

# BADANIA STANOWISKOWE SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA UKŁADU ZRASZANIA KOMBAJNU ŚCIANOWEGO W GASZENIU I NIEDOPUSZCZANIU/PRZENIESIENIU ZAPŁONU ATMOSFERY METANOWEJ OD ISKIER MECHANICZNYCH

## TEST STAND FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF THE SPRAYING SYSTEMS INSTALLED ON ROADHEADERS AND LONGWALL SHEARERS IN TERMS OF EXTINGUISHING AND PREVENTING THE IGNITION ON METHANE BY SPARKS

Michał Siegmund, Dominik Bałaga, Marek Kalita - KOMAG Instytut Techniki Górniczej,  
Zakład Maszyn i Urządzeń, Gliwice

Daniel Mieszaniec, Krzysztof Libera, Remigiusz Pyka - Grenevia SA FAMUR Mining Oddział w Katowicach

---

DOI:10.5604/01.3001.0055.2366

### Streszczenie

W artykule przedstawiono badania stanowiskowe prowadzone pod kątem określenia skuteczności układu zraszania kombajnu ścianowego w gaszeniu i niedopuszczaniu/przeniesieniu zapłonu atmosfery metanowej od iskier mechanicznych. Badania prowadzono dla organu wyposażonego we wszystkie sprawne dysze zraszające przy pełnym przepływie wody (badanie referencyjne) oraz dla organu przy zmniejszonym przepływie wynikającym z niedrożności dysz (zastosowano korki w miejscu dysz) w różnych wariantach. Zrealizowano badania dla sześciu takich wariantów, przy czym zatykane było od 3 do 12 dysz. Cykle badawcze przeprowadzono dla czterech rodzajów dysz. Badania przeprowadzono na stanowisku do badania skuteczności układów zraszania w zakresie gaszenia i niedopuszczania/przeniesienia zapłonu metanu przez iskry zlokalizowanym na terenie laboratorium Instytutu Techniki Górniczej KOMAG.

**Słowa kluczowe:** metan, instalacje zraszania, górniczy kombajn ścianowy, górniczy kombajn chodnikowy, stanowisko badawcze

### Abstract

This paper presents stand tests conducted to determine the effectiveness of a longwall shearer's spraying system in extinguishing and preventing/transmitting ignition of the methane atmosphere from mechanical sparks. Tests were conducted for an organ with all operational spraying nozzles at full water flow (reference test) and for an organ at reduced flow due to nozzle obstruction (plugs were used in place of the nozzles) in various variations. Tests were carried out for six such variants, with between three and 12 nozzles plugged. Test cycles were carried out for four nozzle types. The tests were carried out at the test stand for testing the effectiveness of spraying systems in extinguishing and preventing/transmitting ignition of methane by sparks, located at the laboratory of the KOMAG Institute of Mining Technology.

**Keywords:** methane, spraying systems, longwall shearer, roadheader, test stand

### Wprowadzenie

Eksploatacja złóż węgla w polskim górnictwie podziemnym wiąże się z wieloma wyzwaniami, z których jednym z najważniejszych jest zapewnienie bezpieczeństwa pracy w warunkach zagrożenia metanowego. Kombajny ścianowe, jako podstawowe maszyny urabiające, generują iskry mechaniczne w wyniku kontaktu noży z calizną węglową. Połączenie iskrzenia z obecnością metanu w stężeniu wybuchowym stanowi realne zagrożenie dla zdrowia i życia załogi oraz dla infrastruktury górniczej [1].

W odpowiedzi na to zagrożenie opracowano różnorodne systemy zraszania wodnego i powietrzno-wodnego, które mają na celu zarówno gaszenie zapłonów, jak i niedopuszczanie do ich powstawania. Chociaż systemy te są szeroko stosowane, brakuje szczegółowych norm zharmonizowanych opisujących ich skuteczność. W związku z tym producenci maszyn są zobowiązani do przeprowadzania badań stanowiskowych, które potwierdzą efektywność ich rozwiązań [3].

W polskim górnictwie podziemnym, do eksploatacji węgla wykorzystywane są przede wszystkim kombajny ścianowe

i chodnikowe. Podczas prac kombajnami może dochodzić do iskrzenia pomiędzy nożami organów urabiających a urabianą calizną [4, 5]. Możliwość wydostawania się jednocześnie z czoła ściany/przodka metanu może powodować zagrożenie pożarowe, a nawet wybuchowe. W tym celu kombajny ścianowe i chodnikowe wyposaża się w organy urabiające ze zraszaniem wodnym lub powietrzno-wodnym.

Jednocześnie w polskim prawodawstwie, zgodnie z § 291 Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. [3], w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych, urabianie kombajnami zwięzłych skał o dużej i średniej skłonności do iskrzenia (w strefie zagrożenia metanem) jest dopuszczalne w drażonych wyrobiskach korytarzowych, jeżeli stężenie metanu w powietrzu wynosi nie więcej niż 1%. Warunek ten dotyczy szczególnie sytuacji, gdy kombajn jest wyposażony w wewnętrzne układy zraszania noży lub inny system ograniczający ryzyko zapłonu metanu, którego skuteczność została potwierdzona badaniami.

Producenci kombajnów mają obowiązek przeprowadzania oceny ryzyka, ujmując w niej wszystkie zagrożenia związane z eksploatacją maszyn. Do każdego zagrożenia należy określić środki zaradcze, wykorzystując sprawdzone metody, m.in. te zawarte w normach zharmonizowanych. Niestety, zraszanie, jako metoda ochrony przeciwwybuchowej nie zostało szczegółowo ujęte w normach zharmonizowanych, dlatego też konieczne są badania potwierdzające skuteczność takiego rozwiązania. Badania skuteczności może wykonać sam producent lub skorzystać z uznanej jednostki badawczej (np. laboratorium). Realizacja oceny zagrożenia zapłonem wymaga odniesienia się do sprawdzonych metod projektowania systemów zraszania, zdobytych z własnych doświadczeń lub opracowań innych producentów czy jednostek naukowo-badawczych.

Do realizacji tego typu badań, konieczne jest posiadanie odpowiednio zaprojektowanego stanowiska badawczego. Takim stanowiskiem w Europie dysponuje producent kombajnów, firma Sandvik, DMT oraz VVUU a.s. Ostrava-Radvanice [11].

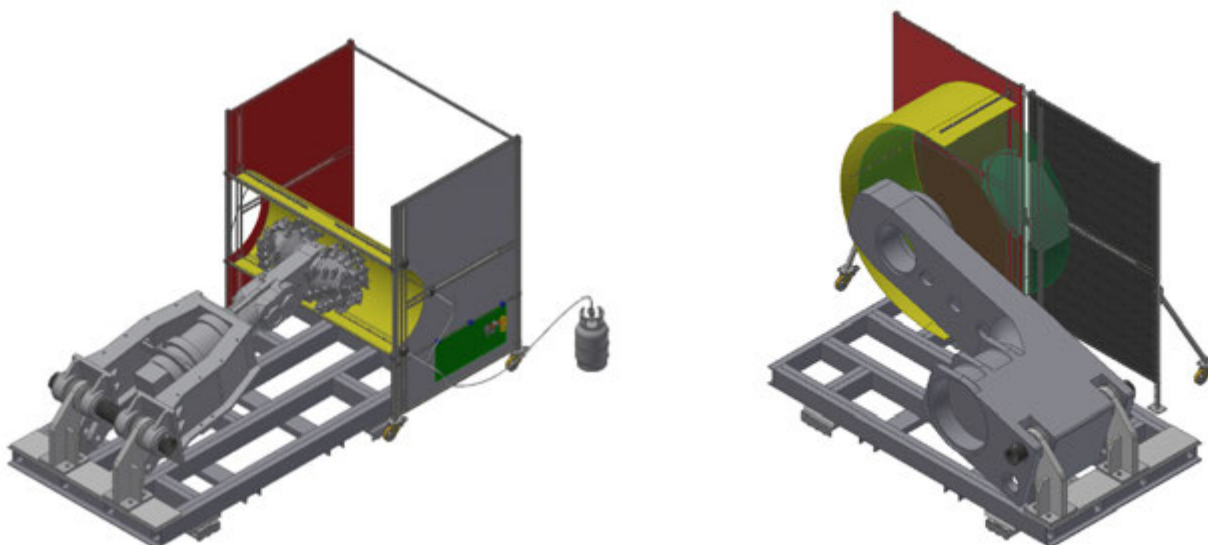
Pierwszą jednostką badawczą, która posiadała stanowisko do badania skuteczności instalacji zraszających na kombajnach

górnictwa w Polsce, była Kopalnia Doświadczalna Barbara w Mikołowie, wyposażona w stanowiska do badania skuteczności gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu przez instalacje zraszające zabudowane na kombajnie ścianowym. Stanowisko to powstało w 2005 roku, we współpracy z ITG KOMAG, w ramach projektu celowego [11, 12, 13].

Na podstawie wspólnych doświadczeń, również w ITG KOMAG, opracowano koncepcję i wykonano uniwersalne stanowisko do badań skuteczności gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu przez instalacje zraszające, zarówno dla kombajnów ścianowych, jak i chodnikowych, bez konieczności ich każdorazowej budowy [15, 16]. W projekcie skupiono się na modelu ociosu wyrobiska ścianowego i chodnikowego oraz na układzie doprowadzenia i rozprowadzenia gazu symulującego wypływ metanu (Rys. 1). Zaletą opracowanego rozwiązania jest możliwość wykorzystywania go do różnych wielkości głowic/organów, bez konieczności całkowitego jego przebudowywania. Zmiana stanowiska z wersji do badania instalacji zraszających kombajnów ścianowych na wersję do badania instalacji zraszających kombajnów chodnikowych, nie wymaga wielu zmian, a jedynie odpowiedniego ustawienia blach bocznych.

Dla zaprojektowanego stanowiska opracowano metodykę prowadzenia badań dotyczących oceny skuteczności gaszenia zapłonu gazu oraz skuteczności niedopuszczania do zapłonu gazu, przez badane instalacje zraszające kombajnów ścianowych i chodnikowych. Na podstawie wykonanej dokumentacji technicznej, zbudowano egzemplarz prototypowy stanowiska do badań instalacji zraszających kombajnów chodnikowych. Przeprowadzone testy stanowiska, w formie pierwszych badań oceny instalacji zraszającej na kombajnie chodnikowym, wykazały jego prawidłowe działanie i szereg zalet, takich jak szybkość jego dostosowania do dostarczonego egzemplarza badawczego wysięgnika kombajnu.

Niniejszy artykuł prezentuje zakres badań stanowiskowych układów zraszania zrealizowanych we współpracy z FAMUR i ITG KOMAG na ramionach kombajnów ścianowych produkowanych przez FAMUR [10]. Celem badań było określenie skuteczności gaszenia zapłonu atmosfery



Rys. 1. Model przestrzenny stanowiska: a) do badania skuteczności działania instalacji zraszającej zabudowanej na kombajnie chodnikowym, b) do badania skuteczności działania instalacji zraszającej zabudowanej na kombajnie ścianowym [15, 16].

metanowej oraz zapobiegania przenoszeniu zapłonu w warunkach symulowanych [6-9].

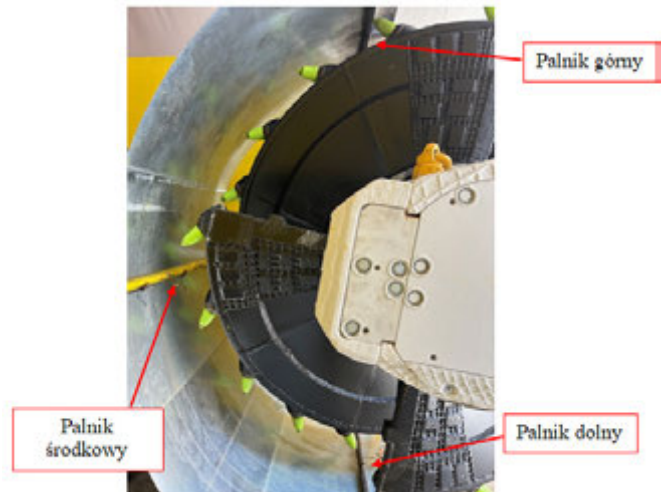
### Cel i przedmiot przeprowadzonych badań

Celem przeprowadzonych badań stanowiskowych dla poszczególnych wariantów (przypadków badawczych) przedmiotowego układu zraszania zanożowego było:

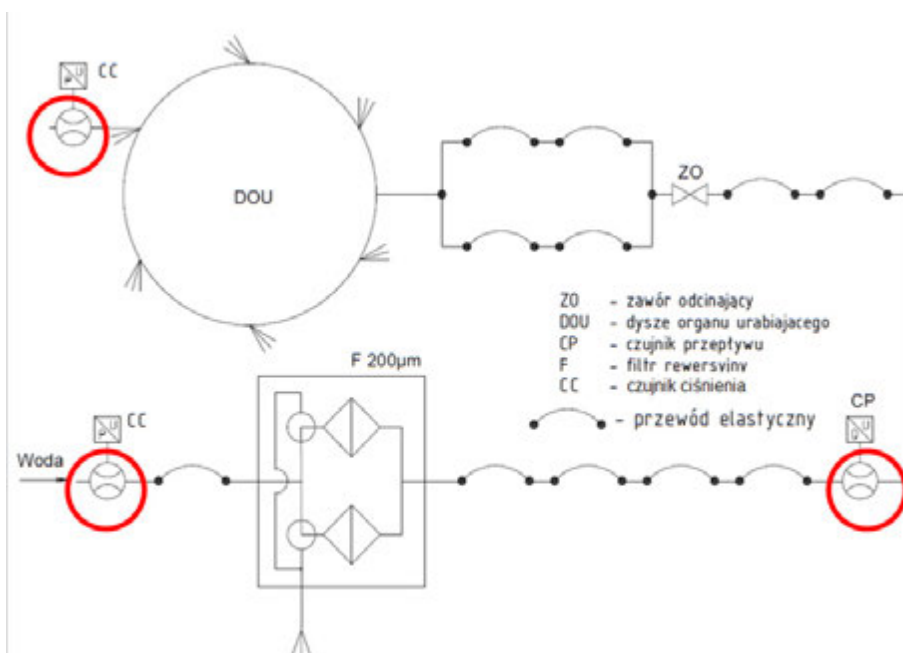
- określenie skuteczności gaszenia zapłonu gazu występującego w obszarze organu urabiającego kombajnu ścianowego,
- określenie skuteczności w niedopuszczeniu/przeniesieniu zapłonu gazu mogącego wystąpić w wyniku powstawania iskier mechanicznych, niezbędnych do bezpiecznej eksploatacji układu na kombajnie, w warunkach zagrożenia wybuchem metanu.

Przedmiotem badań stanowiskowych, był układ zraszania zanożowego czterech sztuk organów urabiających kombajnów ścianowych. Każdy organ urabiający został zamontowany na ramieniu kombajnu ścianowego produkcji FAMUR. Badania stanowiskowe przeprowadzono pod kątem określenia skuteczności układu zraszania w gaszeniu i niedopuszczeniu/przeniesieniu zapłonu atmosfery metanowej od iskier mechanicznych, dla organu wyposażonego we wszystkie sprawne dysze zraszające przy pełnym przepływie wody (badanie referencyjne) oraz dla organu przy zmniejszonym przepływie wynikającym z niedrożności dysz (zastosowano korki w miejscu dysz) w różnych wariantach, dla dysz typu:

- dysza D1 z inżekcją o średnicy wylotowej - 0,8 mm,
- dysza D1 z inżekcją o średnicy wylotowej - 1,0 mm,
- dysza D2 z wewnętrznym zawirowywaczem o średnicy wylotowej - 0,8 mm,
- dysza D2 z wewnętrznym zawirowywaczem o średnicy wylotowej - 1,0 mm.



Rys. 2. Modułowe stanowisko do badania skuteczności gaszenia metanu przez kombajny górnicze: a) konfiguracja dostosowana do badań kombajnów ścianowych; b) położenie palników [6]



Rys. 3. Schemat instalacji zraszania zanożowego, dostarczającej wodę do dysz organu urabiającego

### Miejsce badań (stanowisko badawcze)

Badania przeprowadzono na stanowisku do badania skuteczności układów zraszania w zakresie gaszenia i niedopuszczenia/przeniesienia zapłonu metanu przez iskry. Stanowisko zlokalizowano w namiocie obok hali badawczej Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. W skład stanowiska wchodził model czoła ściany, który odwzorowywał kształt zawrębenia organu, jaki występuje w warunkach eksploatacji górniczej (Rys. 2a). Modułowa konstrukcja stanowiska jest rozwiązaniem chronionym w Urzędzie Patentowy RP [17].

Na obwodzie powierzchni symulującej zawrębenie organu w calinę węglową umieszczono trzy przylegające do jej powierzchni palniki (w górnej, środkowej i dolnej części zawrębenia). Średnica zawrębenia została dostosowana do średnicy organu (z uwzględnieniem luzu, umożliwiającym obrót organu uzbrojonego w noże urabiające). Każdy palnik wyposażono w trzy otwory wylotowe dla podawanego gazu,

co zapewniało wydostawanie się płomienia zapalonego gazu wzdłuż organu urabiającego (Rys. 2b).

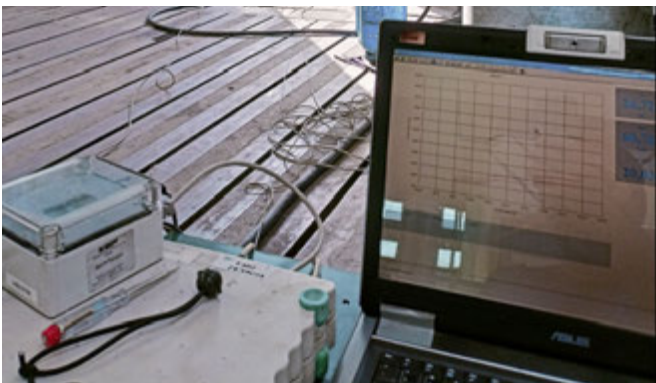
Zabudowana na stanowisku badawczym pompa wody (Rys. 4a) umożliwiła poprzez filtr rewersyjny, przepływomierz, zawory odcinające i przewody hydrauliczne zasilanie układu zraszającego zgodne z układem hydraulicznym kombajnu ścianowego dostarczany przez producenta. Schemat układu zasilania instalacji zraszania zanożowego przedstawia Rysunek 3.

Na linii głównej zasilania, a przed filtrem, zlokalizowano czujnik przepływu i przetwornik ciśnienia nr 1. Drugi z przetworników ciśnienia umiejscowiono na specjalnym przyłączy z „Minimes” zlokalizowanym w jednym z gniazd dyszy (Rys. 4c). Dane z czujników rejestrowano i archiwizowano na stanowisku komputerowym (Rys. 4b). Doprowadzona do stanowiska energia elektryczna, umożliwiła zasilanie silnika elektrycznego, napędzającego organ urabiający (poprzez przekładnię) w trakcie badań.

a)



b)



c)



Rys. 4. Elementy pomiarowe stanowiska badawczego: a) pompa zasialająca, b) rejestrator pomiarowy z laptopem, c) przyłączy z gniazdem dyszy i „Minimes”

## Przebieg i wyniki badań

Badania skuteczności działania układu zraszania zanożowego dla różnych typów dysz i przy różnych wariantach niedrożnych (zasłepionych) dysz zraszających zabudowanych na organie urabiającym obejmowały:

- pomiary skuteczności gaszenia zapalonego gazu,
- pomiary skuteczności niedopuszczania/przeniesienia zapłonu gazu przy inicjowaniu zapłonów główką zapalczą.

Wartości natężenia przepływu gazu oraz dobór główki zapalczącej są efektem analizy energetycznej parametrów realizacji badań gaszenia i niedopuszczania/przeniesienia zapłonu metanu zawarte w dokumencie W93.172AN wydanie 1. Gliwice 2023.

a)



b)



Rys. 5. Próba gaszenia występującego zapłonu gazu: a) moment przed uruchomieniem instalacji, b) moment rozpoczęcia działania instalacji



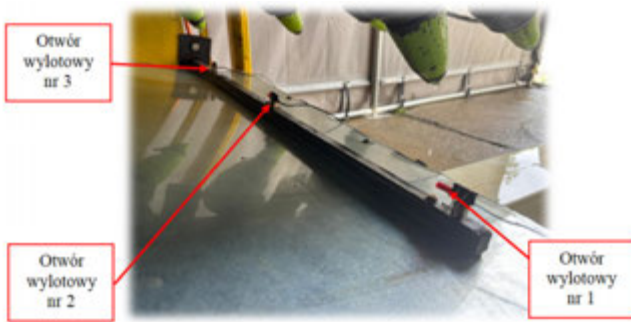
Rys. 6. Proces zapłonu gazu przed próbą gaszenia

gazu do palnika, jego zapłon uzyskiwany był przez podanie ognia przy użyciu zapalarki gazowej odpowiedniej długości, jak pokazano na Rysunku 6.

**Skuteczność zapobiegania powstawaniu/przeniesieniu zapłonu gazu**, przy inicjowaniu zapłonów główką zapalczą, oceniano na podstawie obserwacji wystąpienia/przeniesienia zapłonu gazu. Próby te prowadzono trzykrotnie dla każdego z trzech palników: znajdujących się w górnej, środkowej i dolnej części powierzchni zawrębenia organu. Każda z trzech prób realizowana była na jednym z trzech otworów wylotowych palnika (Rys. 7). Próbę uznawano za skuteczną w przypadku braku zainicjowania/przeniesienia zapłonu wpływającego gazu dla trzech kolejnych prób.

Skuteczność zapobiegania powstawaniu zapłonu gazu przy inicjowaniu takich zapłonów zapalnikami, przeprowadzono trzykrotnie dla każdego z trzech palników:

a)



b)



Rys. 7. Zapalniki umieszczone nad otworami wylotowymi palnika; a) rozmieszczenie, b) widok pojedynczego zapalnika [8]



Rys. 8. Próba wywołania zapłonu w czasie działania instalacji

### Warianty realizacji badań-warianty dla organu 4- płatowego

W przypadku organów 4- płatowych próby prowadzono w wariantach A ÷ G przy:

- A. pełnym obłożeniu organu urabiającego,
- B. niedrożnych dyszach dwóch płatów organu urabiającego znajdujących się obok siebie (12 korków),
- C. niedrożnych dyszach dwóch płatów organu urabiającego znajdujących się naprzemiennie (12 korków),
- D. niedrożnym zraszaniu na płatach, w co drugiej dyszy oraz trzech dyszach znajdujących się na tarczy odcinającej umiejscowionych losowo (15 korków),
- E. niedrożnym zraszaniu na płatach, w co drugiej dyszy oraz trzech dyszach znajdujących się na tarczy odcinającej umiejscowionych obok siebie (15 korków)
- F. niedrożnym zraszaniu na jednym płacie oraz trzech dyszach znajdujących się na tarczy odcinającej (obok siebie) przy płacie z odciętym zraszaniem (9 korków)
- G. niedrożnym zraszaniu na dwóch płatach oraz trzech dyszach znajdujących się na tarczy odcinającej (obok siebie) przy płacie z odciętym zraszaniem (15 korków).

### Warianty realizacji badań-warianty dla organu 3 - płatowego

W przypadku organów 3- płatowych próby prowadzono w wariantach A ÷ E przy:

- A. pełnym obłożeniu organu urabiającego (33 szt. dysz),
- B. niedrożnym zraszaniu na jednym płacie (6 korków),
- C. niedrożnym zraszaniu na płatach, w co drugiej dyszy (dwa płaty rozpoczynające się od korków) oraz trzech dyszach znajdujących się na tarczy odcinającej umiejscowionych obok siebie (12 korków),
- D. niedrożnym zraszaniu na płatach, w co drugiej dyszy (jeden płat rozpoczynający się od korka) oraz trzech dyszach znajdujących się na tarczy odcinającej umiejscowionych obok siebie (12 korków),

E. niedrożnym zraszaniu na jednym płacie oraz trzech dyszach znajdujących się na tarczy odcinającej (obok siebie) przy płacie z odciętym zraszaniem (9 korków).

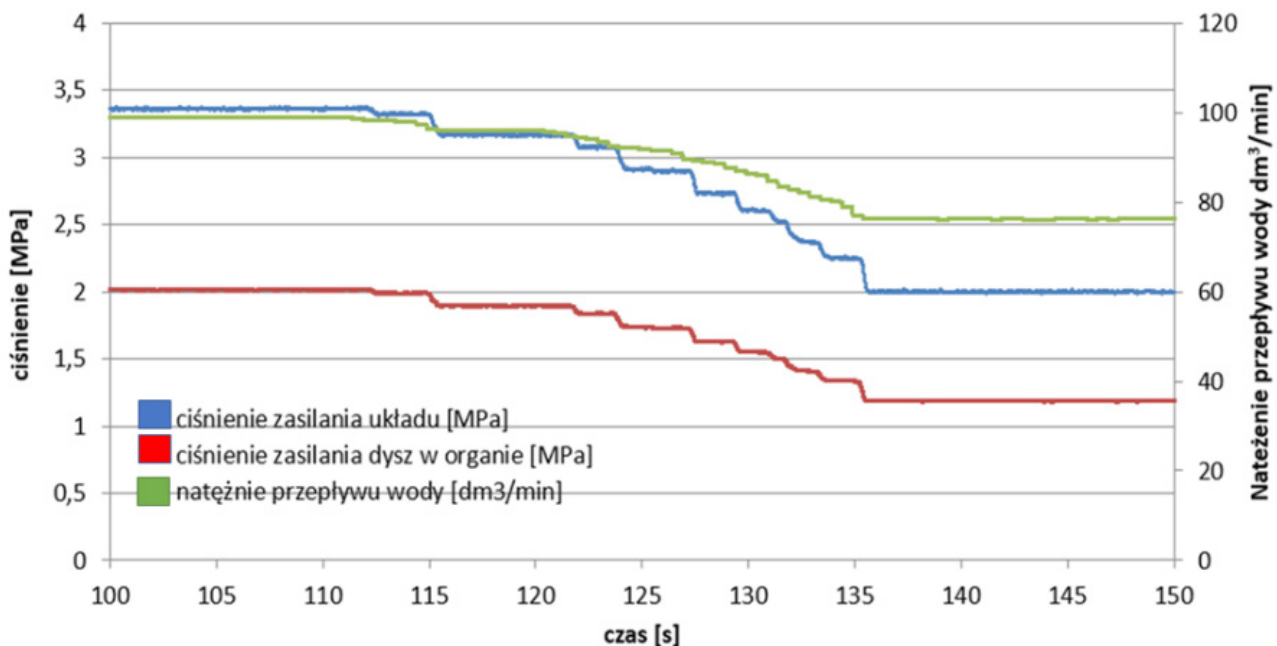
W trakcie prób realizowano również ciągły pomiar wartości przepływu i ciśnienia wody przed układem zasilania organu urabiającego oraz w gnieździe zasilającym dyszę. Przykład zarejestrowanych wartości ciśnienia zasilającego (pz) układu zasilania oraz wartości ciśnienia na dyszy zraszającej (po), wraz z sumarycznym przepływem wody na organie (Qw). Przykładowy wykres pokazano na Rysunku 9.

Dla każdego badanego wariantu opracowywane było zestawienie wyników parametrów pracy jak skuteczności gaszenia i niedopuszczenia do zapłonu gazu. Szczegółowe wyniki poszczególnych wariantów przy określonych parametrach zasilania są efektem realizacji zlecenia, które pozostaje do wiadomości producenta. Niniejszy artykuł wskazuje jedynie szeroki zakres badań, jakim poddawane są systemy zraszające głowic kombajnu ścianowego. W podsumowaniu wskazane zostały ogólne wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

### Podsumowanie i wnioski

W ramach realizacji badań organów kombajnów ścianowych przeprowadzono badania dla 4 typów organów. Każdy wyposażony był w 2 typy dysz o 2 różnych średnicach wylotowych, dla których przeprowadzono 7, lub 6 wariantów zasymulowanego zatkania wybranych dysz. Sumarycznie przeprowadzono badania dla 112 wariantów. Wszystkie warianty, w których nie symulowano zatkania dysz przeszły pozytywnie próby badawcze, przy ciśnieniu zasilania 2MPa na początku instalacji oraz natężeniu przepływu odpowiadającym charakterystyce i liczbie dysz. W trakcie badań niedopuszczenia/przeniesienia zapłonu z symulacją zatkanych dysz, zaobserwowano negatywne wyniki, które pozwoliły sformułować kilka ważnych wniosków:

- Wzrost intensywności zraszania (większe średnice dysz) poprawiają skuteczność zraszania.



Rys. 9. Przykładowy wykres zmiany wartości ciśnienia oraz natężenia przepływu wody w organie roboczym w zależności od nastawy na początku układu zasilania

- Dwa płaty następujące po sobie znacznie zwiększają prawdopodobieństwo zapłonu gazu od iskrownika.
  - Wraz ze wzrostem średnicy organu spada skuteczność działania instalacji (podobna intensywność zraszania rozkładana jest na większą powierzchnię).
  - Dla organu o trzech płytach odcinających zatkanie wylotu z jednego płata może powodować nieskuteczność działania instalacji.
- Przedstawione rozwiązanie stanowiska oraz opracowana metodyka badań, pozwala realizować badania usługowe przez ITG KOMAG, na wysięgnikach/ramionach kombajnów wyposażonych w instalacje zraszające. Realizacja badań kombajnów, przewidziana jest dla producentów polskich jak i zagranicznych, chcących wdrożyć rozwiązania do warunków górnictwa podziemnego z zagrożeniami metanowymi.

## Literatura

- [1] Belle, B., & Clapham, S. (2002). *An improved wet-head system: prevention of incendive ignitions and dust control.1.*
- [2] Belle, B., Carey, D., & Robertson, B. (2012). *Prevention of frictional ignition in coal mines using chilled water sprays.*
- [3] *Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r.* (Dz.U. 2017 poz. 1118).
- [4] Bałaga, D., Jedziniak, M., Kalita, M., Siegmund, M., & Szkudlarek, Z. (2015). *Metody i środki zwalczania zagrożeń pyłowych i metanowych w górnictwie węglowym.* Maszyny Górnicze.
- [5] Górny, M. (2015). *Systemy zraszania w kombajnach górniczych a funkcje bezpieczeństwa przeciwybuchowego.* Główny Instytut Górnictwa.
- [6] *Opinia Nr 130/AO/2024.* ITG KOMAG, Gliwice, czerwiec 2024r., materiały niepublikowane
- [7] *Opinia Nr 131/AO/2024.* ITG KOMAG, Gliwice, czerwiec 2024r., materiały niepublikowane
- [8] *Opinia Nr 132/AO/2024.* ITG KOMAG, Gliwice, lipiec 2024r., materiały niepublikowane,
- [9] *Opinia Nr 133/AO/2024.* ITG KOMAG, Gliwice, sierpień 2024r., materiały niepublikowane
- [10] <https://famur.com/urzadzenia-dla-gornictwa-podziemnego/>
- [11] Prospekty i materiały informacyjne firmy Sandvik Mining and Construction.
- [12] Lebecki, K., Prostański, D., Sedlaczek, J., & Zellner, E. (2006). *Wyniki pilotażowych badań nowej instalacji powietrzno-wodnego zraszania na kombajnach ścianowych, w aspekcie gaszenia i zapobiegania zapłonom gazu.* Przegląd Górniczy, 62, 76-81.
- [13] Prostański, D., Bałaga, D., Rojek, P., Wiśniarz, D., & Mentlik, K. (2007). *Instalacja zraszająca w kombajnie KSW-460NE.* Wiadomości Górnicze, 58(7-8), 409-416.
- [14] Prostański, D., & Rojek, P. (2006). *Projektowanie, badania oraz próby eksploatacyjne instalacji zraszania powietrzno-wodnego do zwalczania zapylenia i zagrożeń metanowych, w kombajnie ścianowym typu KSW-460NE.* Maszyny Górnicze, 24, 37-44.
- [15] Bałaga D. i inni. (2020). *Koncepcja i dokumentacja stanowisk do badań skuteczności gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu instalacji zraszających kombajnów ścianowych i chodnikowych, wraz z analizą formalno-prawną realizacji badań i szacowaniem kosztów wykonania.* Materiały niepublikowane. Instytut Techniki Górniczej Komag.
- [16] Bałaga, D., Prostański, D., Kalita, M., & Siegmund, M. *Stanowisko badawcze do oceny skuteczności instalacji zraszania zabudowanych na kombajnach chodnikowych i ścianowych w zakresie gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu poprzez skry.* <https://doi.org/10.32056/KOMAG/KOMTECH2021.11>
- [17] Opis patentowy P.439 192. *Modułowe stanowisko do badania skuteczności gaszenia metanu przez kombajny górnicze*