

33

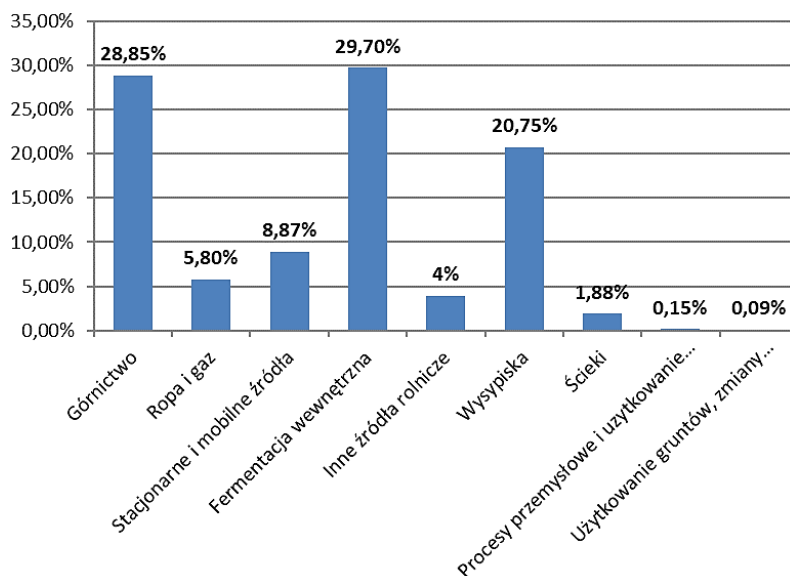
WPŁYW EMISJI METANU USUWANEGO Z KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO ZA POŚREDNICTWEM SZYBÓW WENTYLACYJNYCH NA STAN POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO

WSTĘP

Metan CH_4 jest gazem, który pierwotnie powstaje w skutek beztlenowego rozkładu materii organicznej w układach biologicznych, jak również ze źródeł antropogenicznych. W 2014 roku emisja metanu wynosiła 41,33 miliony ton ekwiwalentu CO_2 i w porównaniu do roku bazowego (1988) była mniejsza o 46,1% [6]. Jednocześnie metan, podobnie jak CO_2 , został uznany przez Międzynarodowy Panel do Spraw Zmian Klimatu [5] jako gaz cieplarniany, czyli substancję pochłaniającą promieniowanie podczerwone, a co za tym idzie przyczyniającą się do globalnego ocieplenia. Zgodnie z IPCC stężenie metanu w atmosferze przez ostatnie 250 lat wzrosło o około 162%, a obecnie połowa jego bieżącego strumienia emitowana do atmosfery pochodzi ze źródeł antropogenicznych, czyli tych na które największy wpływ ma działalność człowieka [5, 16]. Usunięcie metanu z atmosfery następuje poprzez reakcję z rodnikiem hydroksylowym, w wyniku czego zostaje on przekształcony do CO_2 . Waga metanu jako gazu cieplarnianego, pomimo jego znacznie mniejszej ilości w atmosferze w stosunku do CO_2 , wynika głównie z faktu, iż szacowany potencjał globalnego ocieplenia (GWP) przypadający na cząsteczkę CH_4 jest o 25 razy większy od dwutlenku węgla, a czas jego przebywania w atmosferze wynosi 12 lat [5, 16].

Zgodnie z Krajowym Raportem Inwentaryzacyjny z 2016 udział metanu w całkowitej krajowej emisji gazów cieplarnianych w roku 2014 wyniósł 10,9% [6]. Trzy z głównych źródeł emisji metanu występują w kategoriach: Emisja lotna z paliw, Rolnictwo oraz Odpady. Ich udziały w krajowej emisji metanu w roku 2014 wynoszą odpowiednio 34,6%, 33,7% i 22,6% [6]. Na rysunku 1 przedstawione zostały źródła emisji metanu składające się na wymienione powyżej kategorie. Na pierwszą z wymienionych kategorii składa się emisja z kopalń podziemnych (ok. 28,8% całkowitej

emisji CH₄) oraz emisja z wydobycia, przerobu i dystrybucji ropy naftowej i gazu (łącznie ok. 5,8% emisji). Emisja z kategorii fermentacja wewnętrzna była dominującym źródłem emisji w kategorii rolnictwa z udziałem ok. 29,7% w emisji metanu w roku 2014. Emisja ze składowisk odpadów stanowiła ok. 20,7% krajowej emisji metanu, natomiast emisja z gospodarki ściekami wyniosła 1,8%.



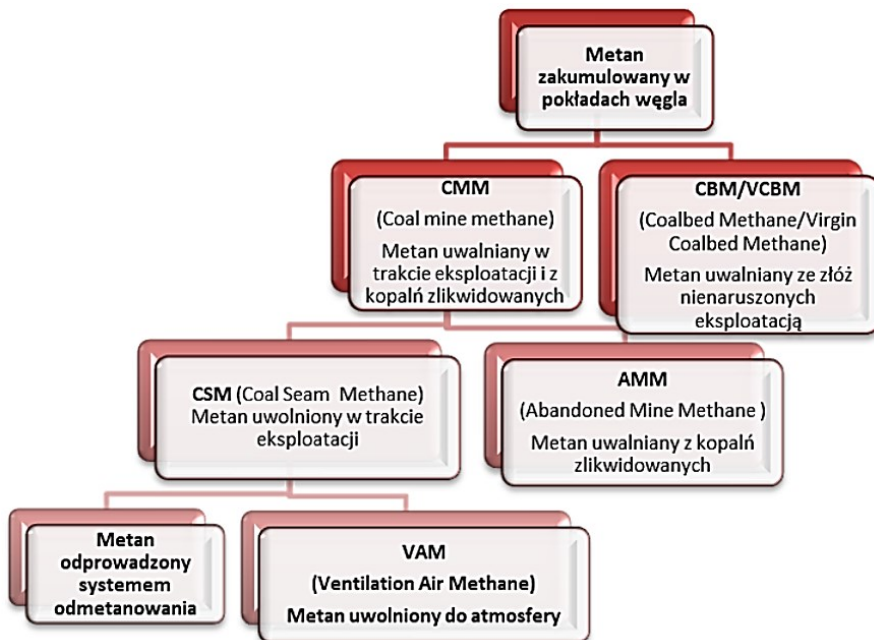
Rys. 1 Struktura emisji metanu w Polsce za rok 2014

Źródło: [6]

Biorąc pod uwagę rozliczne źródła emisji metanu, oszacowanie jego ilości z poszczególnych źródeł obarczone jest bardzo dużą niepewnością, co z kolei utrudnia dokładne prognozowanie zmian klimatycznych. Aby rzetelnie przewidzieć zmiany klimatu i pomagać w egzekwowaniu konwencji politycznych w zakresie unikania emisji gazów cieplarnianych, konieczna jest odpowiednia wiedza na temat źródeł i pochłaniania gazów cieplarnianych [1]. Z uwagi na wagę kwestii nasze aktualne rozumienie źródeł i procesów towarzyszących przedostawaniu się metanu do atmosfery jest nadal niewystarczające [5, 16]. Na przykład niepewność w zakresie emisji paliw kopalnych wzrosła w ciągu ostatnich 50 lat głównie z uwagi na mało precyzyjne i niespójne krajowe raporty i inwentaryzacje energetyczne [5]. Polska obok Chin, USA, Ukrainy, Rosji i Australii należy, z udziałem około 2,7%, do największych emitentów metanu w sektorze górnictwa węglowego, który w 2010 roku był odpowiedzialny za około 8% światowej antropogenicznej produkcji metanu [16]. Celem niniejszego artykułu jest określenie przyczyn wydzielania się metanu z pokładów węgla kamiennego, a także zobrazowanie jego uwalniania się z szybów wentylacyjnych na przykładzie kopalni składającej się z trzech ruchów.

ŹRÓDŁA EMISJI I UJMOWANIA METANU Z KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO

Węgiel powstawał w karbonie ze szczątków roślinnych, które przy braku tlenu uległy uwęgleniu [13]. Procesowi temu towarzyszyło wydzielanie metanu, który może występować w pokładach węgla w stanie wolnym lub zasorbowanym. W swojej naturalnej postaci, tj. w pokładzie, węgiel zawiera znaczne ilości zaadsorbowanego metanu, który łatwo ulega z niego dyfuzji podczas wydobywania. W stanie wolnym występuje w szczelinach i spękaniach węgla oraz w jego makroporach. Z uwagi na znaczne głębokości zalegania złóż substancji roślinnej przenikanie metanu do atmosfery było utrudnione. Możliwość migracji uzależniona była od przepuszczalności tworzącego się złoża. Bardzo rozbudowana struktura porowata węgla i wynikające z niej zdolności sorpcyjne, w szczególności gazów, mają olbrzymie znaczenie podczas wydobywania i przeróbki węgla. Różnorodny skład i budowa skał mają wpływ na zmienność występowania metanu w złożach węgla kamiennego. W obszarach zaburzeń tektonicznych mogą występować odprężone strefy o podwyższonej przepuszczalności i szczelinowatości, z których wydzielanie metanu będzie bardzo intensywne. Obecność w pokładach metanu, stwarza duże problemy podczas eksploatacji, gdyż może prowadzić do zagrożenia, a w konsekwencji do wybuchów i nagłych wyrzutów skał. Z tego właśnie powodu istotne jest dokładne określenie ilości wydzielającego się metanu, gdyż wiedza ta pozwala zapewnić odpowiednie warunki wentylacyjne w kopalni.



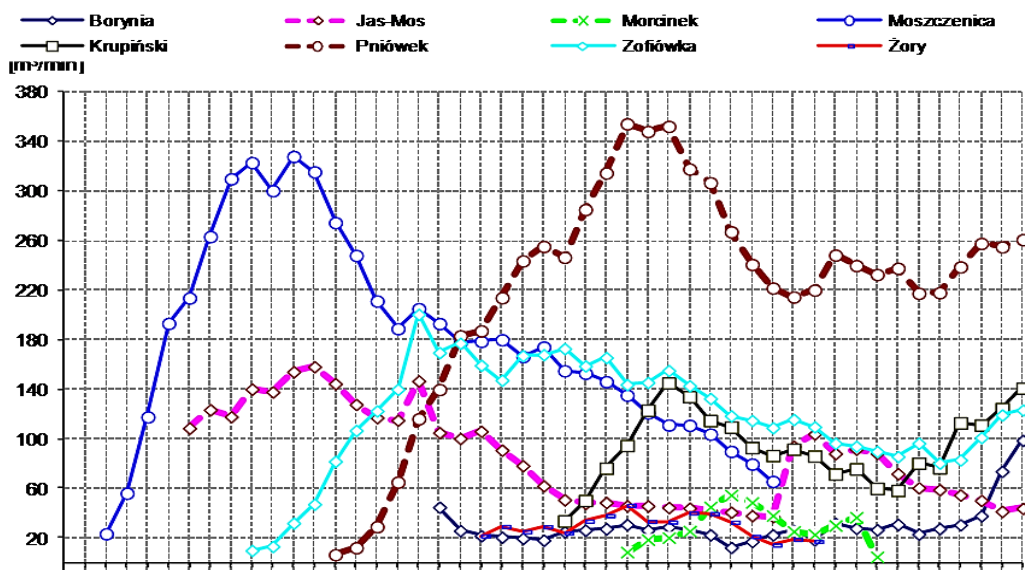
Rys. 2 Schemat możliwych źródeł emisji i sposobów pozyskiwania metanu zakumulowanego w pokładach węgla

Właściwości gazu są zależne od złoża, sposobu jego pozyskania oraz zmieniają się w miarę upływu czasu i warunków jego eksploatacji. Na rysunku 2 przedstawiono schemat, możliwych źródeł emisji i sposobów pozyskiwania metanu zakumulowanego w pokładach węgla.

Najpowszechniej stosowana metoda pozyskiwania metanu polega na ujmowaniu go w trakcie bieżącej eksploatacji węgla (CSM), z kopalni, w których zaprzestano wydobywania (AMM) i z pokładów nienaruszonych eksploatacją (CBM/VCBM).

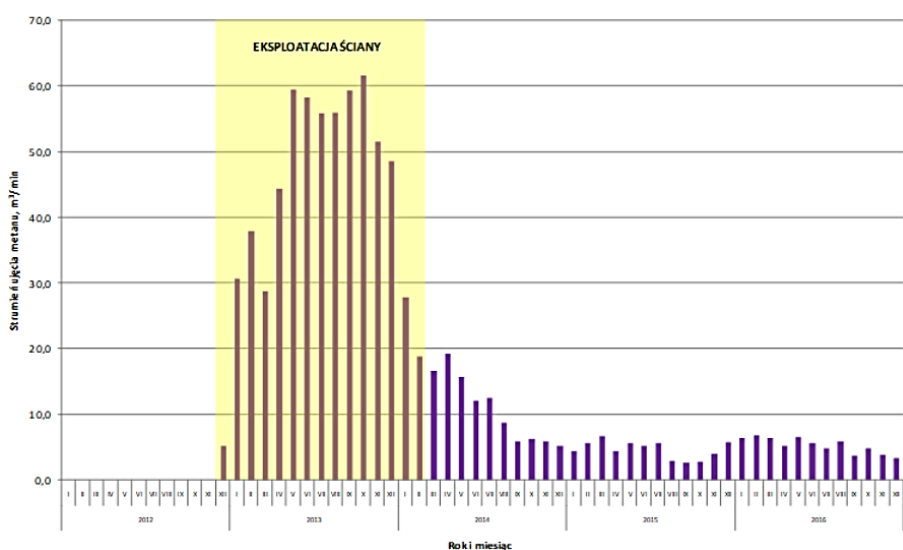
Określenie CMM (Coal Mine Methane) stosowane bywa jako ogólnie związane z odzyskiwaniem metanu z kopalni czynnych i zlikwidowanych, z podziałem na metan ujmowany w kopalniach czynnych (CSM) oraz ten z kopalni zlikwidowanych, tj. AMM [13].

Na rysunku 3 przedstawiono zmienność wydzielania metanu w czasie istnienia wybranych kilku kopalń. Porównując wykresy widać wyraźnie, że charakter zmian wydzielania metanu zachowuje się podobnie w poszczególnych kopalniach na przestrzeni lat, różna jest tylko intensywność jego wydzielania. Dobrze obrazuje to przykład zlikwidowanej kopalni Moszczenica i czynnej dalej kopalni Pniówek. W momencie rozpoczęcia eksploatacji i odprężenia górotworu nastąpił gwałtowny wzrost emisji metanu, a w miarę kończenia eksploatacji emisja powoli zanikała, jak miało to miejsce w przypadku Moszczenicy. W kopalni Pniówek po spadku nastąpił ponowny wzrost emisji metanu, co spowodowane było otwarciem nowego złoża. Zakończenie eksploatacji prowadzi do wyrównania ciśnień w górotworze, co objawia się zwiększeniem naprężeń i zmniejszeniem jego przepuszczalności, a w konsekwencji zaniku emisji metanu w czasie.



Rys. 3 Przebieg zmian emisji metanu w okresie istnienia wybranych kopalń

Potwierdzeniem powyższego może być przedstawione na rysunku 4 zmiany ilości ujmowanego metanu systemem odmetanowania przykładowej ściany w czasie eksploatacji i po jej zakończeniu. Odprężenie górotworu spowodowane prowadzoną eksploatacją spowodowało nagły wzrost wydzielania metanu, który to po zakończeniu eksploatacji wyraźnie zmalał. Biorąc pod uwagę powyższe z dużym prawdopodobieństwem można uznać, że pozyskiwanie metanu z pokładów zlikwidowanych kopalń (AMM) jest wysoce nieefektywne. Z punktu widzenia ochrony powietrza atmosferycznego przed zwiększoną emisją metanu najbardziej interesujące wydaje się być pozyskiwanie metanu z czynnych kopalń, czyli podczas prowadzenia eksploatacji (CSM). Metan ujmowany jest w skutek odmetanowania, prowadzonego ze względów bezpieczeństwa, ale jest także bezpośrednio emitowany do atmosfery (VAM) poprzez szyby wentylacyjne.

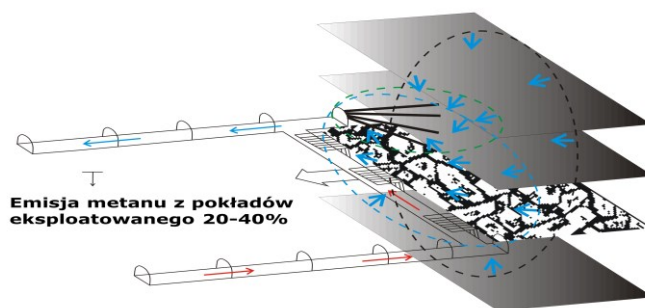


Rys. 4 Strumień ujętego metanu systemem odmetanowania w czasie eksploatacji i po jej zakończeniu na wybranym przykładzie

Proces wydzielania gazu ze złoża do wyrobiska ścianowego rozpoczyna się w chwili odprężenia skał. Wydzielanie gazu ze złoża ma miejsce przede wszystkim z pokładów węgla i trwa tak długo jak długo obszar górotworu jest odprężony eksploatacją. W związku faktem, iż w polskim górnictwie prowadzi się eksploatację wielopokładową ilość emitowanego metanu może następować z warstw sąsiednich, znajdujących się w zasięgu strefy odprężenia [13]. Na rysunku 5 zobrazowano kierunki przepływu metanu z warstw sąsiadujących. Ocenia się [13], że emisja metanu jest największa (około 50-60%) z warstw nadległych, 10-20% z warstw podległych, a z eksploatowanego pokładu wynosi jedynie 20-40%. Należy zaznaczyć, że wartości te mogą być zmienne w zależności od budowy geologicznej eksploatowanego pokładu,

a także warstw sąsiadujących i stopnia ich odgazowania wywołanego wcześniej prowadzoną eksploatacją. Dlatego bardzo istotne jest, aby przed rozpoczęciem eksploatacji dokładnie określić strefę desorpcji wywołanej eksploatacją.

Występujący w pokładach węgla metan wpływa niekorzystnie na stan bezpieczeństwa w podziemnych zakładach górniczych z uwagi na jego uwalnianie podczas prowadzonych robót górniczych. Ponieważ metan jest gazem palnym i wybuchowym, zawsze stanowił i stanowi poważne zagrożenie w kopalniach węgla kamiennego. Prowadzenie eksploatacji na coraz większych głębokościach powoduje wzrost poziomu współwystępujących ze sobą zagrożeń naturalnych (metanowego, pożarowego, tąpnięć, wyrzutowego), których wzajemne oddziaływanie ma charakter kumulacyjny. Wzajemne wpływy różnych uwarunkowań górniczo-geologicznych, warunki przewietrzania, a także współwystępowanie innych zagrożeń potęgują wzrost zagrożenia metanowego [14, 11, 12]. W najbliższych latach w polskich kopalniach należy spodziewać się występowania zagrożenia metanowego na podobnym poziomie. Spowoduje to, że będzie ono nadal dominującym w naszych kopalniach. Bezpieczna eksploatacja będzie, więc zapewniona tylko przy odpowiednio dobranej profilaktyce metanowej.



Rys. 5 Kierunki dopływu metanu z warstw nadległych i podległych eksploatowanego pokładu

Ograniczenie wpływu metanu do przestrzeni wyrobisk górniczych, w celu niedopuszczenia do przekroczenia dopuszczalnych przepisami górniczymi stężeń metanu w powietrzu przepływającym przez wyrobiska narzuca stosowanie środków zapobiegających powstaniu zagrożenia w postaci odpowiednio zaprojektowanego dla danej ściany eksploatacyjnej systemu wentylacji (metoda I) i odmetanowania (metoda II). Metoda pierwsza polega na doprowadzeniu do każdego wyrobiska kopalni takiego strumienia powietrza, który zagwarantuje odpowiednie wartości stężenia metanu w powietrzu kopalnianym. Przy wydzielaniu metanu do ściany w ilości poniżej 10 m³/min system wentylacyjny jest w zupełności wystarczający. Nie zawsze jednak doprowadzenie odpowiedniego strumienia powietrza do wyrobiska gwaran-

tuje zlikwidowanie czy ograniczenie zagrożenia metanowego. Dlatego stosuje się drugą metodę, a mianowicie odmetanowanie. Obie te metody są nierozzerwalne i zależne od siebie. Odmetanowanie realizowane może być zarówno jako wyprzedzające, czyli przed rozpoczęciem eksploatacji w górotworze lub polu eksploatacyjnym, oraz w trakcie prowadzenia robót (w wyrobiskach korytarzowych, eksploatacyjnych, zrobach) [2, 3, 8, 9, 15].

W polskich kopalniach węgla kamiennego odmetanowanie wyprzedzające (CBM/VCBM), czyli prowadzone ze złóż nienaruszonych eksploatacją praktycznie nie jest prowadzone, głównie z uwagi na niską przepuszczalność węgla powodującą, że skuteczność tej metody jest zbyt niska. Wydatek uwalnianego metanu jest zaś ściśle związany z zakresem prowadzonych robót górniczych tak udostępniających, jak i właściwej eksploatacji pokładów węgla, stąd też ogranicza się emisje metanu (prowadzi odmetanowanie) ze złóż naruszonych eksploatacją (CSM) [2, 7]. W dotychczas stosowanej technologii wyróżnia się dwa sposoby odmetanowania w trakcie eksploatacji. Pierwszy z nich związany jest z wierceniem otworów z chodników wentylacyjnych do strefy odprężonej w stropie lub spągu pokładu eksploatowanego. Jest to podstawowy rodzaj odmetanowania stosowany w polskim górnictwie, przy czym zarówno miejsce wykonywania otworów, jak również ich parametry uzależnione są od systemu eksploatacji i sposobu przewietrzania ściany. Drugi sposób związany jest z wykonywaniem chodników drenażowych w pokładach znajdujących się nad lub pod eksploatowanym pokładem [13]. Metan ujęty poprzez system odmetanowania odprowadzany jest rurociągami na powierzchnię i wykorzystywany jest do celów gospodarczych przy wytwarzaniu energii elektrycznej lub ciepłej, albo wypuszczany jest do atmosfery. Największa ilość metanu, bo aż 55,97% pozyskiwana jest na drodze odmetanowania wyrobisk eksploatacyjnych. 42,23% procent pochodzi z odmetanowania zrobów, a jedynie 1,8% z wyrobisk korytarzowych [13].

Metan w czynnych kopalniach węgla kamiennego jest pozyskiwany z odmetanowania prowadzonego w związku z obowiązkami wynikającymi z przepisów BHP. Z tego powodu stosowane technologie powodują, że metan w trakcie robót górniczych odprowadzany jest w około 30% poprzez odmetanowanie, a aż w 70% na drodze wentylacyjnej (VAM – metan uwolniony do atmosfery). Z uwagi na właściwości metanu, jako gazu cieplarnianego, o czym było już pisane na wstępie, istotne jest z punktu widzenia ochrony atmosfery, zmniejszenie jego emisji.

STAN EMISJI METANU Z KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO

W 2016 roku w Polsce wydobyte roczne z pokładów metanowych wynosiło 70,4 mln Mg. Z górotworu objętego wpływami eksploatacji wydzielilo się 933,8 mln m³ metanu, co stanowi średnie wydzielanie 1771,7 m³CH₄/min [4, 17]. Średnia metanowość wentylacyjna wynosiła natomiast 1122,65 m³CH₄/min.

W tabeli 1 przedstawiono kształtowanie się metanowości bezwzględnej w polskim górnictwie węgla kamiennego w latach 2011-2016, oraz ilość metanu ujętego systemem odmetanowania i zagospodarowanego, a także wydobyte i metanowość wyrażoną na megagram wydobywania [17]. Na uwagę zasługuje fakt, iż w ostatnich czterech latach efektywność zagospodarowania ujętego na drodze odmetanowania gazu spadła o 10,8%, pomimo wzrostu efektywności odmetanowania o 4,0% (tab. 1). Niezagospodarowany metan jest więc uwalniany do atmosfery za pośrednictwem szybów wentylacyjnych. Stąd też w ostatnich czterech latach nastąpił wzrost ilości uwalnianego do atmosfery metanu o prawie 78,7 mln m³ (tab. 1). Niepokojący spadek gospodarczego wykorzystania metanu może świadczyć o problemach z infrastrukturą kopalnianą i brakiem należytego dofinansowania nowych technologii odmetanowania.

Tabela 1 Zestawienie metanowości bezwzględnej, wentylacyjnej i wykorzystania metanu za ostatnie 5 lat

Wyszczególnienie	ROK					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Metanowość bezwzględna, mln m ³ CH ₄ /rok	828,8	828,2	847,8	891,1	933,0	933,8
Metanowość wentylacyjna, mln m ³ /rok	578,6	561,5	581,7	570,1	594,0	591,7
Ilość ujętego metanu, mln m ³ CH ₄ /rok	250,2	266,7	276,6	321,0	339,0	342,1
Efektywność odmetanowania, %	30,2	32,2	32,6	36,0	36,3	36,6
Ilość zagospodarowanego metanu, mln m ³ CH ₄ /rok	166,3	178,6	187,7	211,4	197,1	195,0
Emisja metanu do atmosfery, mln m ³ /rok	662,5	649,6	660,1	679,7	735,9	738,8
Efektywność zagospodarowania ujętego metanu %	66,5	67,0	67,8	65,8	58,1	57,0
Wydobycie węgla kamiennego, mln Mg	75,5	79,2	76,5	72,5	72,2	70,4
Metanowość względna, m ³ CH ₄ /Mg	11,0	10,5	11,1	12,3	12,9	13,3

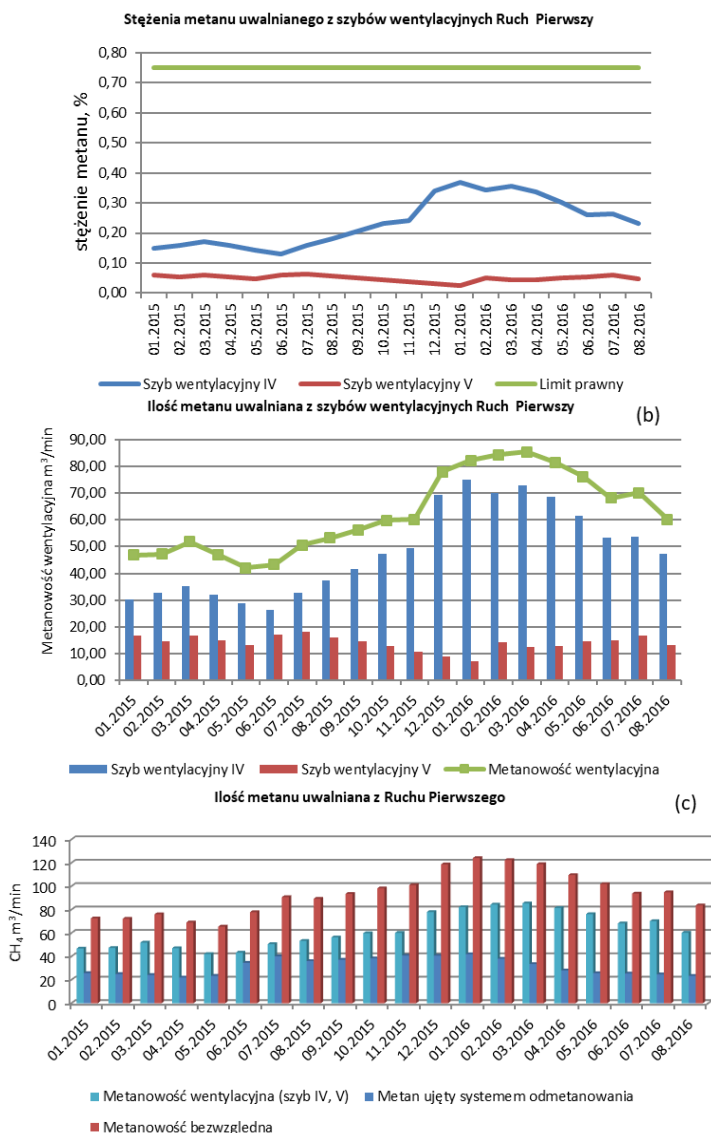
Źródło: [4, 17]

EMISJA METANU Z SZYBÓW WENTYLACYJNYCH TRZECH RUCHÓW KOPALNI ZESPOLONEJ

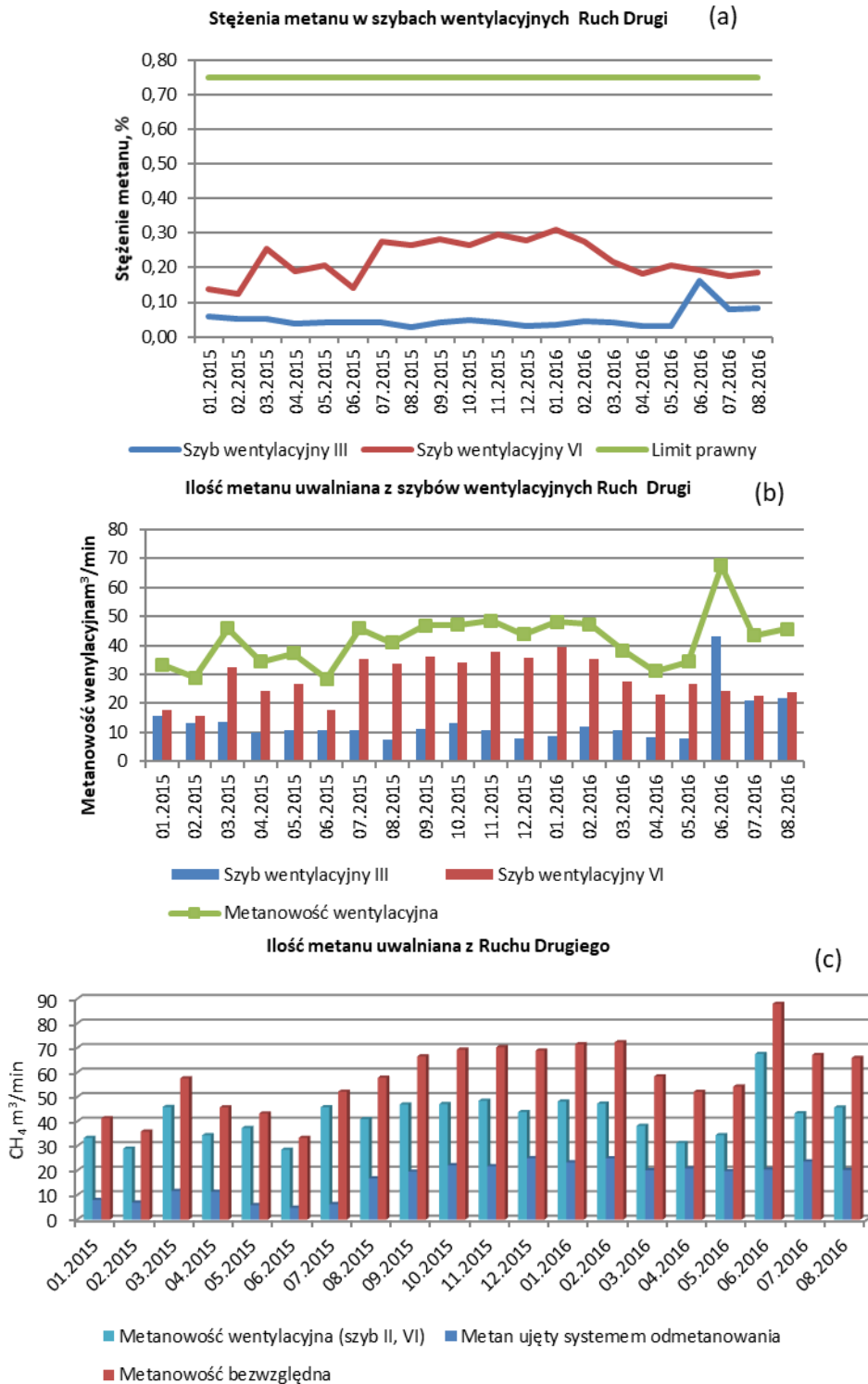
Z uwagi na wzrost ogólnej emisji metanu do atmosfery analizie poddano trzy ruchy tworzące kopalnię zespoloną. Analiza wyników obejmowała okres od stycznia 2015 do sierpnia 2016. Wykonano pomiary stężenia metanu około 10 m poniżej wylotu z szybów wentylacyjnych w poszczególnych ruchach (tab. 2), a następnie biorąc pod uwagę strumienie objętościowe powietrza (tab. 2) dokonano przeliczenia ich na wydatki. Jednocześnie dla każdego ruchu określono ilości metanu ujętego systemem odmetanowania, a także wyznaczono metanowość bezwzględną. Wyniki przedstawiono w formie graficznej na rysunkach 6, 7 i 8.

Tabela 2 Zestawienie szybów wentylacyjnych wybranych do pomiarów i wydatków objętościowych powietrza

Nazwa kopalni	Nr szybu wentylacyjnego	Wydatek objętościowy powietrza, m ³ /min
Ruch Pierwszy	Szyb wentylacyjny IV	20401,00
	Szyb wentylacyjny V	28076,00
Ruch Drugi	Szyb wentylacyjny VI	12759,00
	Szyb wentylacyjny III	26332,00
Ruch Trzeci	Szyb wentylacyjny VI	11758,00
	Szyb wentylacyjny IV	15169,00



Rys. 6 Zestawienie stężeń metanu (a), jego wydatku (b) w szybach wentylacyjnych, a także zestawienie metanowości (c) Ruchu Pierwszego za badany okres



Rys. 7 Zestawienie stężeń metanu (a), jego wydatku (b) w szymbach wentylacyjnych, a także zestawienie metanowości (c) Ruchu Drugiego za badany okres



Rys. 8 Zestawienie stężeń metanu (a), jego wydatku (b) w szybach wentylacyjnych, a także zestawienie metanowości (c) Ruchu Trzeciego za badany okres

Analizując przedstawione na wykresach 6c, 7c i 8c wyniki wyraźnie widać, że największa metanowość bezwzględna została zanotowana dla Ruchu Pierwszego i w okresie od grudnia 2015 do kwietnia 2016 była bliska $120 \text{ m}^3/\text{min}$ (rys. 6c). W przypadku Ruchu Drugiego maksymalna metanowość bezwzględna przypadła na czerwiec 2016 roku i wynosiła prawie $85 \text{ m}^3/\text{min}$ (rys. 7c). Na uwagę zasługuje jednak fakt, że w tym czasie nastąpił gwałtowny wzrost ilości metanu odprowadzanego na drodze wentylacyjnej z szybu III kopalni (rys. 7b i 7c). Prawdopodobnie było to spowodowane otwarciem nowego obszaru wydobywczego, który był przewietrzany za pośrednictwem wspomnianego szybu. Zdecydowanie najmniejsze wartości metanowości bezwzględnej zanotowano dla Ruchu Trzeciego i dochodziły one do lub nieco powyżej $40 \text{ m}^3/\text{min}$ (rys. 8c). Istotne jest jednak to, że w całym badanym okresie czasu w tej kopalni ilości metanu ujęte systemem odmetanowania, jak i uwalniane do atmosfery, były na zbliżonym poziomie. W pozostałych dwóch kopalniach metan odprowadzany na drodze wentylacyjnej znacznie przekraczał jego ilości ujęte systemem odmetanowania.

Przedstawione na wykresach wyniki obrazują ilości odprowadzanego na drodze wentylacyjnej metanu z dwóch szybów wentylacyjnych dla każdej kopalni (rys. 6b, 7b, 8b). Ilości te różnią się dla każdego z szybów, co jest wynikiem prowadzenia eksploatacji w różnych rejonach wydobywczych i przewietrzania wyrobisk górniczych innymi szybami, przy innych wartościach wydatków powietrza. I tak, w przypadku Ruchu Pierwszego znacznie większe ilości metanu odprowadzane były za pośrednictwem szybu IV (rys. 6 b). Należy jednak mieć na uwadze, że w szybie tym wydatek powietrza jest o prawie $7600 \text{ m}^3/\text{min}$ mniejszy niż w szybie V (tab. 33.6), co powoduje mniejsze rozrzedzenie metanu. Sumaryczna metanowość wentylacyjna nie przekracza $90 \text{ m}^3/\text{min}$. W przypadku Ruchu Drugiego sytuacja jest analogiczna (rys. 7b). Większość metanu odprowadzana jest szybem o mniejszym wydatku powietrza (szyb VI). Analizując jednak przebieg zmienności metanowości wentylacyjnej, widać, że w czerwcu 2016 roku nastąpił gwałtowny wzrost emisji metanu z szybu III, w którym notowany jest ponad dwukrotnie większy wydatek powietrza, niż w szybie VI. Od tego momentu ilości metanu odprowadzane oboma szybami były porównywalne (lipiec i sierpień 2016). Tego typu sytuacja była prawdopodobnie wywołana otwarciem nowego pola eksploatacyjnego, a co za tym idzie odprężeniem górotworu i znaczną emisją metanu. Metanowość wentylacyjna dla tej kopalni w całym okresie trwania badań, za wyjątkiem czerwca 2016 (prawie $70 \text{ m}^3/\text{min}$) nie przekracza $50 \text{ m}^3/\text{min}$. W przypadku kopalni Jastrzębie, podobnie jak w pozostałych dwóch więcej metanu odprowadzane jest szybem o mniejszym wydatku powietrza (szyb VI), a metanowość wentylacyjna nie przekracza $25 \text{ m}^3/\text{min}$ (rys. 8b). Ruch Trzeci jest w stanie likwidacji, stąd też prowadzi on działania polegające na utrzymywaniu wyrobisk, poprzez ich aktywne przewietrzanie i prowadzenie odmetanowania, w celu nie do-

puszczenia do przekroczenia dopuszczalnych przepisami górnictwymi stężeń metanu w powietrzu.

Z punktu widzenia ochrony powietrza atmosferycznego istotne znaczenie mają stężenia metanu w szybach wentylacyjnych. Na rysunkach 6a, 7a i 8a przedstawione zostały zmiany stężeń metanu w szybach wentylacyjnych poszczególnych ruchów. Dodatkowo na wykresach zaznaczono stałą linią dopuszczalne w szybach wentylacyjnych stężenie metanu, na poziomie 0,75% [10]. Analiza przebiegu zmian wyraźnie pokazuje, że w żadnym z poddanych analizie sztybów wentylacyjnych nie zanotowano przekroczeń dopuszczalnych stężeń. Dodatkowo w żadnym sztybie stężenie metanu nie przekraczało 0,5%. Tak niskie wartości w sztybach wentylacyjnych stawiają pod znakiem zapytania sensowność stosowania technologii pozyskiwania metanu z sztybów wentylacyjnych, gdyż ich zastosowanie ma sens przy stężeniu metanu powyżej 0,5%, ale najlepsza efektywność uzyskuje się przy około 1% [13].

PODSUMOWANIE

Metan jest gazem cieplarnianym, którego zdolność do pochłaniania promieniowania podczerwonego jest 25 razy większa niż dwutlenku węgla. Stanowi on poważne zagrożenie w kontekście zmian klimatycznych. Jednocześnie występujący w pokładach węgla wpływa niekorzystnie na stan bezpieczeństwa w podziemnych zakładach górnictwowych, z uwagi na jego uwalnianie podczas prowadzonych robót górnictwowych. Istotne z punktu widzenia ochrony atmosfery, ale również zapewnienia bezpieczeństwa pracy w podziemnych zakładach górnictwowych jest ograniczenie jego emisji. Można tego dokonać poprzez prowadzenie aktywnego odmetanowania, a także racjonalnego zagospodarowania ujętego metanu. Przedstawione w artykule dane wyraźnie wskazują, iż ostatnich trzech latach racjonalne wykorzystanie metanu pochodzącego z odmetanowania spadło prawie o 10%. Kopalnie borykają się z problemami infrastrukturalnymi w wyniku czego nie są w stanie w pełni wykorzystać ujęty metan. Powoduje to, że do atmosfery wraz z powietrzem wentylacyjnym przedostają się większe jego ilości. W ostatnich trzech latach ilość metanu uwalniana do atmosfery wzrosła o 76 mln m³. Dane te są niepokojące, głównie z uwagi na fakt, iż, co pokazano w artykule, stężenia metanu w sztybach wentylacyjnych nie przekraczają 0,5%. Jest to spowodowane dużymi wydatkami przepływającego przez sztyby powietrza, w wyniku czego metan ten jest rozrzedzony. To z kolei powoduje trudności z zastosowaniem technologii pozyskiwania metanu z powietrza wentylacyjnego. Z tego też powodu uzasadnione wydaje się być dążenie do zwiększenia efektywności odmetanowania, poprzez poszukiwanie nowych i ulepszanie już istniejących technologii.

Artykuł wykonano w ramach prac statutowych nr 11.100.005

LITERATURA

1. Ballantyne, A. P., Andres, R., Houghton, R., Stocker, B. D., Wanninkhof, R., Anderegg, W., Cooper, L. A., DeGrandpre, M., Tans, P. P., Miller, J. B., Alden, C., and White, J. W. C., 2015: Audit of the global carbon budget: estimate errors and their impact on uptake uncertainty, *Biogeosciences*, 12, s.2565-2584
2. Berger J., Markiewicz J., Dołęga T. 2010: Influence of Distance of Exploitation Front from Drainage Boreholes on their Efficiency with Use the U Ventilation System. *Archives of Mining Sciences*, Vol. 55, No 3, s. 561-571, Kraków
3. Filipecki J., Janowicz E., Malina Z. 2006: Efektywne metody odmetanowania górotworu w warunkach KWK „Brzeszcze-Silesia” Ruch I „Brzeszcze”. Szkoła Aerologii Górniczej, Kraków
4. Główny Instytut Górnictwa 2004-2013: Raporty roczne o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego, 2003-2012. Katowice
5. IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, 1535, USA .
6. Krajowy raport inwentaryzacyjny 2016: „Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988-2014” Raport syntetyczny, IOŚ-PIB, Raport wykonany na potrzeby Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu oraz Protokołu z Kioto, Warszawa, maj 2016
7. Krause E., Łukowicz K. 2004: Odmetanowanie w polskich kopalniach węgla kamiennego osiągnięcia i perspektywy. XI Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna Tapania 2004 nt. Nowe rozwiązania w zakresie profilaktyki tapaniowej i metanowej”, 8–10.11.2004, Ustroń
8. Roszkowski J., Szlązak N., Szlązak J. 1997a: Odmetanowanie jako środek zwalczania zagrożeń oraz sposób pozyskiwania paliwa. Materiały Konferencyjne Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk 24-28 luty 1997, ISBN: 83-86286-38-5
9. Roszkowski J., Szlązak N., Szlązak J. 1997b: Odmetanowanie jako środek zwalczania zagrożenia wybuchami oraz sposób pozyskiwania i wykorzystania etanu w kopalniach węgla kamiennego. *Wiadomości Górnicze* 10/1997, s. 436-444, ISSN 0043-5120,
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 czerwca 2016 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz. U. 2016 poz.949)
11. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D., 2008a: Kierunki zmian w systemach przewietrzania ścian eksploatacyjnych z uwagi na zwalczanie zagrożeń wentylacyjnych. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, tom 24, z. 1/2, Kraków
12. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D., Swolkień J., Korzec M. 2008b: Metoda oznaczania metanonośności w pokładach węgla kamiennego. Wydawnictwa AGH, Kraków 2011
13. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D., Swolkień J., Korzec M. 2015: Odmetanowanie górotworu w kopalniach węgla kamiennego Wydawnictwa AGH, Kraków
14. Szlązak N., Tor A., Jakubów A. 2002: Analiza ujęcia i wykorzystania metanu w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S. A. Materiały 2 Szkoły Aerologii Górniczej: Zako-pane, 07–11 październik 2002, Kraków: SAG KG PAN, s. 339–355,
15. Tor A., Jakubów A., Araszczuk D. 2012: Działania podejmowane w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. mające na celu zwiększenie efektywności odmetanowania. Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2012, Materiały Konferencyjne

16. United States Environmental Protection Agency 2006: Global Anthropogenic Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions: 1990-2020. Office of Atmospheric Programs Climate Change Division, Washington, June 2006
17. WUG 2017: Ocena stanu bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górniczo-geologiczną w 2016 roku, WUG Katowice 2017

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2018

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2018

WPŁYW EMISJI METANU USUWANEGO Z KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO ZA POŚREDNICTWEM SZYBÓW WENTYLACYJNYCH NA STAN POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO

Streszczenie: *Metan CH_4 jest gazem, który pierwotnie powstaje w skutek beztlenowego rozkładu materii organicznej w układach biologicznych, jak również ze źródeł antropogenicznych. W 2014 roku emisja metanu wynosiła 41,33 miliony ton ekwiwalentu CO_2 i w porównaniu do roku bazowego (1988) była mniejsza o 46,1%. Jednocześnie metan, podobnie jak CO_2 , został uznany przez Międzynarodowy Panel do Spraw Zmian Klimatu (IPCC) jako gaz cieplarniany, czyli substancję pochłaniającą promieniowanie podczerwone, a co za tym idzie przyczyniającą się do globalnego ocieplenia. Zgodnie z IPCC stężenie metanu w atmosferze przez ostatnie 250 lat wzrosło o około 162 %, a obecnie połowa jego bieżącego strumienia emitowana do atmosfery pochodzi ze źródeł antropogenicznych, czyli tych na które największy wpływ ma działalność człowieka. Jednym z głównych źródeł wydzielania się metanu do atmosfery jest górnictwo. Polska obok Chin, USA, Ukrainy, Rosji i Australii należy, z udziałem około 2,7%, do największych emiterów metanu w sektorze górnictwa węglowego, który w 2010 roku był odpowiedzialny za około 8% światowej antropogenicznej produkcji metanu. Zarządcy kopalń zobligowani są do ujmowania metanu w celu zapewnienia bezpiecznych warunków pracy załóg górniczych. Ujęty metan może zostać zagospodarowany lub wypuszczany do atmosfery (VAM). Biorąc jednak pod uwagę rozliczne źródła emisji metanu, oszacowanie jego ilości z poszczególnych źródeł obarczone jest bardzo dużą niepewnością, co z kolei utrudnia dokładne prognozowanie zmian klimatycznych. Aby rzetelnie przewidzieć zmiany klimatu i pomagać w egzekwowaniu konwencji politycznych w zakresie unikania emisji gazów cieplarnianych, konieczna jest odpowiednia wiedza na temat źródeł i pochłaniania gazów cieplarnianych. Z uwagi na wagę kwestii nasze aktualne rozumienie źródeł i procesów towarzyszących przedostawaniu się metanu do atmosfery jest nadal niewystarczające. Celem niniejszego artykułu jest określenie przyczyn wydzielania się metanu z pokładów węgla kamiennego, a także zobrazowanie jego uwalniania się z szybów wentylacyjnych na przykładzie kopalni składającej się z trzech ruchów.*

Słowa kluczowe: *zanieczyszczenie atmosfery, emisja metanu z szybów wentylacyjnych, efekt cieplarniany*

INFLUENCE OF THE EMISSION OF METHANE DISPOSED FROM VENTILATION SHAFTS OF HARD COAL MINES ON THE STATE OF ATMOSPHERIC AIR

Abstract: *Methane CH_4 is a gas that is primarily produced by the anaerobic decomposition of organic matter in biological systems as well as from anthropogenic sources. In 2014, methane emissions were 41.33 million tonnes of CO_2 equivalent and 46.1% less than the baseline year. At the same time, methane, like CO_2 , has been recognized by the International Panel on Climate Change as a greenhouse gas, a substance that absorbs infrared radiation, and thus contributes to global warming. According to the IPCC, methane concentration in the atmosphere has increased by approximately 162% over the past 250 years, and now half of its current stream emitted into the atmosphere comes from anthropogenic sources, the ones most affected by human activity. One of the main sources of methane release into the atmosphere is mining. Poland, along with China, the United States, Ukraine, Russia and Australia, accounts for about 2.7% of the world's largest methane emitters in the coal mining sector, which accounts for around 8% of global anthropogenic methane production in 2010. Mining managers are obliged to capture methane in order to ensure safe working conditions for mining crews. The captured methane can be disposed of or released into the atmosphere (VAM). However, taking into account many*

sources of methane emissions, estimating its amount from individual sources is burdened with very high uncertainty, which in turn hampers accurate forecasting of climate change. In order to accurately predict climate change and help to enforce policy conventions for avoiding greenhouse gas emissions, adequate knowledge of the sources and absorption of greenhouse gases is needed. Due to the importance of the issue, our current understanding of the sources and processes accompanying the leakage of methane into the atmosphere is still insufficient. The purpose of this article is to determine the reasons for methane release from hard coal seams, as well as to illustrate the release from ventilation shafts on the example of a mine consisting of three works.

Key words: *methane emission from ventilation shafts, anthropogenic air pollution, ventilation air methane*

Justyna Swolkień

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
e-mail: swolkien@agh.edu.pl