

Józef KNECHTEL

Zakład Aerologii Górniczej Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice

SPECYFIKA OPANOWANIA ZAGROŻENIA KLIMATYCZNEGO PRZY PODPOZIOMOWYM WYBIERANIU ŻŁOŻA WĘGLA

Streszczenie. Podano kryterium oceny wzrostu zagrożenia klimatycznego spowodowanego robotami podziemnymi. Kryterium to zastosowano do oceny przyrostu zagrożenia klimatycznego dla kilku przykładów, w których prowadzona jest eksploatacja podziemowa. Przeanalizowano stan zagrożenia klimatycznego na przykładzie wirtualnego, głębokiego oddziały wydobywczego i zaproponowano środki prewencji.

CHARACTERISTIC FEATURES OF HEAT HAZARD ALLEVIATION IN SUB-LEVEL COAL EXPLOITATION

Summary. In this work a criterion is developed for assessment of change in climatic hazard caused by under-level exploitation of coal. The criterion is used to assess the climatic hazard changes in several exemplary mining regions, related to under – level exploitation. Also, the distribution of climatic hazard in a virtual, deep mining region was analyzed, then the adequate prevention measures were proposed.

1. Wstęp

Analizy stanu zagrożenia klimatycznego prowadzone w Zakładzie Aerologii Górniczej GIG wskazują na coraz więcej przypadków, w których kopalnia, zaliczona do grupy kopalń nie zagrożonych klimatycznie ($t_{pg} < 30^{\circ}\text{C}$), ma wyrobiska z temperaturą powietrza mierzoną termometrem suchym wyższą od 28°C [6]. Występujące w tych kopalniach zagrożenie klimatyczne jest wynikiem prowadzenia eksploatacji podziemowej. W pracy zostaną podane miary wzrostu zagrożenia klimatycznego wynikającego z prowadzenia eksploatacji podziemowej oraz sposoby zwalczania zagrożenia klimatycznego na przykładzie wirtualnego głębokiego oddziały, w którym prowadzone są roboty podziemowe.

2. Miara wzrostu zagrożenia klimatycznego w wyrobiskach z eksploatacją podziemową

Najważniejsze czynniki, które wpływają na wzrost zagrożenia klimatycznego spowodowany prowadzeniem robót podziemnych to:

- przyrost temperatury pierwotnej skał na poziomie i najniższym punkcie podziemiu – Δt ,
- sumaryczna moc zainstalowana urządzeń urabiających i odstawczych – ΣN_m ,
- ilość doprowadzanego powietrza – V ,
- długość dróg powietrza świeżego od poziomu do wlotu do ściany – L .

Przyrost tego zagrożenia proponuje się ująć następująco:

a) ze względu na przyrost temperatury pierwotnej skał – $PZK_{\Delta t}$:

nieistotny $\Delta t < 1^{\circ}\text{C}$,

mały $1^{\circ}\text{C} \leq \Delta t < 2^{\circ}\text{C}$,

średni $2^{\circ}\text{C} \leq \Delta t < 3^{\circ}\text{C}$,

duży $\Delta t \geq 3^{\circ}\text{C}$,

b) ze względu na sumaryczną moc zainstalowaną – $PZK_{\Sigma N_m}$:

nieistotny $\Sigma N_m < 1 \text{ MW}$,

mały $1 \text{ MW} \leq \Sigma N_m < 2 \text{ MW}$,

średni $2 \text{ MW} \leq \Sigma N_m < 3 \text{ MW}$,

duży $\Sigma N_m \geq 3 \text{ MW}$,

c) ze względu na doprowadzoną ilość powietrza – PZK_V :

nieistotny $V \geq 3000 \text{ m}^3/\text{min}$,

mały $2000 \text{ m}^3/\text{min} \leq V < 3000 \text{ m}^3/\text{min}$,

średni $1000 \text{ m}^3/\text{min} \leq V < 2000 \text{ m}^3/\text{min}$,

duży $V < 1000 \text{ m}^3/\text{min}$,

d) ze względu na długość dróg powietrza świeżego – PZK_L :

nieistotny $L < 1000 \text{ m}$,

mały $1000 \text{ m} \leq L < 2000 \text{ m}$,

średni $2000 \text{ m} \leq L < 3000 \text{ m}$,

duży $L \geq 3000 \text{ m}$.

Wypadkowy przyrost zagrożenia klimatycznego w wyrobiskach z eksploatacją podziemową proponuje się przyjąć następująco:

$$PZK = 0,25 * (PZK_{\Delta t} + PZK_{\Sigma N_m} + PZK_V + PZK_L)$$

przy czym przyrost ten jest:

nieistotny $PZK < 10$ pkt,

mały $10 \text{ pkt} \leq PZK < 20$ pkt,

średni $20 \text{ pkt} \leq PZK < 30$ pkt,

duży $PZK \geq 30$ pkt.

Ponadto, proponuje się, aby punktacja każdego ze składników przyrostu zagrożenia klimatycznego była następująca:

- dla składnika związanego ze wzrostem temperatury pierwotnej skał: 1 pkt na każde $0,1^{\circ}\text{C}$ przyrostu temperatury,
- dla składnika związanego z urządzeniami elektrycznymi: 1 pkt na każde 100 kW mocy,
- dla składnika związanego z długością dróg powietrza świeżego: 1 pkt na każde 100 m wyrobiska,
- dla składnika związanego z intensywnością przewietrzania: 1 pkt na każde 100 m^3/min poniżej wartości wyjściowej równej 3000 m^3/min .

Poniżej podaje się przykłady oceny przyrostu zagrożenia klimatycznego związanego z prowadzeniem eksploatacji podziemowej.

Przykład 1. Ocenic przyrost zagrożenia klimatycznego dla robót podziemowych, w których przyrost temperatury pierwotnej skał $\Delta t = 2,3^{\circ}\text{C}$, łączna moc zainstalowana urządzeń energomechanicznych $\Sigma N_m = 1800$ kW, intensywność przewietrzania $V = 2600$ m^3/min , a długość dróg powietrza świeżego wynosi 3000 m.

Poszczególne składniki przyrostu zagrożenia klimatycznego wynoszą:

- z uwagi na temperaturę pierwotną skał $PZK_{\Delta t} = 23$ pkt,
- z uwagi na urządzenia energomechaniczne $PZK_{\Sigma N_m} = 18$ pkt,
- z uwagi na intensywność przewietrzania $PZK_V = (30-26)$ pkt = 4 pkt,
- z uwagi na długość dróg powietrza świeżego $PZK_L = 30$ pkt.

Wartość wypadkowa przyrostu zagrożenia klimatycznego wynosi:

$$PZK = 0,25 * (23 + 18 + 4 + 30) \text{ pkt} = 18,75 \text{ pkt.}$$

Zatem przyrost zagrożenia klimatycznego należy zaklasyfikować jako mały.

Przykład 2. Ocenic przyrost zagrożenia klimatycznego podczas prowadzenia robót podziemowych dla warunków: $\Delta t = 2,8^{\circ}\text{C}$, $\Sigma N_m = 2500$ kW, $V = 2000$ m^3/min , $L = 2700$ m. Prowadząc analogiczne rozważania jak w przykładzie 1, otrzymujemy:

$$PZK = 0,25 \cdot (28 + 25 + 10 + 27) \text{ pkt} = 22,5 \text{ pkt.}$$

Zatem, przyrost zagrożenia klimatycznego należy ocenić jako średni.

Przykład 3. Ocenic przyrost zagrożenia klimatycznego podczas prowadzenia robót podziemnych dla warunków: $\Delta t = 0,9^{\circ}\text{C}$, $\Sigma N_m = 1200 \text{ kW}$, $V = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$, $L = 800 \text{ m}$.

Prowadząc podobne rozważania jak w przykładach poprzednich, otrzymujemy:

$$PZK = 0,25 \cdot (9 + 12 + 0 + 8) \text{ pkt} = 7,25 \text{ pkt.}$$

Zatem, przyrost zagrożenia klimatycznego należy ocenić jako nieistotny.

Przykład 4. Ocenic przyrost zagrożenia klimatycznego podczas prowadzenia robót podziemnych dla warunków: $\Delta t = 3,2^{\circ}\text{C}$, $\Sigma N_m = 3500 \text{ kW}$, $V = 700 \text{ m}^3/\text{min}$, $L = 3200 \text{ m}$.

Prowadząc rozważania, jak w przykładach 1-3, dostajemy:

$$PZK = 0,25 \cdot (32 + 35 + 23 + 32) \text{ pkt} = 30,5 \text{ pkt.}$$

W tym przypadku mamy do czynienia z dużym przyrostem zagrożenia klimatycznego.

Przykład 5. Ocenic przyrost zagrożenia klimatycznego podczas prowadzenia robót podziemnych dla warunków: $\Delta t = 4,0^{\circ}\text{C}$, $\Sigma N_m = 2062 \text{ kW}$, $V = 2200 \text{ m}^3/\text{min}$, $L = 2900 \text{ m}$.

Prowadząc rozważania, jak w przykładach 1-4, otrzymujemy:

$$PZK = 0,25 \cdot (40 + 20,62 + 8 + 29) \text{ pkt} = 24,05 \text{ pkt.}$$

W tym przypadku mamy do czynienia ze średnim przyrostem zagrożenia klimatycznego.

3. Zwalczanie zagrożenia klimatycznego przy podziemnym wybieraniu pokładu węgla na przykładzie wirtualnego, głębokiego oddziału wydobywczego

3.1. Skala problemu

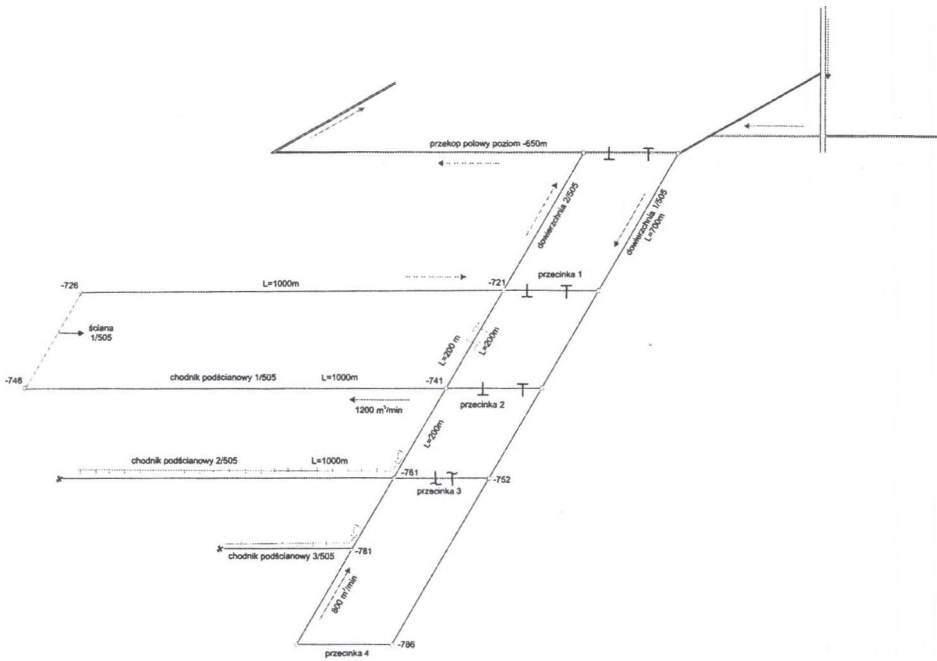
Zagrożenie klimatyczne w oddziałach, w których prowadzona jest eksploatacja podziemowa, jest dużo większe w kopalniach zaliczonych do kategorii o bardzo dużym zagrożeniu klimatycznym. W tym przypadku coraz trudniej jest zapewnić na całej długości frontu ściany temperaturę powietrza nie tylko niższą od 28°C , ale również niższą od 33°C . Problem ten dotyczy nie tylko eksploatacji podziemowej. Doświadczenia kopalni „JAS-MOS” pokazały, że klasyczna klimatyzacja może okazać się niewystarczająca do zapewnienia w ścianie temperatury powietrza nie wyższej od 28°C [5]. Wykonane w Zakładzie Aerologii Górniczej GIG prognozy klimatyczne dla rejonów wydobywczych, w których temperatura

pierwotna skała jest dużo wyższa od 40°C , wskazują na to, że w ścianach eksploatacyjnych tych rejonów za pomocą klimatyzacji klasycznej nie da się na całej długości frontu ściany zapewnić temperatury 33°C . W związku z powyższym intensywna wentylacja i klimatyzacja klasyczna muszą być wspomagane dodatkowymi środkami prewencji zagrożenia klimatycznego. Aby dać odpowiedź na pytanie, od jakiego momentu należy stosować dodatkowe środki prewencji zagrożenia klimatycznego, wykonano wariantowe prognozy klimatyczne dla wirtualnego oddziaływywania wydobywczego kopalni głębokiej.

3.2. Przewidywane zagrożenie klimatyczne w rejonie wirtualnej ściany 1/505 i proponowane środki prewencji tego zagrożenia

Na rysunku 1 przedstawiono schemat rozptyłu powietrza w rejonie ściany 1/505. Powietrze świeże płynie dół powierzchnią 1/505 w kierunku przecinki 4. Na wysokości przecinki 3 część powietrza płynie w kierunku dół powierzchni 2/505. Pozostała część powietrza płynie przecinką 4 i przewietrza drażony chodnik podścianowy ściany 3/505 oraz drażony chodnik podścianowy ściany 2/505. Na wysokości przecinki 3 następuje łączenie strumieni powietrza płynących z kierunku przecinki 4 oraz z przecinki 3. Powietrze dół powierzchnią 2/505 płynie do chodnika podścianowego ściany 1/505 i do ściany 1/505. Powietrze zużyte płynie chodnikiem nadścianowym ściany 1/505 w kierunku dół powierzchni 2/505 i dalej do szybu wentylacyjnego.

Dane początkowe do obliczeń prognostycznych podano w pracy [6]. Z kolei wykonano wariantowe prognozy klimatyczne, przy czym wykorzystano metodę opisaną w pracy [3]. Z rysunku 1 wynika, że na trasie powietrza świeżego płynącego do ściany 1/505 następuje zarówno rozdzielanie, jak i łączenie strumieni powietrza o różnych parametrach. Dlatego też obliczenia sieciowe wykonano korzystając z pracy [2]. Założono, że $800\text{ m}^3/\text{min}$ powietrza płynie w kierunku przecinki 4 i dalej do dół powierzchni 2/505, aby przewietrzyć drażone wyrobiska z wentylacją lutniową. Również $800\text{ m}^3/\text{min}$ powietrza płynie przecinką 3 i w dół powierzchni 2/505 łączy się z powietrzem, które płynie od przecinki 4 i drażonych wyrobisk ślepych. Do ściany płynie $1200\text{ m}^3/\text{min}$ powietrza. Założono, że straty powietrza wzdłuż frontu ściany wynoszą do 20%. Prognozy klimatyczne wykonano dla okresu zimowego (gdy temperatura powietrza dopływającego do rejonu wynosi 24°C) oraz dla okresu letniego (gdy wspomniana temperatura wynosi $27,2^{\circ}\text{C}$).



Rys. 1. Schemat przewietrzania robót podziemnych
 Fig. 1. Diagram of ventilation layout in sub-level exploitation region

Jak wynika z pracy [6] prognozowana temperatura powietrza w ścianie wynosi około 40°C , i to zarówno w okresie letnim, jak i zimowym. Bardzo wysoka temperatura powietrza jest następstwem głównie bardzo wysokiej temperatury pierwotnej skał, wynoszącej około 44°C (i to na całej długości trasy powietrza świeżego), dużych mocy zainstalowanych w chodniku podścianowym (1200 kW) i w samej ścianie (750 kW) oraz dużego wydobywania (4000 t/d). Zwiększając intensywność przewietrzania ściany z 1200 do $1800\text{ m}^3/\text{min}$, uzyskuje się obniżenie temperatury powietrza o około 2°C . Jednak temperatura powietrza, nawet w chodniku podścianowym, w dalszym ciągu jest wyższa od 33°C [6]. W tej sytuacji konieczne jest chłodzenie powietrza i to już w chodniku podścianowym. Jeśli zabuduje się w odległości około 250 m od przekroju wlotu powietrza do ściany żiębiarkę o mocy około 300 kW, oraz w pobliżu wymienionego przekroju wlotu powietrza do ściany kolejne żiębiarki o łącznej mocy około 700 kW, wówczas w przekroju wyptywu powietrza ze ściany jego temperatura wyniesie $33,07^{\circ}\text{C}$ w okresie zimowym oraz $33,8^{\circ}\text{C}$ w okresie letnim [6]. Chcąc zapewnić w chodniku nadścianowym temperaturę powietrza nie wyższą od 33°C , należy zabudować w tym chodniku kolejną żiębiarkę o mocy 300 kW. Aby zapewnić temperaturę powietrza niższą od 33°C na całej długości frontu ściany, należy wzdłuż frontu ściany zabudować ścianowe chłodnice powietrza. W okresie zimowym wystarczy jedna taka

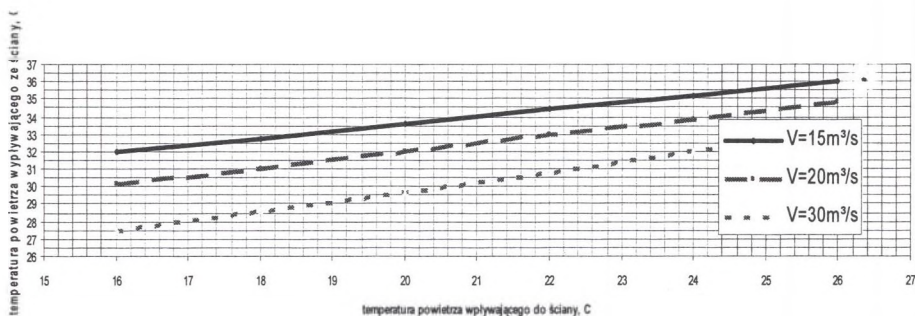
chłodnica o mocy 20 kW, zabudowana w odległości około 5 m od przekroju wylotu powietrza ze ściany. W okresie letnim należy od 175 metra frontu ściany zabudować w jednakowych odstępach 5 ścianowych chłodziń powietrza o mocy 40 kW każda.

W celu dla zapewnienia w rejonie temperatury powietrza nie wyższej od 33°C w okresie zimowym potrzebna moc chłodnicza ziębiarek zabudowanych w chodnikach przyścianowych i w samej ścianie wynosi 1320 kW (w tym w ścianie 20 kW), a w okresie letnim 1500 kW (w tym w samej ścianie 200 kW).

Analiza uzyskanych wyników obliczeń w połączeniu z analizą rysunku 1 wskazuje na to, że bardzo duży wpływ na temperaturę powietrza w chodniku podścianowym i w ścianie ma obecność na trasie powietrza świeżego drażonych wyrobisk z wentylacją lutniową. Wykonano zatem kolejne warianty prognoz klimatycznych, zakładając, że wymienione wyrobiska ślepe zostały wcześniej wydrążone, a rejon wokół tych wyrobisk został otamowany. W takim przypadku całość powietrza świeżego popłynie przecinką 3 z pominięciem dolnej części dowiezchni 1 i 2. Prognozowana temperatura powietrza wpływającego do chodnika podścianowego będzie wówczas niższa o około 4°C w okresie zimowym i około 3°C w okresie letnim [6]. W związku z tym potrzebna moc chłodnicza w okresie zimowym będzie o 300 kW mniejsza, a w okresie letnim o 250 kW mniejsza w porównaniu z rozplywem powietrza przedstawionym na rysunku 1.

Powyższe rozważania przeprowadzono dla zapewnienia temperatury powietrza nie wyższej od 33°C . Dla utrzymania temperatury powietrza nie wyższej od 28°C potrzebna moc chłodnicza jest większa. W tym przypadku należy w chodniku podścianowym zabudować 3 ziębiarki

o mocy 300 kW każda, w chodniku nadścianowym jedną ziębiarkę o mocy 300 kW, a w samej ścianie 23 chłodziń ścianowe o mocy 40 kW każda. Zatem, łączna moc chłodnicza ziębiarek dla zapewnienia temperatury powietrza nie wyższej od 28°C wynosi 2120 kW, przy czym łączna moc chłodziń zabudowanych w ścianie wynosi 920 kW. Chcąc zapewnić wzdłuż frontu ściany temperaturę powietrza nie wyższą od 28°C metodami klasycznymi, należałoby zapewnić odpowiednio niską temperaturę powietrza w przekroju jego wlotu do ściany. Jak wynika z rys.2, dla intensywności przewietrzania ściany $V = 30 \text{ m}^3/\text{s}$ temperatura powietrza wpływającego do ściany powinna być nie wyższa od $16,9^{\circ}\text{C}$. Dla warunków omawianego przykładu dotyczącego wirtualnego rejonu ściany 1/505, aby taką temperaturę zapewnić, potrzebna dodatkowa moc chłodnicza w przekroju wlotu powietrza do ściany wynosi około 1100 kW. Tymczasem łączna moc chłodnicza chłodziń ścianowych wynosi 920 kW, czyli o blisko 200 kW mniej.



Rys. 2. Wpływ temperatury powietrza wpływającego do ściany 1/505 na jego temperaturę w przekroju wypływu ze ściany przy różnych intensywnościach przewietrzania ściany

Fig. 2. Relationship between temperatures of air at the intake and outlet of 1/505 longwall for various longwall ventilation intensity

4. Podsumowanie

Dla skutecznego zwalczania zagrożenia klimatycznego w rejonach, w których prowadzona jest eksploatacja podziemowa, należy w pierwszej kolejności dokonać oceny wstępnej, czy przyrost tego zagrożenia (spowodowany eksploatacją podziemową) jest: nieistotny, mały, średni czy też duży. Jeśli wspomniany przyrost okaże się średni lub duży, wówczas należy wykonać prognozy klimatyczne dla tego rejonu.

W zależności od wyników prognoz klimatycznych należy zastosować odpowiednie środki prewencji, zaczynając od środków wentylacyjnych, a gdy te okażą się niewystarczające, stosować również urządzenia chłodnicze. W przypadku dużego zagrożenia klimatycznego (jak w przykładzie omówionym w rozdziale 3) zachodzi potrzeba łącznego stosowania wentylacyjnych środków prewencji, klimatyzacji klasycznej i niekonwencjonalnych sposobów zwalczania wysokiej temperatury powietrza. W szczególności należy eliminować z trasy powietrza świeżego, płynącego do oddziału wydobywczego, drażnione wyrobiska z wentylacją lutniową. W chodnikach przyścianowych należy stosować ziębiarki o średniej mocy (około 300 kW), natomiast wzdłuż frontu ściany należy zabudować ścianowe chłodnice powietrza. W przypadku trudności z zabudowaniem chłodnic powietrza w ścianie można zastosować perforowany lutniociąg z chłodnym powietrzem [4]. Rozwiązanie takie zastosowane w kopalni „Wujek” rejon „Śląsk” dało pozytywne rezultaty [1]. Oczywiście, wszystkie wymienione środki muszą być uzasadnione wynikami prognoz klimatycznych.

LITERATURA

1. Filek K., Nowak B., Franczuk W., Łuska P.: Wpływ zabudowy lutniociągu z chłodzonym powietrzem na warunki klimatyczne w ścianie. Materiały 3 Szkoły Aerologii Górniczej. EMAG, Katowice 2004, s. 443-448.
2. Gapiński D.: Komputerowy system prognozowania parametrów mikroklimatu w sieci wentylacyjnej. Materiały 3 Szkoły Aerologii Górniczej. EMAG, Katowice 2004, s. 509-513.
3. Holec S.: Opracowanie potencjału ruchu wilgoci i opartych na nim metod prognozowania mikroklimatu wyrobisk. Prace GIG, Seria Dodatkowa. Katowice 1990.
4. Knechtel J.: Zwalczenie zagrożenia klimatycznego w ścianie eksploatacyjnej za pomocą lutniociągu z chłodnym powietrzem. Materiały 1 Szkoły Aerologii Górniczej. EMAG, Katowice 1999, s. 149-156.
5. str.149÷156. Katowice 1999, EMAG
6. Knechtel J., Oślizło M., Wyrobek A.: Doświadczenia kopalni „JAS-MOS” w klimatyzacji rejonów wydobywczych o podwyższonej temperaturze. Wiadomości Górnicze, nr 1/2003.
7. Knechtel J.: Współczesne sposoby zwalczania wysokiej temperatury powietrza na przykładzie wybranego, głębokiego oddziału wydobywczego. Materiały XXII Seminarium: „Zwalczanie zagrożenia cieplnego w kopalniach – teoria i praktyka”. Wyd. Instytut Geotechnologii, Geofizyki Górniczej i Ekologii Terenów Przemysłowych Wydziału Górnictwa i Geologii Pol. Śl. w Gliwicach, Rybnik 20.10.2005, s. 1-8
8. Konopko W.: Raporty roczne (2002, 2003 i 2004) o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. Rozdział 6. Zagrożenie klimatyczne (autor rozdziału Knechtel J.). GIG Katowice 2003 (Raport 2002, s. 66-82), Katowice 2004 (Raport 2003, s. 68-80), Katowice 2005 (Raport 2004, s. 69-81).

Recenzent: Dr hab. inż. Marian Kolarczyk, prof. nzw. w Pol. Śl.