymi oraz emisją metanu do czynnych wyrobisk górniczych.

Z tego też względu tematyka związana z analizą i oceną zagrożeń wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji górniczej z uwzględnieniem wpływu zrobów zawałowych na kształtowanie się tych zagrożeń była przedmiotem mojego szczególnego zainteresowania po otrzymaniu stopnia doktora i głównym celem prowadzonych przeze mnie prac badawczych. Wynikało to z moich zainteresowań tematyką badań numerycznych oraz obserwacji i analizy potrzeb środowiska górniczego. Ciągły kontakt ze środowiskiem górniczym umożliwił mi pozyskanie szeregu informacji oraz danych z kopalń, które zostały wykorzystane do budowy modeli oraz weryfikacji uzyskanych wyników.

Przyjmowanie do badań modeli przestrzennych, w mojej ocenie, jest konieczne ze względu na specyfikę analizowanych zjawisk, ich zmienność, złożoność i zależność od wielu czynników.

Obszar moich badań obejmował zastosowanie metod numerycznych do oceny kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji, których cząstkowymi zagadnieniami są zagrożenie metanowe i zagrożenie pożarami endogenicznymi (rys. 1).



Rys. 1. Zestawienie zagrożeń wentylacyjnych będących obiektem badań własnych, wraz z wykazem odpowiadających im publikacji będących podstawą osiągnięcia naukowego

Uważam, że przedstawione motywy w pełni uzasadniają wybór tematyki badań własnych oraz ich cel i zakres. Ważność podjętej tematyki w omawianych aspektach oraz opracowane nowe podejście badawcze wraz z uzyskanymi wynikami świadczą o słuszności przyjętych założeń. Analiza literatury potwierdza, że prezentowane podejście do problemu oceny kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych można uznać za nowe i istotne z naukowego i utylitarnego punktu widzenia. Należy także przyjąć, że podejście to stanowi istotny wkład dla dyscypliny górnictwo i geologia inżynierska w zakresie specjalności bezpieczeństwo i higiena pracy w górnictwie.

W kolejnym podrozdziale Autoreferatu przedstawiłam najważniejsze wyniki przeprowadzonych badań własnych w zakresie zastosowania metod numerycznych do oceny kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji górniczej z uwzględnieniem zrobów zawałowych. Wyniki te odniosłam do publikacji, w których zostały umieszczone i które uwzględniono w wykazie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe.

### **Omówienie najważniejszych wyników badań własnych**

Badania związane z oceną kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji, w tym w zrobach zawałowych ścian, rozpoczęłam jeszcze w czasie trwania studiów doktoranckich. Dotyczyły one wówczas analiz związanych z kształtowaniem się zagrożenia metanowego w drażonym wyrobisku korytarzowym przewietrzanym wentylacją pomocniczą (lutniową). Obejmowały także określenie wpływu emisji gazów powstałych podczas pożaru egzogenicznego w wyrobisku ścianowym oraz drażonym wyrobisku korytarzowym na parametry fizyczne i chemiczne atmosfery kopalnianej.

Głównym tematem moich zainteresowań badawczych w czasie trwania studiów doktoranckich było jednak określenie wpływu sposobu przewietrzania ściany na zagrożenie pożarami endogenicznymi w zrobach zawałowych. W badaniach tych skupiłam się na określeniu wpływu dwóch systemów przewietrzania na to zagrożenie: systemu przewietrzania na „U” od granic oraz systemu na „Y” z doświeżaniem chodnikiem nadścianowym od strony calizny węglowej.

Badania te prowadziłam każdorazowo z wykorzystaniem metod numerycznych, na oryginalnych (autorskich), zbudowanych przeze mnie modelach przestrzennych, w których starałam się jak najdokładniej odwzorować rzeczywistą geometrię oraz warunki wentylacyjne badanych rejonów. Niewątpliwą zaletą tych analiz było uwzględnienie trójwymiarowości tych rejonów, co pozwalało rozpatrzyć wiele czynników wpływających na parametry fizyczne i chemiczne mieszaniny gazów przemieszczających się przez badane wyrobiska.

Wyniki tych badań stały się inspiracją do kontynuacji podjętej tematyki badawczej w zakresie analizy zagrożenia wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji górniczej.



W tym zakresie bardzo istotne było także uwzględnienie w tym procesie wpływu zrobów zawałowych na kształtowanie się tego zagrożenia, co omówiłam w dalszej części autoreferatu.

Jednym z podstawowych założeń prowadzonych przeze mnie badań po uzyskaniu stopnia doktora było przyjęcie, że bardzo istotne znaczenie w procesach wentylacyjnych mają zroby zawałowe, które są ośrodkiem porowatym, a co za tym idzie przepuszczalnym. Generalnie należy przyjąć, że w badaniach zjawisk wentylacyjnych w kopalniach konieczne jest uwzględnienie przepuszczalności zrobów zawałowych oraz wpływu zaszłości górniczych na te zjawiska. Dotychczasowy stan wiedzy, a także opinie praktyków wskazują, że znaczna część problemów wentylacyjnych jest wynikiem zaszłości eksploatacyjnych oraz destrukcji górotworu. Powstające w wyniku tych procesów ośrodki porowate i jednocześnie przepuszczalne są w stanie istotnie zaburzyć system wentylacyjny kopalni.

Ze względu na niewielką liczbę opracowań w tym zakresie, oraz trudności w prowadzeniu badań w warunkach rzeczywistych do oceny tego stanu zastosowałam badania modelowe oparte o numeryczną mechanikę płynów (CFD) i metodę objętości skończonych. Metoda ta stwarza możliwość symulacji zjawisk wentylacyjnych z uwzględnieniem wielu parametrów fizycznych i chemicznych gazów oraz bardzo skomplikowanej geometrii badanych obszarów, a także porowatości i przepuszczalności badanych ośrodków.

Opracowany przeze mnie algorytm postępowania badawczego z wykorzystaniem numerycznej mechaniki płynów i metody objętości skończonych składał się z następujących etapów:

1. Budowy modelu geometrycznego badanego rejonu eksploatacyjnego (wytrobisk przyścianowych, ściany oraz zrobów zawałowych).
2. Budowy modelu dyskretnego badanego rejonu eksploatacyjnego. Etap ten obejmował proces przekształcenia modelu geometrycznego w model dyskretny. Dyskretyzacja obszaru modelu geometrycznego dokonywana była za pomocą numerycznej siatki dyskretyzacji, która dzieliła model na skończoną liczbę objętości skończonych. W etapie tym określono także warunki brzegowe i warunki otoczenia dla domeny obliczeniowej. Domena obliczeniowa składała się z dwóch części, z których jedna stanowiła odwzorowanie ściany i wytrobisk przyścianowych, a druga – zrobów zawałowych. W domenie odzwierciedlającej zroby zawałowe zdefiniowano zmianę współczynnika przepuszczalności zrobów zawałowych w funkcji odległości od frontu ściany za pomocą utworzonej i zaprogramowanej funkcji User Definition Function (UDF).
3. Budowy modelu matematycznego, który umożliwił wyznaczenie pól prędkości, ciśnienia oraz rozkładów stężeń gazów w rozpatrywanych wytrobiskach i zrobach zawałowych. Zjawiska przepływu powietrza i metanu opisane zostały przez równania bilansowe będące matematycznym zapisem praw zachowania masy, pędu i energii oraz równań transportu dla składników powietrza i metanu. Układ równań różniczkowych cząstkowych uzupełniono równaniami modelu turbulencji  $k-\varepsilon$  dla obszarów, w których zachodził przepływ

turbulentny. W obszarze zrobów, w których występował przepływ laminarny rozwiązywano równanie Darcy. W skład układu równań weszły zatem równania bilansowe, równania konstytutywne opisujące związki pomiędzy stanem naprężeń i odkształceń ośrodka, równania termodynamiczne stanu oraz równania opisujące procesy transportu ciepła (prawo Fouriera) i dyfuzji (prawo Ficka). Do rozwiązania modelu matematycznego wykorzystałam drugorzędny schemat dyskretyzacji członu konwekcyjnego w równaniach bilansowych (Second-Order Upwind), który pozwolił na zwiększenie dokładności obliczeń numerycznych. Do dyskretyzacji równań ciśnienia wykorzystałam schemat Coupled.

Pierwszy etap moich badań nad problemem oceny kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji górniczej w kopalniach węgla kamiennego obejmował wyznaczenie parametrów fizycznych strumienia powietrza przepływającego przez zroby zawałowe traktowane jako ośrodek porowaty.

Wcześniejsze badania dowiodły, że ilość powietrza migrująca do zrobów zawałowych w procesie przewietrzania uzależniona jest od rodzaju skał stropowych tworzących zroby [16]. Ich wyniki zostały wykorzystane przy modelowaniu parametrów zrobów zawałowych, jako ośrodka porowatego.

Bardzo istotne znaczenie w tym zakresie miało jednoznaczne określenie wpływu oporu rozwarstwienia skał stropowych na parametry wentylacyjne strumienia powietrza przepływającego przez zroby zawałowe. Wyniki tych badań stanowiły punkt wyjścia do dalszej analizy zagrożenia metanowego, a także – zagrożenia pożarami endogenicznymi w zrobach. Wyznaczenie tego wpływu w warunkach dołowych, w praktyce było i nadal jest bardzo trudne do przeprowadzenia. Wynika to z faktu, że zroby zawałowe stanowią bardzo trudno dostępny i niebezpieczny obszar do badań. Zastosowanie modelowania numerycznego, z uwzględnieniem dotychczasowych doświadczeń w tym zakresie, umożliwiło wyznaczenie parametrów tego ośrodka.

Uzyskane wyniki badań własnych wykazały, że wartość oporu rozwarstwienia skał stropowych wpływa na parametry fizyczne strumienia powietrza przepływającego przez zroby zawałowe, tj. na wartość ciśnienia statycznego oraz na prędkość przepływu strumienia przez te zroby. Dzięki przeprowadzonym badaniom wykazałam, że im wartość oporu rozwarstwienia skał stropowych tworzących zawał jest mniejsza, tym mniejsza jest prędkość filtracji powietrza w zrobach i większe są różnice ciśnienia na drodze przepływu powietrza przez zroby. Jednocześnie im wartość oporu rozwarstwienia skał stropowych tworzących zawał jest większa, tym większa jest prędkość przepływu powietrza i mniejsza jest różnica ciśnienia powietrza w zrobach. Uzyskane wyniki pozwoliły na sformułowanie wniosku, że zroby zawałowe utworzone przez skały stropowe o różnych wartościach oporu rozwarstwienia, stwarzają odmienne warunki dla przepływającego przez te zroby strumienia powietrza.

W badanych przeze mnie przypadkach, wykazałam, że w początkowych odcinkach zrobów zawałowych prędkość powietrza osiąga największą wartość od strony wlotu powietrza do

zrobów oraz od strony wylotu powietrza z tych zrobów do wyrobiska nadścianowego. Przeprowadzone badania wykazały, że przepływ w tym obszarze zrobów ma charakter turbulentny, a prędkość powietrza jest największa biorąc pod uwagę cały obszar zrobów.

Uzyskane wyniki pozwoliły mi na wyznaczenie w zrobach stref, charakteryzujących się zmiennym rozkładem parametrów strumienia powietrza. Pierwsza strefa występuje w zrobach za czołem ściany, od strony wlotu powietrza do niej (skrzyżowanie ściany z chodnikiem podścianowym), druga, środkowa strefa występuje na długości ściany, a trzecia – za czołem ściany od strony wylotu powietrza (skrzyżowanie ściany z chodnikiem nadścianowym). W strefie pierwszej, niezależnie od wartości oporu rozwarstwienia skał stropowych tworzących zroby, występuje duże natężenie przepływu powietrza oraz największe prędkości strumienia powietrza. Z kolei strefa środkowa charakteryzuje się ustabilizowanymi prędkościami strumienia powietrza, a strefa trzecia – ponownym wzrostem prędkości powietrza, bowiem w strefie tej strumień powietrza kieruje się ze zrobów ku chodnikowi nadścianowemu. Wzrost odległości przepływu powietrza w zrobach od przestrzeni roboczej ściany wpływa na zmianę sposobu rozplywu tego powietrza, a w konsekwencji na zmianę położenia stref o największych i najmniejszych prędkościach. Powietrze przepływające przez zroby, największą wartość prędkości osiąga w części centralnej zrobów, a najmniejszą – od strony wlotu i wylotu. Strumień powietrza o największym wydatku objętościowym, kieruje się bowiem ku centralnej części zrobów, a następnie ku wylotowi do przestrzeni roboczej ściany - tam gdzie ciśnienie jest najmniejsze.

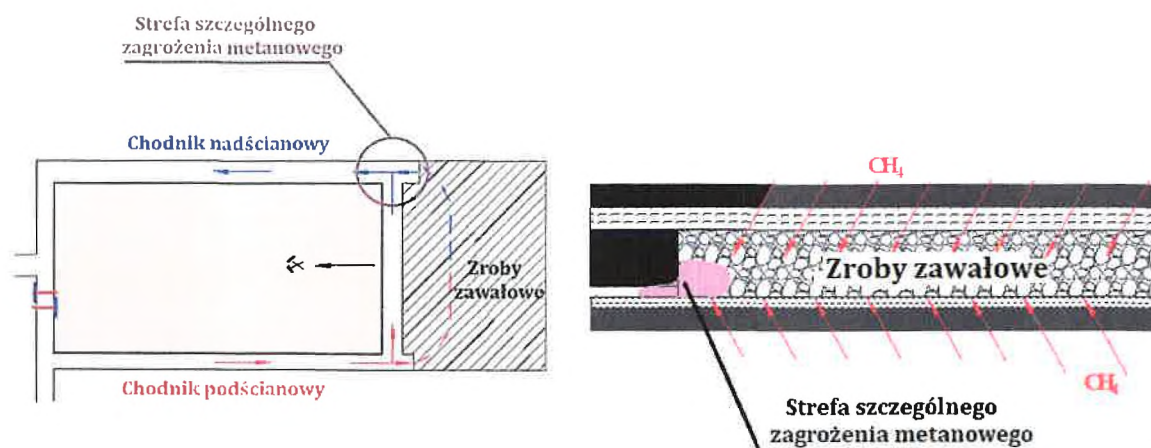
Istotnym osiągnięciem przeprowadzonych badań jest jednoznaczne wykazanie, że w odległości około 20 m, od czoła ściany następuje zmiana charakteru przepływu powietrza w zrobach, z laminarnego na turbulentny. Należy podkreślić, że wyznaczone wartości odnoszą się do przyjętych w badaniach parametrów zrobów. Opracowana metodyka pozwala jednak określić wyznaczone parametry dla zrobów utworzonych ze skał o różnych wartościach oporu rozwarstwienia.

**Omówione badania wraz z uzyskanymi wynikami przedstawiłam w publikacjach [MT6], które umieściłam w wykazie w punkcie 4.2. oraz na schemacie informacji badawczych na rysunku 1.**

### **Ocena kształtowania się zagrożenia metanowego**

Jak wspomniałam wcześniej, badania związane z oceną kształtowania się zagrożenia metanowego w drążonym wyrobisku korytarzowym z wykorzystaniem metod numerycznych rozpocząłam jeszcze w czasie trwania studiów doktoranckich. W związku z tym, już po uzyskaniu stopniu doktora, podjęłam prace nad oceną kształtowania się zagrożenia metanowego w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym, do którego metan wypływa ze zrobów zawałowych (rys. 2). Do tego celu wykorzystywałam numeryczną mechanikę płynów oraz pozyskane z kopalń wyniki badań i pomiarów.





Rys. 2. Schemat badanego obszaru z uwzględnieniem strefy szczególnego zagrożenia metanowego [21]

Pierwszą moją pracą w zakresie oceny kształtowania się zagrożenia metanowego w rejonie prowadzonej eksploatacji po uzyskaniu stopnia doktora, była praca poświęcona określaniu zmian stężenia metanu i tlenu w powietrzu przepływającym przez badany układ wyrobisk (obejmujący chodniki przyścianowe, ścianę i zroby zawałowe). Obejmowała ona także wyznaczenie zmian prędkości powietrza podczas tego przepływu. W tym celu opracowałam metodykę postępowania badawczego oraz przeprowadziłam badania modelowe.

Badania obejmowały rzeczywisty układu wyrobisk jednej z kopalń. W modelu przestrzennym zachowałam ich geometrię oraz uwzględniłam także pełen obszar zrobów zawałowych, które jak wykazałam wcześniej, mają istotny wpływ na proces przewietrzania wyrobisk górniczych. W dotychczas publikowanych pracach nie zastosowano takiego podejścia do tej tematyki.

W wyniku przeprowadzonych badań określiłam zmiany stężeń tlenu i metanu na drodze przepływu strumienia powietrza przez analizowany układ wyrobisk, a także zmiany prędkości przepływu tego strumienia. Wyznaczyłam także strefę o potencjalnej możliwości wystąpienia stężenia metanu powyżej 2% w chodniku nadścianowym, które spowodowane jest wpływem metanu ze zrobów zawałowych (w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym), lub nagłą zmianą wydatku powietrza doprowadzanego do ściany. Także w tej pracy, dzięki budowie pełnego modelu przestrzennego, w sposób jednoznaczny wyznaczyłam (dla panujących warunków geologiczno-górnicych), w zrobach zawałowych strefę o stężeniu metanu w granicach wybuchowości, tj. w zakresie od 5% do 15%, przy jednocześnie odpowiednim stężeniu tlenu niezbędnym do wystąpienia wybuchu. Dotychczas taka strefa w zrobach zawałowych, w zakresie badań modelowych na modelu przestrzennym, nie została wyznaczona. Wyznaczenie takiej strefy, w oparciu o dane pomiarowe z kopalni stwarza możliwości poprawy stanu bezpieczeństwa w eksploатовanym rejonie. Umożliwia także

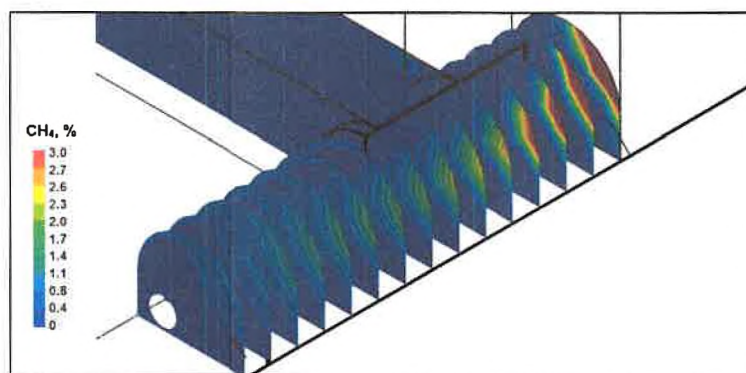
prognozowanie stanów krytycznych (awaryjnych), oraz działań jakie należy podjąć w przypadku wystąpienia takiej sytuacji.

**Omówione badania wraz z uzyskanymi wynikami przedstawiłam w publikacjach [MT3], które umieściłam w wykazie w punkcie 4.2. oraz na schemacie informacji badawczych na rysunku 1.**

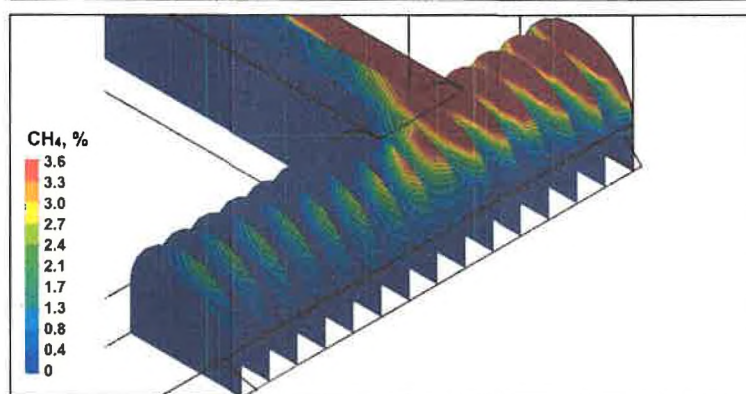
Kontynuacją badań własnych związanych z zagrożeniem metanowym w rejonie prowadzonej eksploatacji była praca poświęcona określeniu wpływu, oprócz zrobów zawałowych, kolejnego czynnika, jakim są w tym przypadku pomocnicze urządzenia wentylacyjne, na kształtowanie się zagrożenia metanowego w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym.

Przeprowadziłam w tym zakresie badania, których celem było określenie wpływu pomocniczych urządzeń wentylacyjnych na rozkład stężenia metanu w rejonie prowadzonej eksploatacji z jednoczesnym uwzględnieniem zrobów zawałowych. Takie podejście do omawianej problematyki umożliwiło mi przeprowadzenie pełniejszej analizy zjawisk wentylacyjnych zachodzących w czasie eksploatacji górniczej. Jednocześnie umożliwiło także jednoznaczne określenie jaki rzeczywisty wpływ na parametry wentylacyjne powietrza i stężenie metanu mają pomocnicze urządzenia wentylacyjne (rys. 3). Analizę przeprowadziłam dla funkcjonującego rejonu eksploatacyjnego, opierając się o rzeczywiste dane pomiarowe.

a



b



Rys. 3. Rozkład stężenia metanu w chodniku nadścianowym z zabudowanymi pomocniczymi urządzeniami wentylacyjnymi (a) i bez tych urządzeń (b) [21]



Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazały, że zastosowanie pomocniczych urządzeń wentylacyjnych, w postaci przegrody wentylacyjnej oraz lutniociągu pomocniczego, w istotny sposób poprawia parametry wentylacyjne strumienia powietrza w badanym rejonie. Niewątpliwą zaletą tego opracowania, stanowiącą o jego oryginalności, jest dokładne odwzorowanie przestrzenne rzeczywistego rejonu eksploatacyjnego oraz uwzględnienie wpływu zrobów zawałowych na wyznaczane parametry. Uzyskanie wiarygodnych wyników, opartych o rzeczywiste dane pomiarowe z kopalni pozwala na wykorzystanie ich w praktyce. Z tego też względu praca ta może stanowić istotne źródło wiedzy w zakresie efektów stosowania pomocniczych urządzeń wentylacyjnych w rejonach eksploatacji górniczej. Wielowariantowa analiza, w zakresie doboru prędkości strumienia powietrza dostarczanego lutniociągiem pomocniczym, wskazuje także na szeroki zakres możliwości dostosowania parametrów tych urządzeń do rzeczywistych warunków. Uzyskane spadki stężenia metanu w całym badanym rejonie, oraz praktyczna eliminacja strefy niebezpiecznego gromadzenia się metanu w pozostawionej części chodnika nadścianowego przy zrobach zawałowych świadczą o skuteczności zastosowanych pomocniczych urządzeń wentylacyjnych. Jednocześnie wyniki tych badań pozwoliły mi na wykazanie istotnych różnic związanych z samym procesem wypływu metanu ze zrobów do chodnika nadścianowego dla przypadku stosowania pomocniczych urządzeń wentylacyjnych i dla przypadku, kiedy tych urządzeń w chodniku nadścianowym nie ma. Również wyniki tej pracy umożliwiają bardzo precyzyjną ocenę stanu zagrożenia metanowego w badanym rejonie. Pozwalają także dokonać oceny wpływu wielu parametrów stosowanego systemu na skuteczność procesu wentylacyjnego.

**Omówione badania wraz z uzyskanymi wynikami przedstawiłam w publikacjach [MT1], które umieściłam w wykazie w punkcie 4.2. oraz na schemacie informacji badawczych na rysunku 1.**

Kolejny obszar badań związanych z zagrożeniem metanowym obejmował określenie wpływu geometrii chodnika nadścianowego, w którym zabudowano pomocnicze urządzenia wentylacyjne, oraz długości jego niezlikwidowanej części, na rozkład stężenia metanu na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem nadścianowym. Celem przeprowadzonych badań było określenie rozkładu stężenia metanu w strefie skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym w zależności od przekroju poprzecznego chodnika nadścianowego i długości niezlikwidowanej części tego chodnika za linią zawału. Zagadnienie to jest niezwykle istotne z punktu widzenia zapewnienia bezpiecznej eksploatacji, bowiem zarówno pole przekroju poprzecznego, jak i długość niezlikwidowanej części chodnika wentylacyjnego za linią zawału podczas normalnego biegu ściany mogą ulegać zmianom, co ma bezpośredni wpływ na warunki bezpiecznej eksploatacji. Zmiana geometrii wyrobisk powoduje różnice potencjałów aerodynamicznych w rejonie prowadzonej eksploatacji, a to z kolei wpływa na wielkość strumienia metanu wydzielającego się ze zrobów zawałowych do przestrzeni roboczej ściany. Im mniejsza geometria chodnika wentylacyjnego, tym większa jest różnica potencjałów aerodynamicznych pomiędzy zrobami zawałowymi a tym chodnikiem. Prowadzić to może

w rezultacie do zwiększenia prędkości wypływu metanu ze zrobów do przestrzeni roboczej ściany i jej górnego naroża. Dlatego w prowadzonych badaniach skupiłam się także na tym niezwykle ważnym zagadnieniu. Badania przeprowadziłam dla czterech wariantów geometrii badanego rejonu, dla modelu, który odzwierciedlał rzeczywisty układ wyrobisk w jednej z kopalń węgla kamiennego. Parametry wentylacyjne przyjęte w modelu były wartościami rzeczywistymi uzyskanymi w wyniku pomiarów w tych wyrobiskach. Również parametry charakteryzujące zroby zawałowe wyznaczono na podstawie badań w warunkach rzeczywistych.

Przedstawione w pracy wyniki wielowariantowej analizy wykazały, że geometria chodnika nadścianowego oraz długość niezlikwidowanej jego części za linią zawału ściany mają istotny wpływ na wartość i rozkłady stężenia metanu w badanym rejonie. Zmniejszenie przekroju poprzecznego chodnika nadścianowego powoduje pogorszenie zdolności wentylacyjnych w chodniku oraz wzrost stężenia metanu w tym wyrobisku, w miejscu skrzyżowania ze ścianą. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdziłam, że zmniejszenie przekroju poprzecznego chodnika nadścianowego poniżej  $11 \text{ m}^2$ , w sposób istotny wpływa na wzrost zagrożenia metanowego w tym rejonie. Dla panujących w badanym rejonie warunków bezpieczny przekrój tego wyrobiska powinien być zatem większy od  $11 \text{ m}^2$ . Istotne znaczenie dla rozplywu powietrza w tym rejonie, a co za tym idzie na stężenie metanu, ma także obecność i usytuowanie urządzeń pomocniczych, które znacznie poprawiają ten rozkład poprzez zmniejszenie stężeń metanu. Wyniki badań pozwoliły mi na sformułowanie wniosku, że poprzez odpowiedni dobór geometrii wyrobisk górniczych oraz jednoczesne stosowanie dodatkowych urządzeń pomocniczych można istotnie poprawić stan bezpieczeństwa w zakresie zagrożenia metanowego w rejonie eksploatacji górniczej.

Opracowana przeze mnie metodyka badań, opracowane modele oraz uzyskane wyniki stanowią jednocześnie przykład praktycznego zastosowania zaawansowanych metod numerycznych do identyfikacji i prognozowania stanu zagrożenia metanowego w warunkach rzeczywistych. Mogą one być z powodzeniem stosowane w praktyce.

**Omówione badania wraz z uzyskanymi wynikami przedstawiłam w publikacjach [MT4], które umieściłam w wykazie w punkcie 4.2. oraz na schemacie informacji badawczych na rysunku 1.**

Kontynuacją badań własnych w zakresie oceny zagrożenia metanowego w rejonie prowadzonej eksploatacji były badania związane z prognozowaniem zagrożenia metanowego w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym. Motywacją podjętych przeze mnie badań w tym zakresie była konieczność opracowania takiej metody, która pozwoli na prognozowanie stężenia metanu w każdym punkcie badanego rejonu. Opracowana przeze mnie metoda prognozowania zagrożenia metanowego bazowała na wykorzystaniu modelowania numerycznego, w połączeniu z wynikami pomiarów parametrów wentylacyjnych. Zaproponowane rozwiązanie umożliwia wyznaczenie rozkładu stężenia metanu, oraz innych gazów kopalnianych w dowolnym obszarze prowadzonej eksploatacji, w każdym punkcie

badanego rejonu eksploatacyjnego, co niewątpliwie jest zaletą tej metody. Bardzo istotnym jej elementem jest oparcie się na rzeczywistych pomiarach wartości parametrów wentylacyjnych w kopalni przez system czujników gazometrii automatycznej, a także przez pomiary ręczne. W opracowanej metodzie dane z systemów gazometrycznych kopalni stanowią podstawę dla zbudowanego modelu numerycznego, który opisuje procesy wentylacyjne zachodzące w badanym rejonie.

Aby sprawdzić skuteczność opracowanej koncepcji przeprowadziłam badania dla wybranego obszaru eksploatacji górniczej. W oparciu o wyniki bezpośrednich pomiarów parametrów wentylacyjnych w warunkach *in situ*, opracowałam model numeryczny badanego rejonu i poddałam go analizie. Uzyskane wyniki porównałam z wynikami pomiarów uzyskując zadowalającą ich zbieżność. Zastosowane narzędzia informatyczne umożliwiły także bardzo przystępną, szczególnie dla praktyki górniczej prezentację uzyskanych wyników. Dzięki temu przedstawiono możliwości i zalety opracowanej metody, zachęcając do jej praktycznego stosowania. Podobnie jak w przypadku wcześniejszych badań, również te miały na celu poprawę stanu bezpieczeństwa oraz efektywności eksploatacji górniczej. Pozyskiwanie nowej wiedzy o stanie zagrożenia wentylacyjnego powinno bowiem wpłynąć na ograniczenie jego skutków, a co za tym idzie także na bardziej efektywną i bezpieczną eksploatację złoża.

**Omówione badania wraz z uzyskanymi wynikami przedstawiłam w publikacjach [MT2], które umieściłam w wykazie w punkcie 4.2. oraz na schemacie informacji badawczych na rysunku 1.**

W kolejnym etapie moich badań związanych z oceną kształtowania się zagrożenia metanowego w rejonie prowadzonej eksploatacji, skupiłam się na wyznaczeniu wpływu przepuszczalności zrobów zawałowych na stężenie metanu w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym oraz na wyznaczeniu wpływu materiałów uszczelniających zroby zawałowe na stężenie metanu w tym rejonie.

Model badanego rejonu wraz z warunkami brzegowymi został opracowany przeze mnie w oparciu o dane rzeczywiste z jednej ze ścian eksploatacyjnych. W badaniach przyjął, że miarą uszczelnienia zrobów (ich odizolowania), jest współczynnik przepuszczalności warstwy uszczelniającej przedstawiony w pracy [17]. Na tej podstawie określiłam wpływ wartości tego współczynnika na stężenie metanu na wylocie ze ściany. Uzyskane wyniki jednoznacznie dowiodły, że poprzez odpowiedni dobór stopnia izolacji zrobów zawałowych, można istotnie wpływać na wielkość stężenia metanu w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym. Możliwość wyznaczenia rozkładu stężenia metanu w tym rejonie ma szczególne znaczenie w przypadku występowania wysokiego zagrożenia metanowego. Opracowana metoda określania wpływu stopnia uszczelnienia zrobów, na rozkład stężenia metanu w strefie zagrożonej wybuchem lub zapaleniem metanu, może z powodzeniem zostać praktycznie wykorzystana w celu poprawy bezpieczeństwa pracy w kopalniach węgla kamiennego.



W ostatnim etapie badań własnych związanych z kształtowaniem się zagrożenia metanowego w rejonie prowadzonej eksploatacji skupiłam się na określeniu wpływu przepuszczalności zrobów zawałowych na rozkład stężenia metanu w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym. Przepuszczalność zrobów zawałowych uzależniona jest od ich porowatości, a także od własności wytrzymałościowych skał tworzących zroby, a dokładnie – od wartości wytrzymałości tych skał na rozciąganie. Przepuszczalność zrobów wpływa, jak wykazałam w pracy [MT6], na zdolność przepływu gazów przez strefę zawału. Ma to także ogromny wpływ na intensywność przepływu metanu przez zroby i jego wypływ do przestrzeni roboczej ściany, gdzie niejednokrotnie tworzą się niebezpieczne jego nagromadzenia. Opracowany i wykorzystany do analizy przepływu strumienia powietrza i gazów kopalnianych model umożliwił mi wyznaczenie stężenia metanu w chodniku nadścianowym, na wylocie ze ściany eksploatacyjnej dla różnych przepuszczalności zrobów zawałowych. Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, że przepuszczalność zrobów zawałowych ma istotny wpływ na wartość stężenia metanu w chodniku nadścianowym, na wylocie ze ściany eksploatacyjnej. Im większa wartość przepuszczalności zrobów zawałowych, tym stężenie metanu w górnym narożu ściany jest większe, dla takiej samej wartości objętości metanu wydzielającego się ze zrobów. Również zdolność do przepływu gazów przez strefę zawału jest większa, a w rezultacie większa jest intensywność przepływu metanu przez zroby i jego wypływ do przestrzeni roboczej ściany. To z kolei może mieć istotny wpływ na cały proces przewietrzania rejonu eksploatacji i przyległych wyrobisk.

**Omówione badania wraz z uzyskanymi wynikami przedstawiłam w publikacjach [MT8, MT9], które umieściłam w wykazie w punkcie 4.2. oraz na schemacie informacji badawczych na rysunku 1.**

### **Ocena kształtowania się zagrożenia pożarami endogenicznymi w zrobach zawałowych**

Badania związane z oceną kształtowania się zagrożenia pożarami endogenicznymi, a dokładniej z określeniem wpływu systemu przewietrzania ściany na zagrożenie pożarami endogenicznymi w zrobach zawałowych zapoczątkowane zostały przeze mnie podczas realizacji rozprawy doktorskiej.

Ze względu na to, że w pracy doktorskiej problem ten został tylko częściowo rozwiązany, to prace nad nim były przeze mnie kontynuowane także po obronie doktoratu. Było to zgodne z opiniami recenzentów oraz wnioskami z obrony tej pracy. W dalszych pracach nad tym tematem skupiłam się na wyznaczeniu potencjalnych stref wystąpienia pożaru endogenicznego w zrobach zawałowych ścian przewietrzanych różnymi systemami, które stosowane są w warunkach zarówno polskich, jak i światowych kopalń węgla kamiennego. Strefy te są obszarami w zrobach, w których występują niezbędne warunki do zapoczątkowania niskotemperaturowego utleniania węgla, Dotyczy to odpowiedniego stężenia tlenu w powietrzu

przepływającym przez zroby, odpowiedniej prędkości tego powietrza oraz obecności w zrobach węgla skłonnego do samozapalania.

W wyniku przeprowadzonych badań, do których wykorzystałam numeryczną mechanikę płynów, wyznaczyłam w zrobach zawałowych badanych ścian obszary, w których może dojść do pożaru endogenicznego. Badaniami tymi objęłam pięć systemów przewietrzania ścian: na „U” od granic, na „U” do granic, na „Y”, na „H” oraz na „Z”.

Badania przeprowadziłam według opracowanej przez mnie metodyki badawczej, polegającej przede wszystkim na określeniu w zrobach zawałowych dla badanych sposobów przewietrzania, obszaru w zrobach, w którym spełnione są niezbędne warunki do zapoczątkowania procesu utleniania węgla, prowadzącego do jego samozagrzewania.

Badania przeprowadziłam na opracowanych przeze mnie modelach ścian, wyrobisk przyścianowych i zrobów zawałowych tych ścian. Modele wykorzystane do badań odzwierciedlały rzeczywiste wyrobiska górnicze i były modelami przestrzennymi (trójwymiarowymi). Uwzględniłam w nich także pionowy zasięg przepływu powietrza przez zroby zawałowe (o wysokości 3,5-krotnej miąższości eksploatowanego pokładu). Szczególnie istotne znaczenie, dla uzyskania wiarygodnych wyników badań miało wyznaczenie wartości współczynnika przepuszczalności zrobów zawałowych, uwzględniającego wytrzymałość na rozciąganie skał stropowych tworzących zawał oraz odległość od frontu ściany.

Przeprowadzone badania i uzyskane wyniki pozwoliły mi na wyznaczenie w zrobach zawałowych ścian obszarów, w których parametry powietrza warunkują rozpoczęcie procesu samozagrzewania węgla (obszary w których prędkość filtracji powietrza wynosi od 0,0015 m/s do 0,02 m/s, a stężenie tlenu – min. 8%). Zasięg tych stref dla przyjętych warunków geologiczno-górnich, które szczegółowo opisałam w osiągnięciu [MT7 (rozdział 7.5)] przedstawiłam w tabeli 4.1.

Tabela 4.1.

Zasięg stref, w których może dojść do pożaru endogenicznego, ze względu na stosowany system przewietrzania ściany (odległość określona od frontu ściany)

<b>System przewietrzania ściany</b>	<b>Strefa o niebezpiecznej prędkości powietrza przepływającego przez zroby zawałowe, m</b>	<b>Strefa o niebezpiecznym stężeniu tlenu w powietrzu przepływającym przez zroby zawałowe, m</b>	<b>Strefa zagrożenia pożarami endogenicznymi, m</b>
„U” od granic	0 – 84,0	0 – 200,0	0 – 84,0
Y	8,0 – 111,0	0 – 370,0	8,0 – 111,0
Z	0 – 89,0	0 – 280,0	0 – 89,0
H	35,00 – 152,0	0 – 400,0	35,00 – 152,0
„U” do granic	13,0 – 112,0	0 – 112,0	13,0 – 112,0

Uzyskane wyniki badań są niezwykle istotne z punktu widzenia zapobiegania powstawaniu pożarów endogenicznych, ponieważ w sposób dokładny wskazują w zrobach ścian przewietrzanych różnymi systemami obszary, w które należy np. podawać gazy inertne. Analizując uzyskane wyniki należy także uwzględnić obecność w tych zrobach węgla oraz odpowiedni czas niezbędny do rozpoczęcia procesu samozagrzewania węgla.

Opracowana przez mnie metoda wyznaczania stref zagrożonych wystąpieniem pożaru endogenicznego wraz z opracowanymi modelami, na których przeprowadziłam badania, ze względu na swoją uniwersalność mogą być z powodzeniem wykorzystywane do wyznaczenia stref o potencjalnej możliwości wystąpienia pożaru endogenicznego dla dowolnych warunków geologiczno-górnictwowych. Stwarza to duże możliwości praktyczne zastosowania uzyskanych wyników, które przedstawiłam w publikacji [MT5]. W pracy tej, dla określonych warunków górnictwowo-geologicznych, wyznaczyłam krytyczne wartości prędkości przepływu powietrza i stężenia tlenu w zrobach, warunkujące rozpoczęcie w nich procesu utleniania węgla dla ściany przewietrzanej systemem na „U” od granic.

**Omówione badania wraz z uzyskanymi wynikami przedstawiłam w publikacjach [MT5, MT7], które umieściłam w wykazie w punkcie 4.2. oraz na schemacie informacji badawczych na rysunku 1.**

Kolejnym obszarem tematycznym związanym z podjętymi przeze mnie badaniami w zakresie oceny kształtowania się zagrożenia pożarami endogenicznymi w zrobach zawałowych ścian, było określenie wpływu wydatku objętościowego strumienia powietrza doprowadzanego do ściany na zasięg strefy, w której spełnione są warunki niezbędne do zapoczątkowania procesu samozagrzewania się węgla pozostawionego w zrobach.

Badania własne w tym zakresie przeprowadziłam dla ściany przewietrzanej systemem na „U” od granic. Wynika to z faktu, że system ten jest najczęściej stosowany w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego. Badaniom poddałam model, dla którego określiłam wpływ wydatku objętościowego strumienia powietrza doprowadzanego do ściany w ilości: 1350 m<sup>3</sup>/min, 1575 m<sup>3</sup>/min oraz 1800 m<sup>3</sup>/min na zasięg tej strefy. Wyniki tych badań, określające zasięg strefy, w której może dojść do pożaru endogenicznego, w zależności od ilości powietrza doprowadzanego do ściany opisałam w osiągnięciu [MT7 (rozdział 8)], natomiast wybrane wyniki przedstawiłam w tabeli 4.2.

Tabela 4.2.

Zasięg stref, w których może dojść do pożaru endogenicznego, ze względu na wydatek objętościowy powietrza doprowadzany do wyrobiska ścianowego (odległość określona od frontu ściany)

Wydatek objętościowy strumienia powietrza, m <sup>3</sup> /min	Strefa o niebezpiecznej wartości prędkości powietrza przepływającego przez zroby zawałowe, m	Strefa o niebezpiecznym stężeniu tlenu w powietrzu przepływającym przez zroby zawałowe, m	Strefa zagrożenia pożarami endogenicznymi, m
1350,0	0 – 75,0	0 – 170,0	0 – 75,0
1575,0	0 – 84,0	0 – 185,0	0 – 84,0
1800,0	7 – 97,0	0 – 202,0	7 – 97,0

Przeprowadzone badania umożliwiły sformułowanie wniosku, że wydatek objętościowy strumienia powietrza doprowadzany do ściany ma bardzo istotny wpływ na położenie w zrobach strefy, w której może zaistnieć pożar endogeniczny. Im mniejsza jest wartość tego wydatku, tym wspomniana strefa zlokalizowana jest bliżej linii zawału ściany, a obszar który zajmuje jest mniejszy. Tym samym mniejsza jest możliwość, że do pożaru endogenicznego dojdzie z uwagi na postęp eksploatacji i czas niezbędny do jego zapoczątkowania.

**Omówione badania wraz z uzyskanymi wynikami przedstawiłam w publikacjach [MT7], które umieściłam w wykazie w punkcie 4.2. oraz na schemacie informacji badawczych na rysunku 1.**

Ostatnim etapem badań własnych poświęconych analizie zagrożenia pożarami endogenicznymi było określenie wpływu wytrzymałości skał stropowych tworzących zroby zawałowe, na wielkość i położenie strefy w której może do takiego pożaru dojść. Rodzaj skał stropowych charakteryzowany jest w tym przypadku przez wartość wytrzymałości skał na rozciąganie. Zagadnienie to jest szczególnie interesujące poznawczo, ponieważ dotychczas własności wytrzymałościowe skał otaczających wyrobiska górnicze, rozpatrywane były najczęściej w aspekcie ich wpływu na możliwość utrzymania stateczności wyrobiska górniczego. Natomiast w przypadku ścian, własności te rozpatrywane były głównie pod kątem zdolności do przechodzenia ich w stan zawału.

Z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa prowadzenia eksploatacji, w aspekcie przewietrzania wyrobisk i zagrożeń wentylacyjnych uznałam, że wpływ wytrzymałości skał stropowych rozpatrywać należy nie tylko w zakresie utrzymania stateczności wyrobisk górniczych, ale także w kontekście zagrożenia pożarami endogenicznymi (i jak wcześniej opisałam w aspekcie zagrożenia metanowego [MT9]).

Na podstawie opracowanej metodyki, przeprowadziłam badania, których celem było określenie wpływu wytrzymałości na rozciąganie skał stropowych tworzących zroby zawałowe na lokalizację w tych zrobach obszarów, w którym występują warunki niezbędne do



wystąpienia pożaru endogenicznego. Badania przeprowadziłam dla skał o różnych wartościach wytrzymałości na rozciąganie (2 MPa, 3 MPa, 4 MPa, 5 MPa, 6 MPa i 7 MPa).

Wyniki przeprowadzonych badań w postaci zasięgu strefy, w której może dojść do pożaru endogenicznego, w zależności od wytrzymałości skał na rozciąganie, przedstawiłam w tabeli 4.3.

Tabela 4.3.

Zasięg stref, w których może dojść do pożaru endogenicznego, ze względu na rodzaj skał stropowych zalegających w zrobach zawałowych (odległość określona od frontu ściany)

Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	Strefa o niebezpiecznej wartości prędkości powietrza przepływającego przez zroby zawałowe, m	Strefa o niebezpiecznym stężeniu tlenu w powietrzu przepływającym przez zroby zawałowe, m	Strefa zagrożenia pożarami endogenicznymi, m
2	0 – 54,0 m	0 – 154,0 m	0 – 54,0 m
3	0 – 69,0 m	0 – 175,0 m	0 – 69,0 m
4	0 – 84,0 m	0 – 200,0 m	0 – 84,0 m
5	11,0 – 101,0 m	0 – 210,0 m	11,0 – 101,0 m
6	21,0 – 115,0 m	0 – 230,0 m	21,0 – 115,0 m
7	25,0 m – 125,0 m	0 – 242,0 m	25,0 m – 125,0 m

Przeprowadzone badania pozwoliły mi w sposób jednoznaczny wykazać, że wytrzymałość na rozciąganie skał stropowych wpływa na położenie w zrobach strefy, w której może dojść do pożaru endogenicznego. W zrobach zawałowych, utworzonych ze skał o małej wartości wytrzymałości na rozciąganie, strefa szczególnego zagrożenia pożarami kształtuje się już za frontem ściany. Natomiast w zrobach utworzonych ze skał o dużej wartości tego oporu – strefa ta jest oddalona od frontu ściany. Zależność ta właściwa jest także dla rozkładu stężenia tlenu w zrobach, ponieważ wraz ze wzrostem odległości od ściany, stężenie tlenu maleje. Uzyskane wyniki mają bardzo istotne znaczenie praktyczne dla zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji. Wskazują bowiem, odpowiednim służbą kopalnianym obszary potencjalnego zagrożenia. To z kolei powinno spowodować, np. dokładniejsze monitorowanie tych rejonów.

Omówione badania wraz z uzyskanymi wynikami przedstawiłam w publikacjach [MT10], które umieściłam w wykazie w punkcie 4.2. oraz na schemacie informacji badawczych na rysunku 1.

## **Podsumowanie – zestawienie najważniejszych oryginalnych osiągnięć własnych wraz z elementami nowatorskimi i wykorzystanie praktyczne uzyskanych wyników**

Moje najważniejsze, oryginalne osiągnięcie, które stanowi istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej górnictwo i geologia inżynierska dotyczy zastosowania metod numerycznych do oceny kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji górniczej ze szczególnym uwzględnieniem wpływu zrobów zawałowych na te zagrożenia. Przeprowadzone analizy oparte są na wynikach badań w warunkach rzeczywistych oraz na wynikach badań modelowych. Wskazane przeze mnie osiągnięcie obejmuje prace, których wyniki zostały już wcześniej rozpowszechnione w postaci cyklu dziesięciu jednotematycznych publikacji. Spośród nich sześć opublikowanych zostało w międzynarodowych czasopismach naukowych ujętych w bazie Journal Citation Reports ze współczynnikiem Impact Factor, trzy w recenzowanych materiałach konferencyjnych indeksowanych w bazach Web of Science i Scopus oraz jedna jako monografia naukowa.

Tematyka ujęta w tych pracach obejmuje:

- wyznaczenie w zrobach zawałowych obszarów (stref), o różnych charakterach przepływu strumienia powietrza, tj. o charakterze turbulentnym i laminarnym oraz określenie wielkości tych stref dla różnych przepuszczalności zrobów;
- określenie wpływu zrobów zawałowych na kształtowanie się zagrożenia metanowego w rejonie prowadzonej eksploatacji górniczej, ze szczególnym uwzględnieniem lokalizacji w zrobach stref, w których stężenie metanu osiąga wartość wybuchową, przy jednoczesnym spełnieniu warunku odpowiedniego stężenia tlenu;
- określenie wpływu pomocniczych urządzeń wentylacyjnych na rozkład stężenia metanu w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu tych urządzeń na sposób wypływu metanu ze zrobów zawałowych, a także określenie wpływu wydatku objętościowego strumienia powietrza doprowadzanego pomocniczym lutniociągami na stężenie metanu na wylocie ze ściany;
- określenie wpływu geometrii wyrobiska nadścianowego na kształtowanie się zagrożenia metanowego w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym, spowodowane wpływem metanu ze zrobów;
- określenie wpływu przepuszczalności zrobów zawałowych i materiałów uszczelniających zrobów na kształtowanie się zagrożenia metanowego w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym;
- identyfikację w zrobach zawałowych stref, w której może wystąpić pożar endogeniczny, w zależności od stosowanego systemu przewietrzania ściany;

- określenie wpływu wydatku objętościowego strumienia powietrza doprowadzanego do ściany na położenie w zrobach strefy, w której spełnione są warunki niezbędne do zapoczątkowania samozagrzewania się węgla;
- określenie wpływu wytrzymałości na rozciąganie skał stropowych tworzących zrobów zawałowych (przed przejściem frontu zalegające w stropie eksploatowanego pokładu), na lokalizację stref, w których może dojść do pożaru endogenicznego.

Wyniki moich badań umożliwiły jakościowe i ilościowe przedstawienie zjawisk wentylacyjnych zachodzących w rejonie eksploatacji górniczej z uwzględnieniem wpływu różnych czynników na te zjawiska. W praktyce wyniki te można z powodzeniem wykorzystać do ustalania parametrów wentylacyjnych dla danego rejonu w celu poprawy bezpieczeństwa i efektywności procesu eksploatacji górniczej. Można przyjąć, że prezentowane modele i metody, opracowane z wykorzystaniem zaawansowanych narzędzi obliczeniowych i złożonych teorii mechaniki płynów mogą stanowić nowy kierunek badań zjawisk wentylacyjnych w branży górniczej. Ich uniwersalność stwarza także duże możliwości ich zastosowania także w innych obszarach badawczych.

Pozyskana w wyniku przeprowadzonych badań nowa wiedza w zakresie oceny kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji i wpływu zrobów zawałowych na te zagrożenia, ma moim zdaniem bardzo istotny wpływ na bezpieczeństwo i efektywność procesu produkcji górniczej. Jednocześnie należy podkreślić, jej duże znaczenie zarówno z naukowego jak i użytkowego punktu widzenia dla dyscypliny górnictwo i geologia inżynierska oraz dla praktyki górniczej.

Opracowane metody badania zjawisk wentylacyjnych oparte o wielowymiarowe modele przestrzenne uwzględniające wpływ zrobów zawałowych, jako ośrodka porowatego i przepuszczalnego, znacznie poszerzają wiedzę w zakresie analizy tych zjawisk. Jednocześnie otwierają możliwości dalszych badań zjawisk wentylacyjnych z uwzględnieniem wpływu skał otaczających wyrobiska górnicze, jako ośrodków porowatych.

Uważam, że opracowane modele i metody badawcze przedstawione w prezentowanych publikacjach związanych z oceną kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji, określają nowy kierunek i oryginalne podejście do badania zjawisk wentylacyjnych w górnictwie podziemnym. Wskazują bowiem, że badania w tym zakresie powinny obejmować analizy wielowymiarowe wraz z uwzględnieniem jednej z podstawowych właściwości górotworu, jaką jest jego porowatość i przepuszczalność. W szczególności dotyczy to zrobów zawałowych oraz stref spękań wokół wyrobisk górniczych.

Uniwersalność opracowanych metodyk i modeli powoduje, że z powodzeniem mogą one być wykorzystane także do badania przepływów przez inne ośrodki porowate, takie jak np. zwałowiska odpadów powęglowych, gdzie również występują zagrożenia gazowe i pożarowe. Można więc przyjąć, że potencjał aplikacyjny opracowanych metod jest bardzo duży.

W zakresie szeroko rozumianego bezpieczeństwa i efektywności procesu produkcji górniczej mieści się także odmetanowywanie pokładów, składowanie dwutlenku węgla w nieczynnych wyrobiskach i zrobach zawałowych, zgazowanie węgla oraz wiele innych zjawisk w analizach, których opracowana metodyka oraz prezentowane modele mogą zostać wykorzystane.

Uzyskane wyniki jednoznacznie dowodzą, iż metody numeryczne mogą z powodzeniem być stosowane do wariantowych analiz procesów związanych z kształtowaniem się zagrożeń wentylacyjnych w górnictwie podziemnym. Ich zastosowanie umożliwi badanie szerokiego zakresu zjawisk wentylacyjnych, jakie mogą zachodzić w zrobach ścian zawałowych. Mogą być wykorzystane także w analizach stanów awaryjnych, jakimi są niebezpieczne nagromadzenia metanu oraz zapoczątkowanie procesu utleniania, który w sprzyjających warunkach może doprowadzić do samozapłonu węgla, czyli powstania pożaru endogenicznego. Należy także podkreślić, że ważnym elementem prezentowanych osiągnięć jest oparcie się na wynikach badań w warunkach rzeczywistych. Dopiero bowiem połączenie wyników badań numerycznych z wynikami badań w warunkach rzeczywistych umożliwi uzyskanie wiarygodnych wyników analiz i stwarza ogromne możliwości ich praktycznego zastosowania. To z kolei może stanowić istotny wkład dla poprawy bezpieczeństwa w kopalniach oraz innych branżach.

**Podsumowując, uważam, że prowadzone przeze mnie badania i uzyskane wyniki związane z zastosowaniem metod numerycznych do oceny kształtowania się zagrożeń wentylacyjnych w rejonie prowadzonej eksploatacji górniczej w kopalniach węgla kamiennego, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu zrobów zawałowych i z wykorzystaniem do tego celu nowoczesnych narzędzi badawczych stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny górnictwo i geologia inżynierska.**

**Przedstawione wyniki prowadzonych przez mnie badań stanowią, moim zdaniem oryginalne osiągnięcie w myśl art. 16. ust.2 ustawy. Jednocześnie moje osiągnięcia naukowe, po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, uległy znacznemu powiększeniu, co potwierdza wykazywanie przeze mnie istotnej aktywności naukowej w myśl art. 16. ust.1 ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.**



## Bazowe pozycje literaturowe odnoszące się do zakresu tematycznego osiągnięcia

- [1] Branny, M. Computer simulation of flow of air and methane mixture in the longwall-return crossing zone. Arch. Min. Sci. 2006, 51, pp. 133–145.
- [2] Brodny J., Tutak M., John A.: Analysis of influence of types of rocks forming the goaf with caving on the physical parameters of air stream flowing through these gob and adjacent headings. Mechanika, 2018 vol. 24 nr 1, pp. 43-49
- [3] Burczyński T.: Metoda elementów brzegowych w mechanice. WNT, Warszawa 1995.
- [4] Butran Z., Stasica R., Rak Z.: Wpływ katastroficznych zagrożeń naturalnych na bezpieczeństwo pracy w górnictwie węgla kamiennego w latach 2000–2016. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, 2017, nr 101, s. 7–18.
- [5] Dziurzyński W.: Prognozowanie procesu przewietrzania kopalni głębinowej w warunkach pożaru podziemnego. Studia, Rozprawy, Monografie, nr 56. Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 1998.
- [6] Dziurzyński W., Krawczyk J.: Nieustalony przepływ gazów pożarowych w kopalnianej sieci wentylacyjnej – symulacja numeryczna. Archives of Mining Sciences vol. 46, issue 2, Kraków 2001.
- [7] Dziurzyński W., Pałka T.: Komputerowa symulacja wpływu pożaru podziemnego na rozkład potencjału sieci wentylacyjnej kopalni. Archives of Mining Sciences vol. 46, issue 2, Kraków 2001.
- [8] Dziurzyński W., Krach A., Pałka T., Wasilewski, S.: Walidacja procedur programu VentZroby z wykorzystaniem systemu monitoringu stanu atmosfery kopalni. Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN Vol. 11, no. 1- 4, Kraków 2009.
- [9] Dziurzyński W., Wasilewski S.: Ocena stanu atmosfery w rejonie ściany i jej zrobach na podstawie badań modelowych i danych z systemu monitoringu w kopalni. Kwartalnik Górnictwo i Geologia, tom 7, Zeszyt 4, 2012.
- [10] Esterhuizen G.S., Karacan C.O.: A Methodology for Determining Gob Permeability Distributions and Its Application to Reservoir Modeling of Coal Mine Longwalls, 2007.
- [11] Konopko W. (red.): Warunki bezpiecznej eksploatacji pokładów węgla na zagrożenie metanem, tapaniami i pożarami endogenicznymi. GIG, Katowice 2010.
- [12] Krause E., Krzystolik P., Łukowicz K.: Rozpoznawanie, prognozowanie, kontrola i zwalczanie zagrożenia metanowego w kopalniach węgla kamiennego. Katowice, GIG, 2001.
- [13] Sasmith A.P.; Birgersson E.; Ly H.C.; Mujumdar A.S. Some approaches to improve ventilation system in underground coal mines environment – A computational fluid dynamic study, Tunn. Undergr. Sp. Tech. 2013, 34, pp. 82–95. doi.org/10.1016/j.tust.2012.09.006
- [14] Skotniczny P.: Three-Dimensional Numerical Simulation of the Mass Exchange Between Longwall Headings and Goafs, in the Presence of Methane Drainage in a U-Type Ventilated Longwall. Arch. Min. Sci., Vol. 58 (2013), No 3, pp. 705–718.
- [15] Skotniczny P.: Transient states in the flow of the air-methane mixture at the longwall outlet, induced by a sudden methane outflow. Arch. Min. Sci., Vol. 59 (2014), No 4, pp. 887–896
- [16] Szlązak J.: Przepływ powietrza przez strefę zawału w świetle badań teoretycznych i eksperymentalnych. Uczelniane Wydawnictwa Naukowe – Dydaktyczne, Kraków 2000.
- [17] Szlązak J., Szlązak N.: Filtracja powietrza przez zrob ścian zawałowych w kopalniach węgla kamiennego. Uczelniane Wydawnictwa Naukowe – Dydaktyczne AGH, Kraków 2005.
- [18] Szlązak J., Szlązak N.: Badania numeryczne i kopalniane przepływu powietrza przez zrob ścian zawałowych. Kwartalnik Górnictwo i Geoinżynieria, rok 28, zeszyt 3, Kraków 2004.
- [19] Trenczek S.: Doraźna ocena wpływu czynników geomechanicznych, termofizycznych i górnictwowych na zagrożenie pożarem endogenicznym rejonu ściany zawałowej. Przegląd Górniczy, nr 12, 2005.
- [20] Trenczek S.: Ocena zagrożenia pożarami endogenicznymi pokładów węgla kamiennego i sposoby jego zapobiegania. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
- [21] Tutak M., Brodny J.: Analysis of the impact of auxiliary ventilation equipment on the distribution and concentration of methane in the tailgate. Energies, 2018, vol. 11 iss. 11, art. no. 3076 s. 1-28
- [22] Wyższy Urząd Górniczy, <http://www.wug.gov.pl/bhp/statystyki>.



## **5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO – BADAWCZYCH/ARTYSTYCZNYCH**

### **5.1.DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWO -BADAWCZA**

Moja pozostała działalność naukowo – badawcza obejmuje następujące obszary tematyczne:

1. Prognozowanie stężenia metanu z wykorzystaniem do tego celu sztucznych sieci neuronowych.
2. Ocenę zagrożenia pyłowego w rejonie prowadzonej eksploatacji górniczej.
3. Badania przepływów gazów przez ośrodki porowate, z uwzględnieniem efektu skali oraz podobieństwa modelowego.
4. Badania stanowiskowe przepływu gazów przez ośrodki porowate, w tym wyznaczanie oporów aerodynamicznych tych ośrodków.
5. Badania efektywności wykorzystania maszyn górniczych, w tym wpływu zagrożeń wentylacyjnych na efektywność ich wykorzystania z zastosowaniem systemów automatyki przemysłowej i analizy dużych zbiorów danych.
6. Zastosowanie modeli taksonomicznych do analiz wielowariantowych i badania podobieństwa kopalń węgla kamiennego w zakresie emisji metanu i wielkości odmetanowania.
7. Badania podobieństwa krajów Unii Europejskiej w zakresie emisji zanieczyszczeń pyłowych i gazowych do atmosfery, z wykorzystaniem metod taksonomicznych.
8. Analizy podobieństwa krajów Unii Europejskiej w zakresie wytwarzania energii z odnawialnych źródeł, z wykorzystaniem metod taksonomicznych.

Przedstawiona tematyka badawcza obejmuje najistotniejsze zagadnienia związane z inżynierią bezpieczeństwa, zwłaszcza w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa procesów produkcyjnych związanych z podziemną eksploatacją węgla kamiennego. Część z tych badań ma na celu także lepsze rozpoznanie zjawisk związanych z przepływem gazów przez ośrodki porowate, które wpływają na kształtowanie się zagrożeń wentylacyjnych w podziemnych kopalniach węgla kamiennego.

Szczegółowy wykaz publikacji dotyczący mojej działalności naukowo-badawczej zamieściłam w załączniku 4, natomiast w tabeli 5.1. przedstawiłam zestawienie ilościowe tych osiągnięć.

Tabela 5.1. Zestawienie publikacji naukowych

Wyszczególnienie	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Razem
Artykuły w czasopismach znajdujących się w bazie JCR	0	10	10
Monografie	0	1	1
Rozdziały w monografiach	3	11	14
Artykuły w czasopismach krajowych i zagranicznych	6	9	15
Artykuły w materiałach konferencyjnych indeksowanych w bazach (razem), z czego w bazie:	4	26	30
a) Jednocześnie w Web of Science jak i Scopus	0	11	11
b) Tylko w Web of Science	4	2	6
c) Tylko w Scopus	0	13	13
Przyznane patenty	0	2	2
<b>Ogółem</b>	13	59	72
<b>Suma punktów za publikacje i przyznane patenty</b>	115	676	791

Wyniki prowadzonych przeze mnie badań w latach 2016-2018 zostały zaprezentowane podczas 17 konferencji naukowych o zasięgu międzynarodowym, na których wygłosiłam 39 referentów. Szczegółowy wykaz wygłoszonych przeze mnie referatów wraz z ich tytułami został zamieszczony w załączniku 4, natomiast w tabeli 5.2. zamieściłam ich zestawienie ilościowe.

Tabela 5.2. Referaty na międzynarodowych i krajowych konferencjach

Wyszczególnienie	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Razem
Referaty na konferencjach międzynarodowych (organizowanych w Polsce i za granicą)	6	38	44
Referaty na konferencjach krajowych	4	1	5
<b>Razem</b>	10	39	49

W 2018 roku reprezentowałam Politechnikę Śląską na konferencji „Kształtowanie Potencjału Rynku dla Przemysłu 4.0 w Polsce”, organizowanej przez Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii w panelu dyskusyjnym, w którym pełniłam rolę eksperta.

W 2017 roku odbyłam dwie wizyty naukowe w zagranicznych ośrodkach, w HTW Dresden (Niemcy) oraz w CEIT Żylina (Słowacja).

Podsumowując całą moją dotychczasową działalność naukową, chciałabym podkreślić, że jestem także współautorem 25 publikacji indeksowanych w bazie Web of Science, które były dotychczas cytowane 68 razy, natomiast wartość mojego indeksu Hirscha według bazy Web of Science wynosi 5, a według bazy Scopus wynosi 9. Wskaźniki dokonań naukowych ujęte w tych i innych bazach zestawiałam w tabeli 5.3.

Tabela 5.3. Wskaźniki dokonań naukowych

<b>Wyszczególnienie</b>	<b>Przed uzyskaniem stopnia doktora</b>	<b>Po uzyskaniu stopnia doktora</b>	<b>Razem</b>
Impact Factor	0	<b>15,35</b>	15,35
Liczba cytowań wg bazy Web of Science	0	<b>68</b>	68
Liczba cytowań wg bazy Scopus	0	<b>208</b>	208
Liczba cytowań wg Google Scholar	5	<b>352</b>	357
Wartość indeksu Hirscha wg bazy Web of Science	0	<b>5</b>	5
Wartość indeksu Hirscha wg bazy Scopus	0	<b>9</b>	9
Wartość indeksu Hirscha wg Google Scholar	0	<b>12</b>	12

Po uzyskaniu stopnia doktora brałam i biorę udział w następujących pracach naukowo-badawczych:

1. „Wykorzystanie metody efektywności całkowitej dla poprawy efektywności pracy maszynowych kompleksów ścianowych w procesie eksploatacji węgla kamiennego” – projekt badawczy nr PBS3/B6/25/2015 finansowany przez NCBiR.
2. „Analiza modelu funkcjonowania Digital Innovation Hub, wyspecjalizowanego w Przemysle 4.0”, umowa z dnia 24.09.2018 r., projekt finansowany przez Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii.
3. „Opracowanie metodyki i programów dla kształcenia Doradców oraz Liderów wraz z wynikami test funkcjonalności programu kształcenia Liderów”, projekt badawczy

 f.

nr DIN/KF/DBG-IV-11-204/18, finansowany przez Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii.

4. „Innowacyjny system elektrohydraulicznego sterowania obudowy zmechanizowanej” – projekt badawczy POIR.01.01.01-00-1129/15 finansowany przez NCBiR.

Kierowałam także dwoma pracami statutowymi oraz jedną pracą statutową dla młodych naukowców, a także jednym Rektorskim Grantem Projakościowym:

1. Analiza przepływu gazów przez granularne ośrodki porowate. Projekt nr 06/030/BK\_17/0024;
2. Badanie przepływu gazów przez ośrodki porowate z uwzględnieniem efektu skali, Projekt nr 06/030/BK\_18/0037;
3. Badania modelowe przepływu strumienia powietrza w wyrobisku korytarzowym przewietrzanym za pomocą wentylacji lutniowej, Projekt nr 06/030/BKM\_18/0041;
4. Rektorski Grant Projakościowy, Projekt nr 06/030/RGJ18/0028.

Po uzyskaniu stopnia doktora byłam także wykonawcą jednej pracy statutowej dla młodych naukowców:

1. Wpływ sposobu przewietrzania ścian wydobywczych na "U" od granic "Y" na stan zagrożenia pożarami endogenicznymi w zrobach zawałowych tych ścian. Praca nr 06/050/BK\_15/0023.

Termin realizacji pracy: 01.01.2015 – 31.12.2016 r.

Kierownik pracy: Prof. dr hab. inż. Jan Szlązak.

Jestem twórcą dwóch przyznanych patentów:

1. Patent nr P.404890 udzielony dnia 15.11.2016: Układ pomiarowy do wyznaczania współczynnika oporu aerodynamicznego powietrza przepływającego przez ośrodek porowaty.
2. Patent nr P.226637 udzielony dnia 06.03.2017: Układ pomiarowy do wyznaczania współczynnika oporu aerodynamicznego powietrza przepływającego przez przewody o niegładkich powierzchniach.

Jestem także twórcą rozwiązania konstrukcyjnego w postaci oryginalnego stanowiska do badania przepływu gazów przez ośrodki porowate.

Od dwóch lat aktywnie uczestniczę w procesie recenzowania publikacji w czasopismach międzynarodowych. Dotychczas opracowałam wiele recenzji dla różnych czasopism naukowych, w tym 47 dla czasopism naukowych z listy Journal Citation Reports. Do czasopism tych należą m.in. Energies, Sustainability, Journal of loss prevention in the process industries, International Journal of Environmental Research and Public Health oraz IEEE Access.

Szczegółowa liczba recenzowanych prac do wymienionych czasopism znajduje się w załączniku 4 (wykaz dorobku habilitacyjnego.)

 f.



## 5.2. DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA

Od początku pracy na stanowisku adiunkta w Katedrze Inżynierii Bezpieczeństwa na Wydziale Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej prowadzę zajęcia dla studentów studiów I stopnia na kierunku Górnictwo i Geologia oraz dla studentów studiów I i II stopnia na kierunku Inżynieria Bezpieczeństwa. Zajęcia te obejmują m.in. następujące przedmioty:

- Zarządzanie bezpieczeństwem pracy w górnictwie,
- Konstrukcja i zastosowanie sprzętu ochrony indywidualnej i zbiorowej,
- Systemy zarządzania bezpieczeństwem pracy i ryzykiem zawodowym,
- Akustyczne i optyczne systemy zabezpieczeń technicznych,
- Modelowanie zagrożeń i awarii technicznych,
- Bezpieczeństwo cywilne i stany nadzwyczajne,
- Safety management and occupational risk system.

Dla wyżej wymienionych zajęć opracowałam autorskie programy wykładów, laboratoriów, ćwiczeń, projektów i seminariów.

Prowadzę także zajęcia w języku angielskim dla studentów zagranicznych w ramach programu LLP ERASMUS; są to zajęcia projektowe z przedmiotu „Safety management and occupational risk system”, w roku akademickim 2018/2019, a także dla studentów studiów stacjonarnych I i II stopnia kierunku Inżynieria Bezpieczeństwa.

W ramach opieki nad studentami pełnię rolę promotora w 6-ciu pracach dyplomowych magisterskich.

Aktualnie jestem także promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich, pt. „Metodyka oceny stopnia wykorzystania maszyn w procesie produkcji górniczej” oraz pt. „Opracowanie metody racjonalizacji zużycia paliwa w samolotach wykorzystywanych do świadczenia usług transportowych”. Jestem także pomocniczym opiekunem naukowym w przygotowaniach do rozprawy doktorskiej pt. „Identyfikacja parametrów pracy tam przeciwwybuchowych stosowanych w górnictwie podziemnym poddanych dynamicznemu obciążeniu”. Pełniłam także funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim pt. „Optymalizacja rozmieszczenia pomocniczych urządzeń wentylacyjnych na wylocie ze ściany w celu zwiększenia skuteczności prowadzonej profilaktyki metanowej”.

Współpracuję także z dwoma studenckimi kołami naukowymi, z kołem „FanTech” oraz z kołem „Konstrukcja i eksploatacja maszyn” w zakresie tematyki dotyczącej modelowania i symulacji numerycznych.



### 5.3. DZIAŁALNOŚĆ ORGANIZACYJNA I POPULARYZATORSKA

Oprócz działalności o charakterze typowo naukowym i dydaktycznym prowadzę także działalność organizacyjną. W ramach tej działalności jestem:

- członkiem Wydziałowego zespołu ds. parametryzacji jednostki;
- odpowiedzialna za sporządzanie analiz dotyczących dorobku naukowego pracowników Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej;
- odpowiedzialna za sporządzenie analiz dotyczących strategii rozwoju Uczelni (zadanie powierzone przez JM Rektora Politechniki Śląskiej).

W roku 2017 byłem odpowiedzialna, jako członek Wydziałowego zespołu ds. parametryzacji, za przygotowanie dokumentacji związanej z oceną parametryczną Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej, na podstawie której przyznano Wydziałowi kategorię naukową B.

Po dokonaniu analizy dokumentacji oceny na podstawie której przyznano Wydziałowi Górnictwa i Geologii kategorię naukową B, przygotowałam dokumentację i przeprowadziłam procedurę odwoławczą od tej kategorii. Między innymi, w wyniku moich działań, po przeprowadzeniu procedury odwoławczej, Wydziałowi Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej w maju 2018 roku przyznana została ostatecznie kategoria naukowa A.

W 2018 roku uczestniczyłam także w pracach związanych z organizacją II Konferencji „EDUAL – studia dualne odpowiedzią na potrzeby Przemysłu 4.0”, a także czynnie uczestniczyłam w dniach otwartych Politechniki Śląskiej w 2018 roku.

Od 2018 roku pełnię rolę Doradcy Przemysłu 4.0, w Śląskim Centrum Kompetencji Przemysłu 4.0, które utworzone zostało przez Politechnikę Śląską i Katowicką Specjalną Strefę Ekonomiczną. W ramach tej działalności byłem odpowiedzialna za przeprowadzenie analizy możliwości wdrożenia koncepcji Przemysłu 4.0. m.in. w Hucie Łabędy S.A. w Gliwicach oraz w Hucie Pokój S.A. w Rudzie Śląskiej i zaproponowanie rozwiązań umożliwiających zwiększenie efektywności produkcji w tych przedsiębiorstwach.

W latach 2017-2018 zostałam uhonorowana nagrodami za działalność naukową i organizacyjną. Otrzymałam następujące nagrody Rektora Politechniki Śląskiej:

- nagroda II stopnia za osiągnięcie naukowe, pt. „Wyróżniający się dorobek naukowy i twórczy w 2017 roku”;
- nagroda III stopnia za osiągnięcia organizacyjne, pt. „Opracowanie dokumentacji związanej z działalnością naukową Wydziału Górnictwa i Geologii”.

W 2017 roku uzyskałam także grant projakościowy przyznany przez JM Rektora Politechniki Śląskiej za wysoko punktowane publikacje naukowe i przyznane patenty.

 f.

W 2016 roku Rada Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej wyróżniła moją rozprawę doktorską, której promotorem był Pan Prof. dr hab. inż. Jan Szlązak, o co wnioskowali obaj recenzenci tej rozprawy.

W 2017 roku decyzją Sekretarza Stanu z up. Ministra Energii otrzymałam stopień Dyrektora Górniczego III stopnia.

Podczas pracy naukowo-dydaktycznej podnosiłam także swoje kwalifikacje poprzez uczestnictwo w szkoleniach związanych z obszarem moich zainteresowań badawczych i prowadzoną działalnością dydaktyczną:

- „Modelowania zapylenia w Ansys Fluent”, MeSco, Tarnowskie Góry, 21.02.2019 r.;
- „Spalanie i radiacja w Ansys Fluent”, MeSco, Tarnowskie Góry, 18.01.2019 r.;
- „Siecie neuronowe”, Statsoft, Kraków, 19-20.11.2018 r.;
- „Prognozowanie i analiza szeregów czasowych”, Statsoft, Kraków, 8-9.11.2018 r.;
- „Inkubator Liderów Przemysłu 4.0”, Politechnika Śląska, Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii, Gliwice-Warszawa, 21.02.2018 r.;
- „Prowadzenie zajęć dydaktycznych z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość”, Politechnika Śląska, Gliwice, Grudzień 2016.

*futoli M.*