ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2004
Seria: GÓRNICTWO z. 261 Nr kol. 1650

Józef SUŁKOWSKI, Paweł WRONA
Politechnika Śląska, Gliwice

EMISJA DWUTLENKU WĘGLA W OKRESACH ZNIŻEK BARYCZNYCH NA TERENIE ZLIKWIDOWANEJ KOPALNI „ZABRZE"

Streszczenie. W artykule przedstawiono wybrane wyniki pomiarów gazów kopalnianych, wypływających przez zlikwidowane szyby i sztolnie na obszarze pogórniczym zlikwidowanej kopalni „Zabrze". Kopalnia „Königin Luise" czynna w latach 1791-1945, a następnie przemianowana na „Zabrze" eksploatowała pokłady węgla na stoku antykliny w rejonie ich wychodni na powierzchnię do 2000r. Przeprowadzone pomiary świadczą, że gazem mogącym stwarzać zagrożenie w obiektach przypowierzchniowych jest także dwutlenek węgla. Jego emisja zależy w dużym stopniu od występowania długotrwałych zniżkowych tendencji barycznych.

CO_2 EMISSION FROM ABANDONED „ZABRZE" COAL MINE DURING DROPS OF ATMOSPHERIC PRESSURE

Summary. Measured in abandoned „Zabrze" coal mine area, several results of coal gas emission flowing through closed down shafts and side drifts to the surface have been presented in this article. From 1791 to 1945 „Königin Luise" (from 1945 to 2000 – "Zabrze") coal mine was mining coal beds near outcrops located on the slope of the anticline. Conducted research proved that CO_2 is the gas which could create the hazard in near-surface constructions. CO_2 emission depends on long-term drops of atmospheric pressure.

1. Rys historii eksploatacji węgla kamiennego na obszarze Zabrza i Rudy Śląskiej

Historia eksploatacji węgla na obszarze Zabrza i Rudy Śląskiej sięga 1791 roku, kiedy powstała Kopalnia „Königin Luise" („Królowa Luiza"), przyszła „Zabrze" [5]. Wykonywano szereg szybów w najbliższych okolicach wychodni pokładów lub prowadzono wydobycie

odkrywkowe. Często szyby oddalone od siebie od kilkudziesięciu do paruset metrów łączono pod ziemią chodnikami lub przekopami. Znalezione pokłady rozcinano chodnikami na filary, które zwykle wybierano systemem zabierkowym. W 1838 roku podjęto decyzję o zejściu z eksploatacją poniżej poziomu głównej sztolni odwadniania, służącej do transportu węgla i odwadniania okolicznych kopalń [5], budując szyb wydobywczo – odwadniający „Dechen" o głębokości 73 m, czyli 35 m poniżej sztolni oraz w 1846 r. szyb wydobywczy „Maria"[5]. W latach pięćdziesiątych powstały kolejne szyby „Oeynhausen", „Skalley", „Krug" i „Carnall", czyli „Zabrze II", którego głębokość sięgnęła 200 m.

Z kolei Kopalnia „Bielschowitz" powstała w 1895 roku i do czasu wydzielenia się odrębnej Kopalni „Makoszowy" w 1928 r. obejmowała także obszar szybów „Delbruck". Podczas II wojny światowej na obszarze Kopalni „Bielszowice" stwierdzono duże zasoby węgla, podczas gdy zasoby „Królowej Luizy" były już na wyczerpaniu. Tuż po II wojnie światowej zmieniono nazwę „Królowa Luiza" na „Zabrze" oraz wydzielono dwa pola „Zabrze Wschód" i „Zabrze Zachód," bo również „Królowa Luiza" obejmowała dwie kopalnie. Zmienione zostało także nazewnictwo niektórych szybów (np. „Wilhelm" na „Wyzwolenie", czy „Hermann" na „Miarki" itd.). W 1953 r. podjęto decyzję o zamknięciu sztolni, która traciła na ważności od początku XX wieku. W 1956 r., po połączeniu obu pól powstała jedna Kopalnia „Zabrze", likwidując tym samym praktycznie całe Pole Zachód, a zachowując jedynie szyb „Carnall" o głębokości 503 m dla celów turystycznych. W 1967 r. zgłębiono szyb „Poręba V", a w 1973 r. szyb wentylacyjny „Pawłów Górny II"

W dniu 01.01.1976 połączono Kopalnie „Zabrze" i „Bielszowice" w „Zabrze-Bielszowice", tworząc Ruch I Poręba (była „Zabrze") i Ruch II (była „Bielszowice"). W 1997 r. Kopalnię „Zabrze-Bielszowice" przemianowano na „Bielszowice", bo z powodu wyczerpania złoża podjęto decyzję o likwidacji Ruchu I Poręba. W 1998 r. zakończono w nim wydobycie i ostatecznie zlikwidowano zakład 31.03.2000 r.

2. Warunki geologiczne obszaru górniczego zlikwidowanej Kopalni „Zabrze"

Na obszarze górniczym zlikwidowanej Kopalni „Zabrze" występuje kilkadziesiąt pokładów węgla o grubości od kilkudziesięciu cm do ponad 10 m. Warstwy orzeskie to pokłady 358/1, 364/1 i 364/3. Warstwy rudzkie reprezentują pokłady 401, 403/3, 403/4, 404/4, 405/1, 405/2, 405/3, 406/2, 406/3, 407/1, 407/3, 408, 410, 411/1, 411/2, 413/1, 413/2,

414/3, 414/1, 414/2, 414/3, 414/4, 416, 416/3, 417/1, 418. Warstwy siodłowe to pokłady 501, 502, 503, 504, 505/1, 506, 507, 509, 510. Pokłady 610, 613, 620, 621 i 625 klasyfikowane są jako warstwy porębskie, a pokłady 705 i 710 jako jaklowieckie [2].

Nadkład stanowią czwartorzęd o grubości 0,5-105m (gliny, iły, piaski z przerostami mułów i żwirów), trzeciorzęd - miocen o grubości 131 m, występujący raczej w części zachodniej i południowej (iły margliste z wkładkami margli, piasków, wapieni oraz gipsów, trias o grubości 45 m, występujący płatami w części południowej oraz jako iły i margle pstre, piaskowce i wapienie triasu środkowego) [2].

Obszar Zabrza i Rudy Śląskiej stanowi fragment Wyżyny Śląskiej a w aspekcie geologicznym obszar Niecki Głównej GZW. Spośród jednostek geologicznych można wyróżnić Wzgórze Zabrza (tzw. Kopuła Zabrza lub Antyklina Zabrza), Rów Kłodnicy i obszar Rudy Śląskiej o charakterze zrębowym, wykształcony w tym rejonie z utworów miękkich [2].

3. Zagrożenie gazami kopalnianymi wypływającymi z nieczynnej kopalni na powierzchnię

Problem migracji gazów kopalnianych na powierzchnię po zamknięciu kopalń wystąpił bądź występuje we wszystkich rejonach górniczych w Europie [1,3,11,12]. Podczas eksploatacji węgla transport gazów ku powierzchni z wyrobisk odbywa się głównie wymuszonymi drogami wentylacji, czyli m.in. za pomocą szybów wydechowych. Eksploatacja górnicza zmienia środowisko naturalne poprzez naruszenie ciągłości górotworu oraz naruszenie stanu równowagi gazowej na granicy górotwór-powietrze atmosferyczne. Zatrzymanie wentylacji w zlikwidowanej kopalni wywołuje zjawisko samoczynnego wyrównywania ciśnień we wszystkich wyrobiskach podziemnych, zrobach, pustkach (przepływ dyfuzyjny), a także wyrównywanie ciśnienia z powietrzem atmosferycznym (przepływ filtracyjny). Podczas zniżki barycznej następuje przepływ gazów kopalnianych w kierunku powierzchni wszystkimi dostępnymi drogami, poczynając od najkrótszych i o najmniejszym oporze aerodynamicznym. Mogą to być zlikwidowane szyby, uskoki, spękania, wychodnie pokładów, upadowe oraz sztolnie.

Zniżka baryczna jest jednym z dwóch istotnych czynników potęgujących post-eksploatacyjny przepływ filtracyjny gazów do powierzchni w kopalniach zlikwidowanych.

Drugi czynnik to podnoszenie się zwierciadła wód podziemnych związane z zaniechaniem odpompowania wody z poziomów eksploatacyjnych [8, 12]. Z uwagi na sąsiedztwo czynnej KWK „Bielszowice" czynnik ten nie występuje w odniesieniu do zlikwidowanej Kopalni „Zabrze".

Zagrożenie gazowe wynikające z migracji gazów kopalnianych do powierzchni można zaliczyć do lokalnych i przejściowych, ale niezwykle niebezpiecznych, zwłaszcza przy emisji CH_4 do pomieszczeń zamkniętych, np. garaże, piwnice, studzienki kanalizacyjne (7). W tych przypadkach stężenie metanu może przekroczyć dolną granicę wybuchowości (5% obj.) i wybuch mieszaniny powietrzno-metanowej jest możliwy (10). Stało się tak w Czechach, w Ostrawie w maju 1999 r., gdzie wybuch nastąpił w budynku mieszkalnym, jedna osoba została poważnie ranna [11]. Natomiast wypływy CO_2 odnotowano na terenie zlikwidowanych kopalń w Wielkiej Brytanii [1,4], a także na obszarze zlikwidowanych kopalń dolnośląskich.

Na obszarze górniczym byłej kopalni „Zabrze" części złoża eksploatowane najwcześniej były uważane za niemetanowe, ale wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji stały się metanowe, a po przejściu przez uskok Saara silnie metanowe. Obecnie najgłębszą część udokumentowanego złoża węgla w tym obszarze eksploatuje KWK „Bielszowice". Funkcjonujący system wentylacyjny KWK „Bielszowice" ma wpływ również na wyrobiska zlikwidowane w Polu Zabrze (Ruch Poręba), przynajmniej w strefie przylegającej do obszaru górniczego KWK „Bielszowice". Przeprowadzone w latach 2001-2003 badania w ramach projektu badawczego nr 8 T12A 045-21 [10] wykazały, że w składzie gazów kopalnianych wypływających ze zlikwidowanych szybów na obszarze byłej Kopalni „Zabrze" nie ma metanu. Stwierdzono natomiast dość a nawet bardzo wysokie stężenia dwutlenku węgla. Kontynuując wspomniane badania skupiono więc uwagę głównie na migracji dwutlenku węgla, zachodzącej nie tylko przez zlikwidowane szyby ale również do górniczych obiektów turystycznych i do zabudowy mieszkalnej.

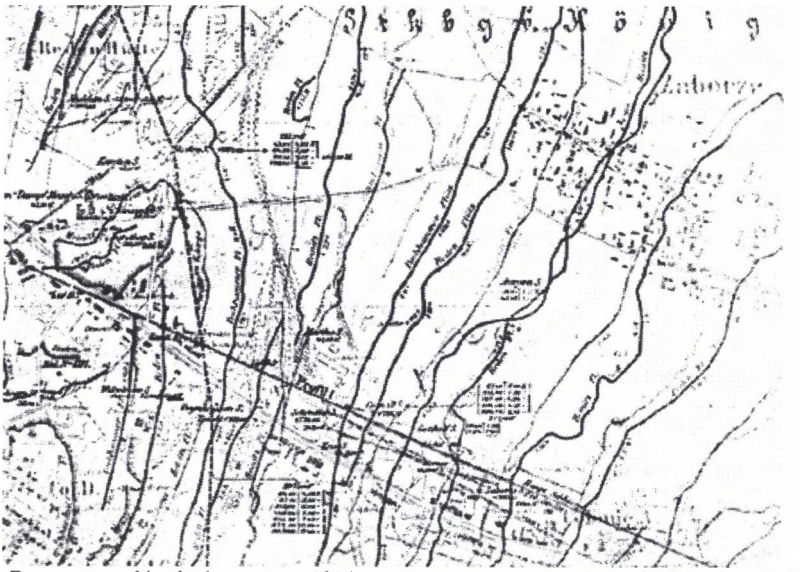
Zagrożenie gazami kopalnianymi zawierającymi zarówno CH_4 jak i CO_2 wystąpiło po likwidacji kopalń w rejonie Wałbrzycha [12,7]. Stwierdzenie w składzie tych gazów wysokich stężeń CO_2 nie było zaskoczeniem, gdyż złoże węglowe w rejonie Wałbrzycha było nasycone obok metanu także dwutlenkiem węgla ze strefową przewagą tego drugiego gazu. W przypadku pokładów węgla na Górnym Śląsku nasycenie ich przez CO_2 jest znikome. Należy więc sądzić, że CO_2 stwierdzony w składzie gazów kopalnianych wypływających przez zlikwidowane szyby górnicze na terenie zlikwidowanej Kopalni „Zabrze" jest efektem utleniania się węgla w starych zrobach i wyrobiskach.

Należy spodziewać się wysokich stężeń CO_2 w wypływających gazach kopalnianych z innych likwidowanych kopalń, w tym Wypiętrzeniu Zabrsko-Chorzowsko-Katowickim (Siodła Głównego). Informacja prasowa [6] z lipca 2003 r., dotycząca wypływu CO_2 do piwnic bloku mieszkalnego może to potwierdzać.

4. Charakterystyka miejsc i sposobu prowadzenia pomiarów

Teren Zabrza obejmujący zlikwidowaną Kopalnię „Zabrze" to obszar kopuły geologicznej, tzw. Kopuły Zabrza, charakteryzujący się stokami, na których znajdują się wychodnie pokładów węgla.

Część Kopalni „Zabrze" została zlikwidowana stosunkowo niedawno, co może wskazywać, że procesy migracyjne gazów ku powierzchni mogą być intensywne [12]. Na tym obszarze znajduje się szereg obiektów stanowiących możliwą drogę przepływu gazu. Są to przede wszystkim zlikwidowane szyby, rejony wychodni pokładów węgla na powierzchni terenu oraz główna sztolnia odwadniająca, będąca niejako kolektorem gazów kopalnianych w centrum Zabrza. Wychodnie pokładów, przebieg głównej sztolni odwadniania oraz ważniejsze ulice Zabrza przedstawiono na fragmencie archiwalnej mapy górniczej z 1914 r. na rys. 1. Podczas eksploatacji we wczesnych latach działalności górniczej stosowano szybiki. Oznacza to, że nie istniały szyby stacjonarne, charakterystyczne dla dzisiejszej eksploatacji, natomiast głębiono płytkie szybiki w rejonach odkrytych lub płytko zalegających wychodni, wydobywano węgiel, a następnie likwidowano szybik i budowano nowy w bardziej dogodnym miejscu. Likwidacja ta nie była oczywiście prowadzona wg współczesnych przepisów, wsypywano wtedy do szybiku wszelkie dostępne materiały. Skutki takiej eksploatacji są różnorakie. Po pierwsze teren Zabrza posiada kilkaset zlikwidowanych szybów, szybików, oraz otworów badawczych. Po drugie, warunki niedokładnej likwidacji mogą doprowadzić do nieoczekiwanego zapadnięcia się materiału w szybie, co miało miejsce np. w Szybie „Carnall" („Zabrze II"), którego całkowita głębokość wynosi 512 m, a w latach 50. ubiegłego wieku materiał zapadł się na długości 120 m. Po trzecie, może dojść do podziemnego pożaru w wyniku dostępu tlenu do zrobów i umożliwienia samozagrzewania się węgla. Już w początkowych latach eksploatacji węgla na terenie Zabrza notowano podziemne pożary w okolicach wychodni, które gaszono przysypując materiałem ilastym powierzchnię terenu, uszczelniając tym samym występujące spękania górotworu [5].



Rys.1. Fragment archiwalnej mapy z 1914 r. wraz z zaznaczonymi wychodniami pokładów węgla (widoczne są ich niemieckie nazwy) oraz z przebiegiem głównej sztolni odwadniania i głównymi ulicami Zabrza

Fig.1. The piece of archive map including the coal outcrops, the line of The Main Drift and the most important streets of Zabrze

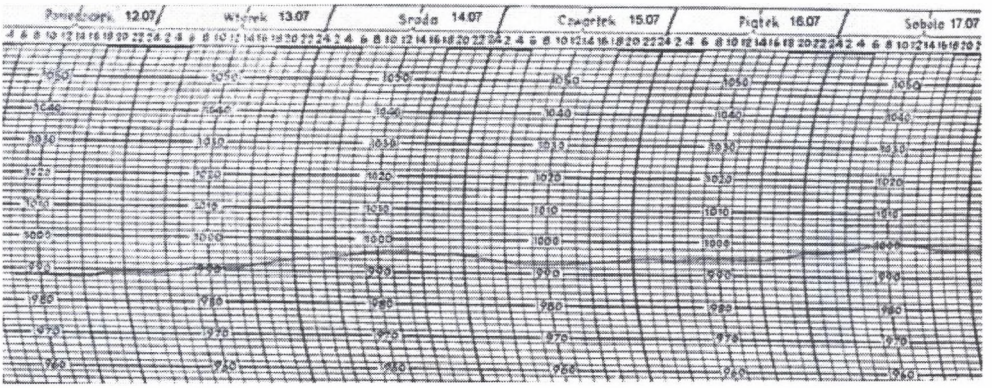
Na terenie Zabrza, wzdłuż grzbietu kopuły geologicznej, na głębokości około 30 m, przebiega główna sztolnia odwadniania i stanowi obecnie kolektor gazów kopalnianych. Utrudnia to migrację gazów do pobliskich piwnic i kanałów rurowych. Znalezione wewnątrz sztolni świeże liście drzew wskazują na występowanie nieznanych połączeń aerodynamicznych z powierzchnią terenu. Jedynym znanym jak dotąd połączeniem jest przekop do sztolni szkolnej.

Pomiary gazów były prowadzone za pomocą przyrządu manualnego ACO_2 oraz przenośnego analizatora gazów Land Lancom II - za pomocą przyrządu ACO_2 określano jedynie stężenie CO_2 w gazach kopalnianych, natomiast za pomocą analizatora Land Lancom II mierzono stężenia większej liczby składników gazów kopalnianych. Ciśnienie powietrza rejestrowano barografem TB-20.

Przyjętą metodę analizy można sklasyfikować jako analizę in situ za pomocą przenośnych przyrządów pomiarowych, którymi dokonywano oznaczeń ilościowych [9].

5. Wyniki pomiarów

W tabeli 1 przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów składu gazów kopalnianych przeprowadzonych w dniu 15.07.2004 r. o godz. 11:45 i 12:45 na zlikwidowanym szybie „Jerzy", znajdującym się na terenie Zakładów Gumowych „Semag". Pełne wyniki pomiarów obejmują godziny od 11:00 do 12:45 i uzyskane były w odstępach 5-minutowych. Zniżka baryczna rozpoczęła się w dniu 14.07.2004 r. około godziny 16:00 od wartości 997hPa do 993 hPa około godz. 12:00 w dniu 15.07.2004 r. Średnia zniżka baryczna wyniosła więc 0,6hPa/3 godziny (rys.2).



Rys. 2. Wykres zmian ciśnienia w okresie 12.07.2004-17.07.2004
Fig. 2. Pressure changes diagram between 12.07.2004-17.07.2004

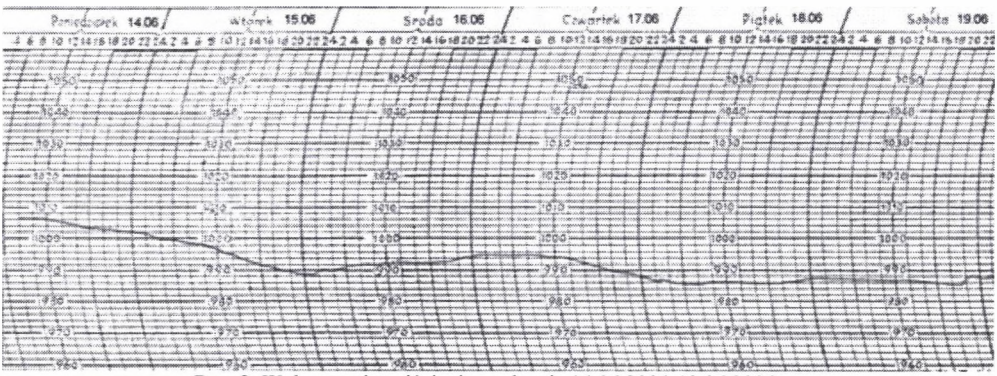
Jeśli zniżkowa tendencja baryczna była długotrwała, to w występujących gazach kopalnianych stężenie CO_2 przekroczyło nawet 10%. Na przykład w dniu 14.06.2004 r. w godzinach 8:00-12:00 ciśnienie atmosferyczne wynosiło 1006hPa (rys.3).

Około godziny 12:00 rozpoczęła się zniżkowa tendencja baryczna, osiągająca wartość 1,5hPa/3 godziny i trwająca do godz. 1:00 dnia 16.06.2004 r. Ciśnienie atmosferyczne wynosiło wtedy 988hPa. Następnie wystąpiła tendencja zwyżkowa, osiągająca maksymalne ciśnienie atmosferyczne 995hPa o godz. 2:00 w dniu 17.06.2004 r., a więc niższe niż było w dniu 14.06.2004 r. Około godziny 10:00 w dniu 17.06.2004 r. nastąpiła kolejna zniżka baryczna o wartości około 1,3hPa/3 godziny i trwająca do godz. 6:00 w dniu 18.06.2004 r. Ciśnienie atmosferyczne wynosiło wtedy 986hPa. W ciągu następnych 40 godzin jego wartość wahała się w granicach 1hPa od wartości 986 hPa.

Tablica 1

Wyniki pomiarów gazów kopalnianych w dniu 15.07.2004 r.

Miejsce	Godzina	Skład gazu kopalnianego	Wartość
Szyb „Jerzy", pęknięcie 1 w płycie	11:55	CO [ppm]	4
		SO_2 [ppm]	0
		O_2 [%obj.]	17,8
		NO_2 [ppm]	0
		NO [ppm]	1
		C_xH_y [%obj.]	0
		CO_2 [%obj.]	1,70
		NO_x [ppm]	1
		$T_{otoczenia}$ [°C]	26
		T_{gazu}[°C]	15
Szyb „Jerzy", kanał rurowy, 3m od krawędzi płyty	12:45	CO [ppm]	1
		SO_2 [ppm]	0
		O_2 [%obj.]	20,8
		NO_2 [ppm]	0
		NO [ppm]	0
		C_xH_y [%obj.]	0
		CO_2 [%obj.]	0,24
		NO_x [ppm]	0
		$T_{otoczenia}$ [°C]	23
		T_{gazu}[°C]	21

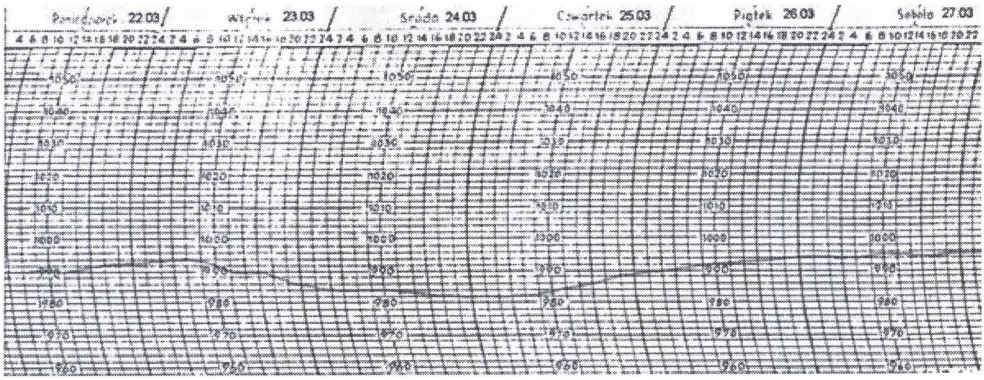


Rys. 3. Wykres zmian ciśnienia w okresie 14.06.2004-19.06.2004
Fig. 3. Pressure changes diagram between 14.06.2004-19.06.2004

W dniu 19.06.2004 r., przy stabilnym ciśnieniu atmosferycznym po odnotowanych dwóch okresach spadku ciśnienia w gazach kopalnianych wypływających przez pęknięcie płyty na szybie „Jerzy" zmierzono 11,3% CO_2.

Wybrane najwyższe wartości stężenia CO_2 w wypływających gazach kopalnianych zmierzone w różnych miejscach pomiarowych przedstawiono w tab. 2.

Część wyników zamieszczonych w tab. 2 obejmuje pomiary gazów kopalnianych przeprowadzone w dniu 24.03.2004 r. (rys.4).



Rys. 4. Wykres zmian ciśnienia w okresie 22.03.2004-27.03.2004
Fig. 4. Pressure changes diagram between 22.03.2004-27.03.2004

Zniżka baryczna rozpoczęła się 23.03.2004 r. około godz. 8:00 i trwała do godz. 18:00 dnia 24.03.2004 r. Wartość ciśnienia atmosferycznego w tym czasie zmieniła się z 996hPa do 982hPa. Średnia wartość zniżki wyniosła 1,2hPa/3 godziny. Przed i po okresie zniżki zaobserwowano wyraźną tendencję zwyżkową. W związku z tym zniżka była krótkotrwała ale dość intensywna, co znajduje potwierdzenie w zmierzonych wartościach stężeń CO_2. Wyniki stanowią około 60-70% najwyższych zmierzonych wartości podczas dłuższych zniżek, np. z dnia 30.10.2003 r. (tab. 2).

Tablica 2

Wybrane najwyższe stwierdzone wartości CO_2

Data	Lokalizacja	CO_2, %obj.
19.06.2004	Szyb „Jerzy", pęknięcie 1 w płycie	11,30
30.10.2003	Szyb „Jerzy" pęknięcie 1 w płycie	9,44
20.10.2003	Szyb „Poręba IV" rura I	7,70
20.10.2003	Szyb „Poręba I" otwór rewizyjny	1,79
06.12.2003	Piwnica ul.Korczoka 59e	0,11
13.08.2004	Sztolnia szkolna, pkt 8, poz II	12,20
24.03.2004	Ruch Poręba Szyb IV - korytarzyk obok szybu	4,56
24.03.2004	Sztolnia szkolna, poziom III, za kratą	6,85
24.03.2004	ul. Mochnackiego 6 - piwnica	0,06
24.03.2004	Szyb Dechen - pobliski bunkier	0,07
30.10.2003	Szyb „Jerzy", pęknięcie 1 w płycie	9,44

Wypływ gazów kopalnianych o dużym stężeniu CO_2 do pomieszczeń słabo wentylowanych może więc stwarzać duże zagrożenie dla ludzi przebywających w nich. Pomieszczenia będące obiektami turystycznymi muszą więc być wentylowane mechanicznie. Wypływ gazów kopalnianych o dużym stężeniu CO_2 bezpośrednio do atmosfery wymaga ustanowienia strefy bezpieczeństwa [7].

6. Podsumowanie

Na terenie zlikwidowanej Kopalni „Zabrze" największe ilości dwutlenku węgla wypływają zasypanymi szybami. Najwyższe stężenie CO_2 równe 11,3% zmierzono 19.06.2004 r. przy ciśnieniu atmosferycznym 987hPa, w pęknięciu płyty zamykającej zrąb szybu „Jerzy" na terenie Zakładów Gumowych przy ulicy Szyb Jerzy. Wyniki pomiarów w kanale rurowym, służącym do prowadzenia rur ogrzewania, zlokalizowanym 3m od płyty zlikwidowanego szybu i oznaczonym jako punkt „Szyb „Jerzy"- kanał" wskazują, że CO_2 może także gromadzić się w obiektach budowlanych tego typu. Stosunkowo wysokie stężenia zmierzone zostały także w zlikwidowanych szybach Poręba I-IV, bo w przedziale wartości od 4,00 do 8,67%.

W sztolni szkolnej, będącej fragmentem trasy turystycznej, w miejscu oddalonym od głównej sztolni odwadniającej o 150 m stwierdzono stężenie CO_2 wynoszące 12,2%. Zniżka baryczna uniemożliwia więc turystom wejście na trzeci oraz drugi poziom trasy bez intensywnego jej przewietrzania za pomocą wentylatorów.

Wyniki pomiarów w piwnicach budynków mieszkalnych i gospodarczych wskazują na nieznacznie podwyższone stężenia CO_2 w stosunku do tła podczas zniżek barycznych. Prawdopodobnie wartość stężenia CO_2 jest uzależniona od odległości budynku od głównej sztolni odwadniającej, będącej kolektorem gazów kopalnianych.

Obecność migracji gazów poprzez grunt w rejonach starych szybów potwierdzają obserwacje roślinności. Na przykład w miejscu po zlikwidowanym szybie „Paweł" wczesną wiosną zaobserwowano wyraźnie inny kolor trawy na powierzchni regularnego koła.

Intensywność migracji CO_2 ku powierzchni zależy od sytuacji barycznej. Im niższe ciśnienie oraz dłuższy okres zniżki, tym intensywność migracji większa. Po długim okresie zniżki barycznej emisję CO_2 wykryto nawet we wczesnej fazie zwyżki. Stąd wniosek, że

emisja CO_2 nie jest tylko zależna liniowo od wartości ciśnienia, jak stwierdza się w pracy [3], ale także od czasu trwania tendencji barycznych.

LITERATURA

1. Card G.B.: „Protecting development from methane". Raport CIRIA nr 149, 1995.
2. Buszman H.: „Kopalnia Węgla Kamiennego „Bielszowice" w latach 1895-1996". Górnośląska Oficyna Wydawnicza S.A 1996.
3. Eicker H :„Verlauf und Beherrschung der Ausgasung abgeworfener Grubengebaude" Gluckauf-Forschungshefte 48 (1987) No 6. s. 324-328.
4. Gregory O.: „The definitions of the problems of disused coal mine shafts", Colliery Guard 1982, t.230 nr 11, s. 569-571
5. Jaros J.: „Dwa wieki Kopalni Węgla Kamiennego „Zabrze-Bielszowice"
6. Jedlecki P.: „Tylko łyk tlenu" Gazeta Wyborcza, Katowice 04.07.2003 str.4.
7. Kozłowski B., Gołębiowski: „Likwidacja kopalń wałbrzyskich" Bezp. Pracy i Ochrona Środ. w Górnictwie, nr 2, 1992.
8. Kulczycki Z., Grzybek I.: „Gazy kopalniane jako zagrożenie dla bezpieczeństwa powszechnego" Miesięcznik WUG nr 1/99 str. 16-25.
9. Namieśniak J., Łukasiak J., Jamrógiewicz Z.: „Pobieranie próbek środowiskowych do analizy". PWN, Warszawa 1995.
10. Praca zbiorowa: „Kompleksowe zabezpieczenia likwidowanych kopalń węgla kamiennego przed zagrożeniem wybuchem w warunkach koincydencji zagrozeń metanowych, tąpaniowych i pozarowych" Sprawozdanie Projektu KBN Nr 8 T12A 045 21, Gliwice, styczeń 2004.
11. Prokop P.: „Gas leak effects on environment of Ostrava basin" Proc.7th Int. Mine Vent. Congress 17-22 June 2001, Kraków.
12. Szlązak N., Obracaj D., Borowski M.: „Stan zagrożenia gazowego na terenach likwidowanych kopalń rejonu wałbrzyskiego" Szkoła Aerologii Górniczej 2002, artykuł nr 27.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Bolesław Kozłowski

Abstract

Measured in abandoned „Zabrze" coal mine area, several results of coal gas emission flowing through closed down shafts and side drifts to the surface have been presented in this article. The most significant values of CO_2 concentration have been observed and measured on "Jerzy" shaft on 19.06.2004, and it was 11,3%. The second important point is "School drift" where gas concentration during drop of atmospheric pressure was about 12%.

Conducted research proved that CO_2 is the gas which could create the gas hazard in near-surface constructions. (e.g "in "School Drift" which is an undeground museum). CO_2 emission depends on long-term drops of atmospheric pressure. Longer drop and lower air pressure makes higher values of CO_2 concentration.