

*Piotr Czaja\**

## OCENA ROZWIĄZAŃ PROJEKTOWYCH LIKWIDACJI SZYBÓW ZASTOSOWANYCH W PROCESIE RESTRUKTURYZACJI POLSKIEGO GÓRNICTWA WĘGLOWEGO

---

### 1. Wprowadzenie

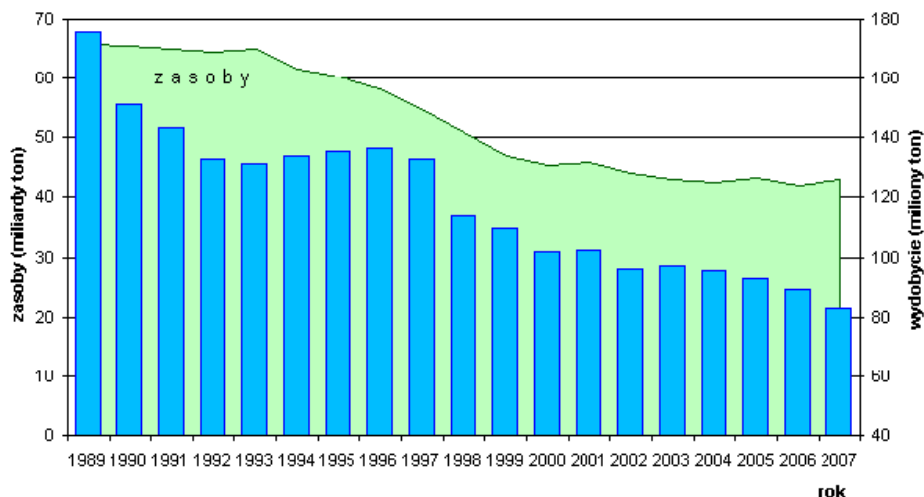
Trwała i całkowita likwidacja kopalń węgla kamiennego w Polsce, której apogeum przypada na przełom XX i XXI wieku była dla polskich inżynierów górniczych zagadnieniem nowym i niespotykanym, mimo iż dla utrzymania odpowiednio dużego wydobycia (por. wykres rys. 1) każdego roku na bieżąco likwidowano rejony górnicze, pola eksploatacyjne wyrobiska górnicze w tym również liczne szyby i szybiki. Do tej pory proces ten przeważnie odbywał się na drodze bieżącej restrukturyzacji, głównie poprzez łączenie obszarów górniczych w obrębie większego, funkcjonującego na danym terenie kompleksu górniczego.

Skala i tempo likwidacji, jakie miały miejsce w polskim górnictwie samego węgla kamiennego w okresie 1991–2005 nie jest do tej pory znana w żadnym innym kraju europejskim. Przykładowo w Niemczech zdolności wydobywcze z 90 do 30 mln ton zmniejszono przez okres 20 lat. W Polsce tylko od roku 1996 do roku 2003 liczbę kopalń zmniejszono o połowę — z 70 do 36, zmniejszając także o przeszło 100 mln ton zdolności wydobywcze. W ostatnim okresie w polskim górnictwie podziemnym zlikwidowano łącznie 392 szyby (tab. 1) z czego 24 szyby zamieniono na pompownie stacjonarne lub studnie głębinowe, konieczne do zapewnienia bezpieczeństwa pozostałym kopalniom czynnym. W tym czasie powierzchnia obszarów górniczych zmniejszyła się o 37% a łączna długość wyrobisk korytarzowych o przeszło 48%.

Przyjęte w Polsce procedury projektowania likwidacji zakładów górniczych, a w szczególności opracowywania programów likwidacji zakładu górniczego, w oparciu o który powstaje Plan Ruchu likwidowanego zakładu górniczego opiniowany przez wszystkie gremia i ostatecznie zatwierdzany przez właściwy terytorialnie Okręgowy Urząd Górniczy były — należy to podkreślić — gwarantem rozważliwej troski o bezpieczeństwo ludzi w trakcie samej likwidacji jak również o bezpieczeństwo powszechne po likwidacji.

---

\* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków



Rys. 1. Zasoby i wydobycie węgla w Polsce; źródło: Państwowy Instytut Geologiczny [7]

TABELA 1

Liczba zlikwidowanych szybów w górnictwie polskim w latach 1970–2005

Rodzaj kopalni	Liczba szybów	
	zlikwidowanych	zamienionych na pompownie wody
Kopalnie Węgla Kamiennego zlikwidowane całkowicie	297	24
Kopalnie Węgla Kamiennego zlikwidowane częściowo	47	0
Kopalnie Rud Metali kolorowych	41	0
Kopalnie Soli	7	0
Razem	392	24

Zdobytych doświadczeń w tym wielkim procesie restrukturyzacji polskiego górnictwa nie można w żadnym wypadku puścić w niepamięć. Stanowią one olbrzymi zasób wiedzy uzupełniającej bardzo bogatą i gromadzoną przez wieki górniczą kulturę i naukę Polskich górników.

W historii polskiego górnictwa węglowego Zagłębie Wałbrzyskie jest pierwszym, które po przeszło 400 letniej aktywności, w roku 1999 przestało faktycznie istnieć. Proces ten zakończyła likwidacja ostatnich 4 szybów, funkcjonujących jeszcze w roku 1998. Podobnie, w tym okresie prawie całkowicie zakończyło swe funkcjonowanie Zagłębie Dąbrowskie. Ze względu na bardzo skomplikowaną sytuację hydrogeologiczną tego Zagłębia ko-

nieczne było pozostawienie kilku zakładów górniczych zamienionych na pompownie wody, w celu ochrony innych rejonów górniczych. Fala głębokiej restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego — i nie tylko — przelała się również przez wszystkie pozostałe rejony górnicze kraju. Kończąca się pierwsza dekada XXI wieku zaznaczyła się również potrzebą likwidacji części górnictwa rud miedzi, górnictwa rud cynku i ołowiu jak również wybranych zakładów górnictwa solnego.

Przy projektowaniu likwidacji Zagłębia Wałbrzyskiego, jak również licznych zakładów górniczych Górnego Śląska uwzględniano z reguły bogate doświadczenia innych europejskich i pozaeuropejskich krajów. Wskazywały one na konieczność zachowania szczególnej ostrożności przy wykonywaniu ostatnich kroków fizycznej likwidacji kopalni, a w szczególności jej ostatniego szybu lub ostatnich szybów w przypadku likwidowanego całego zagłębia. Stopień skomplikowania procesu bezpiecznej likwidacji — zwłaszcza całego zagłębia górnictwa — jest zawsze pochodną występujących w nim zagrożeń naturalnych. Przykładowo w Zagłębiu Wałbrzyskim mieliśmy do czynienia ze wszystkimi zagrożeniami naturalnymi znanymi w górnictwie podziemnym. Podobnie przy likwidacji kopalni „1 Maja” mieliśmy do czynienia z niezwykle skomplikowanym ciągiem decyzji i zdarzeń, które proces projektowania likwidacji i same działania likwidacyjne komplikowały niekiedy do granic inżynierskiej wyobraźni. Patrząc na te procesy z perspektywy czasu można dziś dostrzec i precyzyjnie ocenić trafność bądź błędy podejmowanych wtedy decyzji.

Projektowanie ostatniej fazy likwidacji polskich kopalń bazowało w znacznej mierze na licznych doniesieniach literatury światowej. Nie były to jednak przekazy obszerne i dokładne. Rozwiązania techniczne samej fizycznej likwidacji nie mogą pozostawać bez związku z okresem trwania i rozwojem kopalnictwa w danym rejonie. Najczęściej bogata wieloletnia aktywność górnictwa, zwłaszcza ta mniej udokumentowana, wprowadza do procesu wiele niewiadomych znacznie zwiększających prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzeń trudnych do przewidzenia nawet przez bardzo doświadczonego projektanta.

Polskie Zagłębie Dolnośląskie nie jest pierwszym likwidowanym basenem węglowym, chociaż z dostępnych zapisków historycznych wywnioskować można, że należało do starszych w Europie. W świecie zlikwidowano bądź częściowo „opuszczono” bez odpowiednich zabiegów likwidacyjnych wiele regionów górniczych. Zjawisko to jest szczególnie głośne w Stanach Zjednoczonych gdzie w większości tzw. „węglowych stanów” powołano specjalne instytucje mające na celu minimalizowanie skutków zagrożeń i rekultywację obszarów pogórnictwa. Przykładowo w stanie Iowa od roku 1840 opuszczono około 6000 kopalń, zajmujących 32 000 ha, z których około 1520 ha to obszary silnie zurbanizowane. W górnictwie brytyjskim ilość opuszczonych szybów szacuje się na 100 000 sztuk. O kopalniach tych i szybach bardzo często brak jakiegokolwiek informacji, co do lokalizacji, wielkości i sposobu zlikwidowania. W tej sytuacji rozwinęły się obecnie naukowe metody poszukiwania nie zlikwidowanych szybów.

Polskie prawo geologiczno-górnictwa oraz inne obowiązujące obecnie przepisy dotyczące likwidacji kopalń nie powinny dopuścić do podobnych sytuacji. Dlatego warto przytoczyć kilka istotnych przykładów dobrze zrealizowanych likwidacji kopalń i ocenić je obecnie

z perspektywy kilku lat. Naukowa interpretacja zaobserwowanych zjawisk i procesów zapoczątkowanych likwidacją kopalń będą niewątpliwie przyczynkiem do poszerzenia wiedzy o szeroko pojętym górnictwie.

Patrząc przez pryzmat obecnie tak intensywnie podnoszonego zagrożenia klimatycznego należy wspomnieć, że zlikwidowane zagłębia węglowe są również poważnym zagrożeniem dla powietrza atmosferycznego. Z opuszczonych zrobów dostają się do niego olbrzymie ilości gazów, zwłaszcza metanu, którego obecność w powietrzu atmosferycznym — według najnowszej wiedzy — jest wielokrotnie gorsza od dwutlenku węgla, wokół którego rozpięto gigantyczną burzę. W raporcie rządu amerykańskiego podano, że w jednym tylko roku 1994 do atmosfery przedostało się z opuszczonych kopalń 280 000 ton metanu. Podobnie niesłychanie duże ilości metanu przedostają się do atmosfery ze zlikwidowanego Zagłębia „Ruhry” w Niemczech. Bardzo niekorzystny dla powietrza atmosferycznego jest także bilans emitowanego metanu z polskich kopalń węgla kamiennego.

Celem niniejszej pracy jest ocena z perspektywy czasu wybranych rozwiązań technicznych i technologicznych, zastosowanych przy projektowaniu, a także przy fizycznej likwidacji szybów.

## 2. Przedmiot analizy

W projektowaniu likwidacji szybów najważniejszym motywem było bezpieczeństwo samego procesu likwidacji szybu, oraz bezpieczeństwo powszechne po zlikwidowaniu zakładu górniczego i przejściu terenu przez innych użytkowników.

Bezpieczeństwo w czasie likwidacji sprowadzało się głównie do:

- uniknięcia w likwidowanym szybie takich stężeń metanu, które zagrażałyby wybuchem zainicjowanym iskrą wznieconą przez opadający materiał skalny, na co składa się system wspomagania przewietrzania ślepych odcinków szybu i sposób kontroli stężenia gazów w szybie;
- uniknięcie gromadzenia się w likwidowanym szybie wody pochodzącej z dopływu naturalnego, która może doprowadzić do lokalnego upłynnienia się zasypu;
- takie wybrojenie szybu, aby opadający urobek nie powodował zrywania jego elementów, z których łatwo może powstać zator w szybie powodujący zawieszenie się urobku i niepełne podsadzenie rury szybowej na całej długości.

W odniesieniu do bezpieczeństwa powszechnego po zlikwidowaniu szybu na etapie projektowania likwidacji są:

- utworzenie w likwidowanym szybie stabilnej kolumny zasypowej odpornej na takie zmiany parametrów geotechnicznych, które mogłyby doprowadzić do upłynnienia i ucieczki materiału zasypowego do wyrobisk podszybi;
- odpowiednie pod względem nacisku i trwale podparcie obudowy szybu gwarantujące jej stateczność w długim horyzoncie czasowym (setki lat);

- trwale w długim horyzoncie czasowym zamknięcie zrębu szybu zabezpieczającej przed wпадnięciem, ale umożliwiające kontrolę stanu zasypu i ewentualne jego uzupełnienie w pierwszych latach po likwidacji;
- umożliwienie kontrolowanego wypływu ewentualnych gazów — zwłaszcza metanu — gromadzących się w kopalni po jej likwidacji;
- sposób monitorowania środowiska likwidowanej kopalni w zakresie odbudowy horyzontów wodonośnych oraz przywrócenia terenowi walorów użytecznych dla nowych jego użytkowników.

### **3. Ocena stosowanych rozwiązań zapewniających bezpieczeństwo w trakcie likwidacji szybów**

Na wstępie można stwierdzić, że proces likwidacji tak znacznej liczby szybów bardzo krótkim czasie przebiegł bezpiecznie. Do poważniejszych zdarzeń należy zaliczyć wybuch metanu w likwidowanym szybie Kopalni „Morcinek” w roku 1994 oraz „zawieszenie się” kolumny zasypowej w szybie „Jadwiga” KWK Porąbka Klimontów w roku 2000. Zdarzenia te — można uznać — były sygnałem do wprowadzenia bardzo wnikliwej analizy wszystkich projektów prac likwidacyjnych szybach.

Bezpieczna likwidacja szybów jest zasługą rygorystycznie egzekwowanych polskich przepisów górniczych, a w szczególności wprowadzonego w roku 2000 systemu oceny projektów likwidacji przez odpowiednie komisje funkcjonujące przy Wyższym Urzędzie Górniczym.

Tu nie do przecenienia były wyniki pracy Komisji do spraw Likwidacji Zakładów Górniczych i Gospodarki Odpadami, która przed podjęciem decyzji o zatwierdzeniu konkretnego projektu zlecała opracowanie recenzji niezależnym ekspertom. W przypadkach bardziej złożonych korzystano również z opinii wypracowanych przez Komisję ds. Zagrożeń Atmosfery i Klimatyzacji w Podziemnych Zakładach Górniczych oraz Komisję ds. Zagrożeń Wodnych. Komisje te wypracowywały stanowisko, które miało pomóc Dyrektorom Okręgowych Urzędów Górniczych wydających ostateczną decyzję o likwidacji kopalni lub jej części np. szybu. Przykładem bardzo dobrze wypełnionego obowiązku nadzoru górniczego była odmowa podpisu przez Dyrektora OUG Rybnik dodatku do Planu Ruchu KWK „1 Maja” zmieniającego starannie dopracowaną koncepcję likwidacji tej kopalni na inną, zaproponowaną przez wykonawcę, który wygrał przetarg na roboty likwidacyjne. Zdecydowana postawa Dyrektora Urzędu Górniczego nie dopuściła do wprowadzenia technologii nie sprawdzonej dotychczas w żadnym innym zakładzie górniczym w kraju i za granicą.

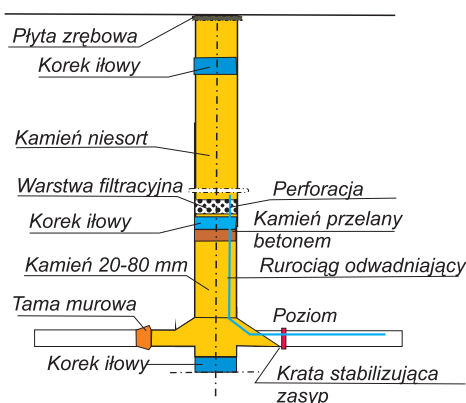
#### **3.1. Problemy związane z odwadnianiem zasypu szybowego**

Owadnianie zasypu szybowego nie było najważniejszym elementem bezpiecznej jego likwidacji. Realizując jednak rozwiązanie projektowe pozwalające na odwadnianie zasypu

niejako automatycznie stwarzało się warunki dopływu metanu do rury szybowej. Z tego względu poniżej w pierwszej kolejności zamieszczono uwagi o skuteczności odwadniania zasypu.

Do odwadniania zasypu szybowego w większości projektów wykonywanych w AGH wykorzystywano jeden z rurociągów zabudowanych w szybie, który rozpinano na podszymbiu w odległości gwarantującej odprowadzenie wody do wyrobisk kopalnianych i jednocześnie rozszczelniano go przez perforację na odcinku około 5 m nad korkiem iłowym (rys. 2). Rozwiązanie to gwarantowało spływ wody gromadzącej się na zasypie do czasu stosowania przepuszczalnego materiału skalnego. Fakt poprawnego funkcjonowania odwadniania zasypu został potwierdzony między innymi przy likwidacji ostatnich szybów Zagłębia Wałbrzyskiego. Szczególnie był natomiast widoczny przy likwidacji np. Szybu III kopalni „1 Maja”. W dn.25 sierpnia 2000 r. po usypaniu korka oporowo-filtracyjnego na podszymbiu poziomym 230 m i utworzeniu na nim korka iłowego — na zasypie pojawiła się woda, która towarzyszyła procesowi zasypywania do ostatniego poziomu wodonośnego.

W pozostałych zasypywanych szybach kopalni „1 Maja” narażonych na niewielki dopływ wody do rury szybowej zaprojektowane odwadnianie zdało w pełni egzamin.



**Rys. 2.** System odwadniania zasypu szybowego

Fakt okresowej obecności wody na zasypie można interpretować jako wadliwie działający system odwadniania, albo zbyt małą wodoprzepuszczalność zasypu w odcinkach szybu między poziomami. W ostateczności obecność wody w tym szybie można uznać za zjawisko pozytywne. W szybie tym praktycznie nie stwierdzono większych osiadań kolumny zasypowej. Materiał zrzucony do zbiornika z wodą doskonale się rozprowadzał i samozagęszczał. Przykładem zupełnie przeciwnym jest szyb IV likwidowany bezpośrednio po szybie III, gdzie sumaryczne osiadanie kolumny sięgało kilkunastu metrów. Dodatkowo w szybie tym zaobserwowano skutki osiadania zasypu w stosunku do rury degazacyjnej zanurzonej w nim na długości około 18 m. Tarcie materiału skalnego o pobocznice rury wygenerowało w niej tak wielką siłę osiową, że zniszczone zostały dźwigary nośne, do których była przytwierdzona.

### 3.2. Problemy z przewietrzaniem zasypywanych szybów

Według polskich przepisów koncentracja metanu w szybach wentylacyjnych nie powinna przekraczać 0,7%. W kopalniach metanowych prawdopodobieństwo dopływu metanu do likwidowanych ślepych odcinków szybu jest bardzo wysokie. Oprócz możliwości wypływu metanu z za obudowy głównym zagrożeniem są opisane w podrozdziale 3.1. systemy odwadniania zasypu. Rurociąg odwadniający sprowadza wodę z nad zasypu, ale jednocześnie może przez szczelny korek iłowy prowadzić metan z wyrobisk kopalnianych do zasypywanej rury szybowej. Konieczne jest zatem zorganizowanie w zasypywanym szybie wentylacji wspomagającej, która nie dopuści do takich stężeń metanu, które zagrażałyby wybuchem wywołanym iskrą wnieconą przez materiał skalny opadający na konstrukcje metalowe zbrojenia szybu.

Szyb III KWK „1 Maja” jest najlepszym tego przykładem. Po zlikwidowaniu pozostałych szybów kopalni „1 Maja” w roku 2004 na szybie III zarejestrowano szybko rosnące stężenie metanu w rurociągu odgazowującym zasyp szybowy. Przykładowe parametry wydobywającego się gazu na przełomie sierpnia i września 2004 prezentuje tabela 2.

Dzisiaj po 5 latach od likwidacji szybu możemy stwierdzić jednoznacznie, że w kopalniach o wysokim stopniu zagrożenia metanowego dopływ metanu do likwidowanego szybu jest wysoce prawdopodobny, a nawet pewny. Również obecnie można potwierdzić, że zastosowane metody prewencyjne były wystarczająco skuteczne. Generalnie wszystkie projekty wykonywane na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii przewidywały wentylację wspomagającą ślepych odcinków szybów przy pomocy sprężonego powietrza wydostającego się z jednego lub więcej rurociągów odpowiednio rozszczelnionych. Operacji rozszczelnienia należy zawsze dokonać w czasie, kiedy w szybie funkcjonują jeszcze wyciągi szybowe. Znowu możemy dzisiaj zarejestrować bezcenne doświadczenie praktyczne. Zapisanie w projekcie krótkie stwierdzenie „sperforować rurociąg otworami” w większości przypadków kopalni likwidowanej jest niewykonalne. W szybie kopalni metanowej nie można zastosować wiertarki elektrycznej bez atestu iskrobezpieczeństwa, wiertarki pneumatycznej nie można zasilić w każdym miejscu, nie można też otworów wypalić przy pomocy palnika acetylenowego lub spawarki elektrycznej itd. Do wywiercenia kilkunastu otworów o średnicy 20 mm w szybie III KWK „1 Maja” zużyto kilka wiertel tytanowych, bardzo drogich i bardzo podatnych na trwałe zniszczenie przy wierceniu „z ręki”.

W celu maksymalnej skuteczności przewietrzania szybu I i VI w KWK „1 Maja” zastosowano system częściowego rozszczelnienia rurociągów zasilanych „od dołu”. Oznacza to, że powietrze sprężone zostało sprowadzone do kopalni jednym rurociągiem, który na poziomie 850 połączono z rurociągiem rozszczelnionym. W rurociągu takim najwyższe ciśnienie panowało w najniższej jego części stąd wypływ powietrza zgodnie z regułą Torriczellego był najintensywniejszy w pierwszej od dołu nieszczelności. Po osiągnięciu przez zasyp poziomu pierwszego rozszczelnienia reguła ta zaczęła obowiązywać w odniesieniu do rozszczelnienia położonego wyżej nad zasypem. Tym sposobem sprężone powietrze rozrzedzało metan dostający się do szybu. Obawy projektantów wzbudziła możliwość dostania się do rurociągu wody. Wtedy na dnie otworów utworzyłby się syfon wypełniony wodą, którą

można by usunąć tylko powietrzem o określonym nadciśnieniu. W praktyce — na szczęście przypadek taki nie nastąpił. W trakcie likwidacji szybów I i VI kopalni „1 Maja” zaobserwowano zjawisko, którego nie był w stanie przewidzieć najbardziej doświadczony projektant. W porze zimowej przy ujemnych temperaturach na powierzchni w szybie I pojawiła się samoistna cyrkulacja. Ciepłe powietrze przy obmurzu poruszało się ku górze natomiast środkiem szybu opadało w dół powietrze zimne zasysane z atmosfery. Zjawisko to okazało się niezwykle pomocne do zmniejszenia zagrożenia metanowego w likwidowanym szybie.

Z perspektywy czasu należy podkreślić to, co nauka o wentylacji kopalń prezentuje od zawsze, że decydujące znaczenie na zagrożenie metanowe w szybie miało ciśnienie atmosferyczne. Przy jego spadku emisja metanu do szybu gwałtownie rosła, by z nastaniem wyżu barometrycznego szybko wrócić do bardzo niskich wartości.

Cenną obserwacją dotyczącą wentylacji szybu przez opadający urobek są doświadczenia z likwidacji między innymi szybów „Chrobry I” i „Chrobry II” w Zagłębiu Wałbrzyskim. Zasypywanie szybów odbywało się wewnątrz hali nadszybia, dzięki czemu łatwo było zaobserwować ruch powietrza w otworach drzwiowych hali. W czasie zrzucenia do szybu porcji 30 ton urobku ziarnistego na nadszymbiu dało się zaobserwować intensywne zasysania powietrza do rury szybowej. Po opadnięciu urobku olbrzymia porcja sprężonego w szybie powietrze była wyrzucana na zewnątrz. Efekt „tłoka” jaki stanowi porcja materiału skalnego opadającego swobodnie w szybie zaobserwowano i zarejestrowano w szybie V Kopalni „Szczygłowice”, gdzie doszło w dniu 4 września 2008 roku do katastrofy budowlanej spowodowanej zawaleniem się szybu. Moment samego zawalenia się szybu poprzedziły wielokrotne stany dławienia pracy wentylatora bardzo precyzyjnie odnotowane przez służby wentylacyjne kopalni. Były to momenty kiedy w szybie opadały fragmenty obmuru obudowy zniszczonej na głębokości pomiędzy 60 a 70 m.

### **3.3. Częściowe wyzbrojenie szybu**

Zbrojenie szybu stanowi określona konstrukcja stalowa, której sumaryczna masa sięgać może nawet tysiącom ton. Przy projektowaniu likwidacji szybu zawsze pada pytanie czy tę olbrzymią masę cennego surowca metalicznego należy odzyskać w postaci złomu, czy też można ją pozostawić w szybie na zawsze. Wszystkie analizy ekonomiczne wykazały, że proces odzyskania stali przez stopniowy demontaż zbrojenia szybowego jest całkowicie nieopłacalny przy założeniu realnych cen złomu. W celu demontażu zbrojenia należałoby zorganizować identyczny proces jak w czasie montażu zbrojenia. Musiałby więc w szybie funkcjonować odpowiedni wyciąg — jak przy głębieniu szybu, a prace winny być wykonywane z odpowiednio skonstruowanego pomostu wiszącego. Dodatkowo w szybie musiałaby funkcjonować odpowiednia wentylacja. Skorodowane połączenia śrubowe musiałby być likwidowane przez odpalenie palnikiem, co w szybach z zagrożeniem metanowym generuje kolejną porcję problemów.

We wszystkich likwidowanych szybach dokonywano tylko częściowego wyzbrojenia ukierunkowanego bardziej na usuwanie możliwych przyczyn zerwania jego elementów, które opadając mogłyby utworzyć w szybie zator. Przypadek taki miał miejsce w szybie „Jadwiga”



KWK „Porąbka Klimontów”. Przedmiotem wyzbrojenia były przede wszystkim siatki opierające przedział drabinowy, które można zdemontować z klatki wyciągu szybowego. Doświadczenia praktyczne wskazują jednak na bardzo duże zagrożenie wypadkiem w czasie takich operacji. Tu oprócz wyciągu klatkowego konieczne jest posiadanie w szybie kołowrotu, za pomocą którego zdemontowane elementy będą wytransportowywane z rury szybowej. W trakcie projektowania technologii demontażu siatek przedziału drabinowego zawsze pojawiało się pytanie czy można je transportować na powierzchni? Operacja taka jest bardzo niebezpieczna dla ludzi pracujących w szybie na balkonie klatki wyciągu szybowego. Nad ich głowami miałyby dokonywać się transport materiałów wiszących na zawieszaniu bez urządzenia prowadniczego.

W tej sytuacji siatki z reguły były transportowane w dół na najbliższe podszybie i tam składowane w wyrobisku bez możliwości odzysku materiału.

#### **4. Ocena rozwiązań projektowych gwarantujących bezpieczeństwo po likwidowaniu zakładu górniczego**

O stanie zapewnienia bezpieczeństwa powszechnego po likwidacji szybu decydują cztery zasadnicze elementy:

- 1) trwałe zamknięcie rury i zabezpieczenie zrębu szybu,
- 2) stabilność kolumny zasypowej,
- 3) kontrola wypływu gazów (metan lub dwutlenek węgla) z szybu,
- 4) opanowanie skutków odbudowywania się stosunków wodnych w górotworze.

##### **4.1. Trwałe zamknięcie rury szybowej i zabezpieczenie zrębu szybu**

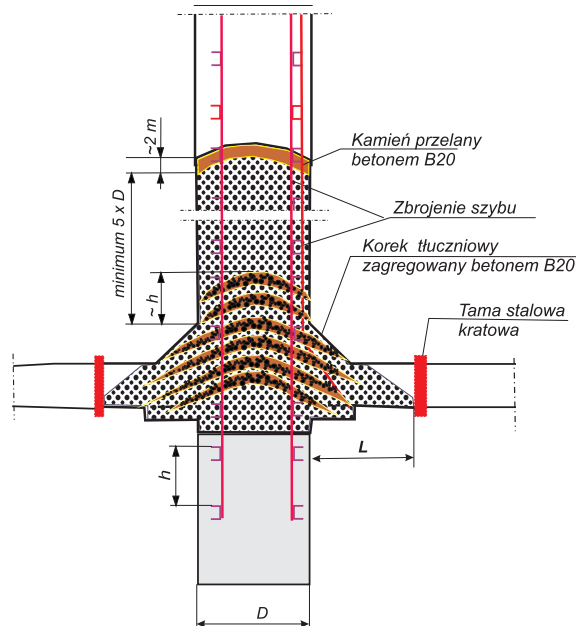
Obowiązujący w polskich przepisach rygor wykonania trwałego zamknięcia wlotu do szybu na powierzchni był wszędzie realizowany poprzez wykonanie odpowiednio nośnej płyty żelbetowej. Projektowana płyta nie może służyć jako obiekt mostowy do obciążeń drogowych. Obciążenie płyty przyjmowano według PN-82/B-02003 i PN-82/B-02004 jak dla ustrojów konstrukcyjnych przekrywających budowle podziemne, obciążonych masą równoważną masie terenowego samochodu ciężarowego dającego równomierne obciążenie stałe o wartości  $15 \text{ kN/m}^2$ . Obciążenie to zgodnie z zaleceniem Instrukcji BUDOKOP-u i GIG odnoszących się do likwidowanych szybów zwiększono zawsze do wartości, maksymalnej wynoszącej  $20 \text{ kN/m}^2$ .

W środku płyty projektowano zawsze otwór o średnicy 70 cm do kontroli i uzupełniania podsadzki w szybie. Otwór zamykano włazem kanałowym, drogowym, żeliwnym C 250/700 według PN-H-74051-2, który zabetonowywano w czasie wykonywania płyty. Zabezpieczenie przed możliwością wpadnięcia do otworu ludzi lub zwierząt, przy podniesionej pokrywie włazu, stanowiła krata z prętów zbrojeniowych  $\varnothing 12 \text{ mm}$  o oczkach  $10 \times 10 \text{ cm}$ , utworzona z odsłoniętych prętów zbrojenia dolnego płyty. Dodatkowe zabezpieczenie stanowiła

krata utworzona z odsłoniętych, nieprzerwanych prętów zbrojenia górnego o średnicy 20 mm i oczkach  $17,5 \times 17,5$  cm. Ten sposób zabezpieczania zrębu szybu okazał się celowy i w pełni skuteczny.

#### 4.2. Stabilność kolumny zasypowej

Problem stabilności kolumny zasypowej był jednym z najczęściej dyskutowanych zagadnień w czasie obrad Komisji do spraw Likwidacji Zakładów Górniczych i Gospodarki Odpadami. Zapisany w przepisach wymóg zbudowania na podszybiach szczelnych i odpowiednio wytrzymałych tam nie precyzuje całego zagadnienia. Gdyby założyć upłynnienie zasypu szybowego to za obciążenie takiej tamy należałoby przyjąć ciśnienie hydrostatyczne słupa zasypu upłynnionego. Takie obciążenie i sugerowane przez odpowiednie normy wartości obliczeniowe parametrów fizyko-mechanicznych stosowanych do budowy tam materiałów, wymagałyby budowy tam zbliżonych konstrukcją do tam wodnych o bardzo dużej grubości (rzędu kilku do kilkunastu metrów). Dzisiaj można potwierdzić, że przyjęta zasada budowy tam izolacyjnych oraz odpowiednich korków oporowo-filtracyjnych w podszybiach była zabiegiem wystarczającym. Warunkiem poprawnej budowy korków oporowo filtracyjnych są zasady omówione między innymi w pracy [1, 2] oraz w opisie patentu [4]. Rozwiązaniem szczególnym nie budzącym wątpliwości są opatentowane przez zespół z AGH korki częściowo agregowane betonem (rys. 3).



Rys. 3. Schemat korka oporowo-filtracyjnego częściowo agregowanego betonem

We wszystkich szybach zlikwidowanych według technologii projektowanej przez AGH zasyp jest stabilny mimo pełnego zatopienia kopalni, jak np. w kopalniach wałbrzyskich, czy kopalniach stopniowo wypełnianych wodą lub stale odwadnianych ze względu na ochronę innych zakładów górniczych. Znane są również przypadki katastrof, które wystąpiły nawet 100 lat po zlikwidowaniu szybu jak np. zawalenie się w roku 2000 Szybu IV, zamkniętej w 1906 roku kopalni węgla kamiennego „Vereinigte Maria Anna und Steinbank”. [3, 6]. Brak stabilnego zasypu czyli brak podparcia obudowy rury szybowej w długim horyzoncie czasowym grozi również katastrofą budowlaną wywołaną zawaleniem się szybu, jak to miało miejsce ostatnio w roku 2008 na szybie V Kopalni „Szczygłowice”

#### 4.3. Kontrola wypływu gazów z szybu

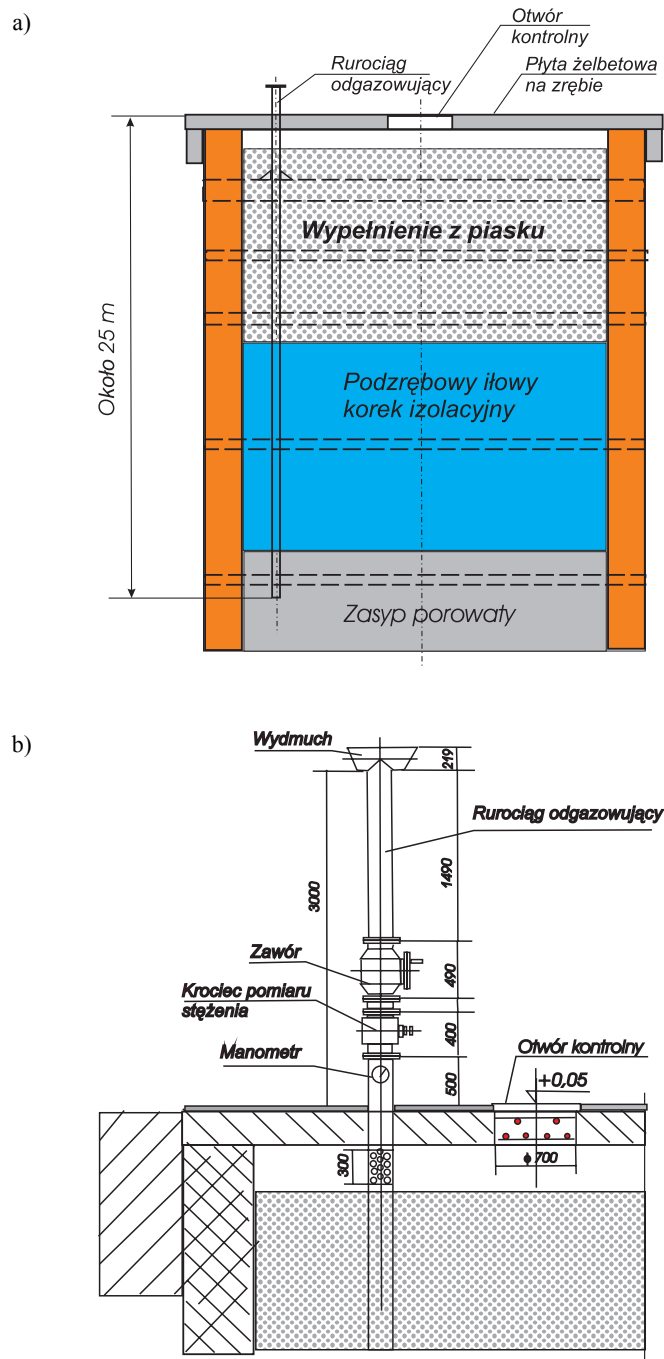
Problem wypływu gazów kopalnianych — zwłaszcza metanu — z szybów zlikwidowanych został już zasygnalizowany we wstępie do niniejszej pracy. Dowodem na istnienie tego zjawiska jest niewątpliwie szyb III KWK „1 Maja”. Również rozwiązanie projektowe systemu degazacyjnego zastosowane przy likwidacji tego szybu jest funkcjonuje poprawnie od roku 2000. Zasadniczym elementem systemu jest rurociąg dżgazacyjny zabudowany na zrębie szybu, wyprowadzony nad płytę zamykającą szyb na wysokość co najmniej 3 m i wyposażoną w zawór umożliwiający pomiar składu atmosfery w rurociągu, prędkość przepływu i ciśnienie (rys. 4).

Rurociąg degazacyjny zakończony jest przerywaczem płomienia i mini dyfuzorem wyrzucającym gaz do atmosfery. Budowa systemu degazacyjnego wymagała szeregu przemysłowych zabiegów. Najczęściej system degazacyjny należało zacząć budować jeszcze przy czynnym wyciągu szybowym.

Kolejność podstawowych czynności była następująca:

- zabudowa odcinka rurociągu o długości około 25 m tak, aby dolny jego koniec sięgał pod ostatni korek izolacyjny budowany pod głowicą szybu. Rurociąg ten spoczywa na dźwigarach zbrojenia szybowego. Górny koniec rurociągu jest wyprowadzony nad projektowaną płytę zamykającą zrzęb szybu na wysokość około 0,6 m;
- wszystkie czynności związane z likwidacją (zasypaniem) szybu;
- likwidacja wieży wyciągowej szybu wraz z trzonem;
- zabudowa płyty żelbetowej zamykającej zrzęb szybu;
- zabudowa pozostałych elementów rurociągu degazacyjnego (montaż do kołnierza kończącego rurociąg szybowy).

Służby wentylacyjne KWK „Marcel”, która jest instytucją nadzorującą zlikwidowane obiekty kopalni „1 Maja” kontrolują regularnie zlikwidowany szyb III byłej KWK „1 Maja”, stwierdzając występowanie nadciśnienia i przepływ gazów przez rurociąg odgazowujący zabudowany w zlikwidowanym szybie III, Wzrost koncentracji metanu oraz jego wypływ do atmosfery pomierzone na przelomie sierpnia i września 2004 roku podano w tabeli 2.



Rys. 4. Zamknięcie szybu i poprawnie zaprojektowany rurociąg odgazowujący:  
 a) lokalizacja rurociągu w zasypie szybowym, b) szczegóły części naziemnej

TABELA 2

**Wypływ metanu z rurociągu odgazowującego zabudowanego w szybie III Kopalni „1 Maja”**

Data	Wydatek, m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /dobę	Stężenie CH <sub>4</sub>	Prędkość gazu, m/s	Naciśnienie gazu, mmH <sub>2</sub> O
24.08.2004	148	39	0,14	50
25.08.2004	169	39	0,16	50
26.08.2004	316	53	0,22	56
30.08.2004	184,5	34	0,20	42
03.09.2004	182	48	0,14	32
06.09.2004	247	48	0,19	30
09.09.2004	269	45	0,22	26
13.09.2004	543	50	0,40	52
17.09.2004	305	45	0,25	30
21.09.2004	358	60	0,22	62

Po miesięcznej obserwacji w roku 2004 wyciągnięto dwa zasadnicze wnioski:

- 1) Odpowiednia konstrukcja kolumny zasypowej szybu pozwala na „kontrolowane” odprowadzenie do powietrza atmosferycznego metanu uwalnianego z górotworu poprzez rurociąg odgazowujący (zabudowany w górnym odcinku zlikwidowanego szybu).
- 2) Odprowadzanie metanu do atmosfery poprzez rurociąg odgazowujący w znacznym stopniu minimalizuje możliwość migracji metanu przez górotwór i jego uwalnianie w niekontrolowany sposób w terenie otaczającym zlikwidowany szyb.

Ustalono wtedy, że należy bacznie obserwować rozwój sytuacji wokół tego szybu. Dział wentylacji KWK „Marcel” prowadzi do chwili obecnej kontrolę emisji metanu do atmosfery. Pomiary wykonane w maju 2009 roku wykazały wydobywanie się z szybu średnio około 1400 m<sup>3</sup>/dobę o stężeniu przekraczającym 90%. Oznacza to, że zastosowane rozwiązanie jest całkowicie skuteczne i w sposób beznakładowy umożliwia wykorzystanie metanu z jednej z najbardziej metanowej kopalni zlikwidowanej ostatecznie w 2004 roku. W tamtym czasie nie stwierdzono występowania metanu wokół zlikwidowanego szybu.

Obecnie prowadzone są badania naukowe mające na celu określenie ilości metanu złożowego w glebie przy powierzchni terenu oraz jego związku z likwidacją kopalni.

#### **4.4. Skutki odbudowywania się stosunków wodnych w górotworze**

Zaprzestanie pompowania wody z kopalni podziemnej skutkuje stopniowym wypełnianiem się podziemnego zbiornika. W zależności od wielkości całkowitego dopływu pręd-

kość podnoszenia się poziomu jest różna i trudna do oszacowania. Hydrogeologia zna szereg modeli obliczeniowych, które pozwalają oszacować czas odbudowy pierwotnych stosunków wodnych w odwodnionym górotworze. Likwidacja kopalń była niepowtarzalną szansą dla ich weryfikacji.

W przypadku Zagłębia Wałbrzyskiego prognozy odbudowy stosunków wodnych sprawdziły się z bardzo dużą dokładnością [5]. Po likwidacji ostatniej pompowni na dole kopalni w 1998 roku na rzędnej - 400 m, rzędną przelewu + 391 m w sztolni Friedrich Wilhelm woda osiągnęła w 3 kwartale roku 2003, to jest po pięciu latach. Również w tym przypadku w wodzie wypływającej z kopalni zaobserwowano bardzo ciekawe zjawisko znacznego przekroczenia stężenia zawartości żelaza. Zjawisko to zaobserwowano w Niemczech po likwidacji pola zachodniego kopalni Antracytu w Ibbenbüren. W wypływającej z wyrobisk kopalnianych wodzie stężenie jonów żelaza tysiącrotnie przekroczyło wartości dopuszczalne. Zjawisko to jest następstwem bakteryjnego ługowania pirytu powszechnie występującego w węglu. Sprawcą jest natomiast bakteria zwana bacillus ferrooxidans, żywiąca się pirytem. W przypadku kopalń wałbrzyskich w znacznym stopniu zanieczyszczone zostały wody rzeki Pelcznicy. Zjawisko to jest dowodem na istnienie wielkiego zagrożenia ze strony wód dołowych likwidowanych kopalń.

Podobnie przy likwidacji kopalni „1 Maja” prognozy tempa zatapiania wyrobisk podziemnych potwierdziły się w całości. Tempo podnoszenia się poziomu wód decydowało o sposobie likwidacji zagrożenia wodnego dla kopalni „Marcel” połączonej ze zlikwidowaną kopalnią „1 Maja” przekopem na poziomie 610 m. Bardzo wolne tempo zalewania wyrobisk kopalni „1 Maja” pozwoliło uniknąć konieczności budowy bardzo drogiej i trudnej — pod względem wykonawczym - tamy wodnej na tym poziomie.

Likwidacja wielu innych kopalń potwierdza bardzo duże, a może nawet kluczowe znaczenie problemów hydrogeologicznych w tym procesie.

## 5. Podsumowanie

Problemowi likwidacji kopalń w Polsce poświęcono bardzo wiele prac opublikowanych głównie na przełomie XX i XXI wieku. Większość tych prac odnosi się do prezentacji problemów, jakie pojawiały się przy projektowaniu, a głównie przy fizycznej likwidacji kopalń podziemnych w tym likwidacji szybów górniczych. Na zjawisko to należy również popatrzeć z perspektywy czasu. Taki był cel niniejszej pracy. Miała ona przypomnieć niektóre dylematy i przyjęte rozwiązania oraz podać informację jak te przewidywania sprawdziły się po kilku latach.

Generalnie należy stwierdzić, że polska szkoła likwidacji szybów wykorzystwała całą wiedzę i doświadczenia innych ośrodków górniczych, które proces ten przechodziły wcześniej (górnictwo niemieckie, brytyjskie, francuskie czy górnictwo belgijskie).

Po nieszczęśliwym zdarzeniu w kopalni „Morcinek” bardzo słusznie przyjęto zasadę dokładnego badania i weryfikowania wszystkich projektów likwidacji szybów przez specjalnie

komisje powołane przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego. Projektowanie to nie wymaga od projektantów żadnych specjalistycznych zatwierdzeń poza dobrą znajomością zagadnień górniczych, które nabywa się na studiach górniczych i w praktyce ruchowej w górnictwie.

Stwierdzić należy, że większość postawionych hipotez potwierdziła się w praktyce. Podobnie sprawdziły się przyjęte rozwiązania techniczne związane z likwidacją tak wyrobisk górniczych jak również szybów oraz infrastruktury powierzchniowej.

Potwierdziła się również teza o bardzo wysoce prawdopodobnym zagrożeniu dla środowiska wodnego ze strony wód podziemnych. Poprzerywane formacje geologiczne i połączone horyzonty wodonośne skutkują mieszaniem się wód, które działając jako rozpuszczalniki i środki transportu określonych substancji chemicznych mogą być źródłem takiego zagrożenia.

Wskazane jest dalsze obserwowanie i dokumentowanie zjawisk zachodzących w rejonie wielkich przekształceń strukturalnych wynikających z likwidacji różnych gałęzi przemysłu i rewitalizacji terenów przemysłowych, co jest domeną i przedmiotem zainteresowania Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii AGH.

#### LITERATURA

- [1] Czaja P.: Polish Experiences in Design of Treatment of Disused Mine Shafts. Annual of University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski” Sofia. Part II Mining and Mineral Processing. Vol. 47, 2004
- [2] Czaja P.: Poprawa stateczności kolumny zasypowej szybu przez częściową agregację korków oporowych betonem. w: „Geotechnika w budownictwie podziemnym” Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław, 2003
- [3] Czaja P., Gąsiorczyk A.: Wpływ sposobu likwidacji szybu na zagrożenie powierzchni w jego otoczeniu
- [4] Czaja P., Klich J., Klich S., Tajduś A.: Sposób likwidacji szybu górniczego. Patent nr 200184. Warszawa, 2009
- [5] Fiszer J., Kotarba J.M., Kominowski K.: Recovery of Carboniferous aquifers caused by coal mine closure in the Wałbrzych Coal District. Geosfera. Society of Research on Environmental Changes. Kraków, 2002
- [6] Knoll P.: Untersuchungen der Ursachen des Tagesbruchereignisses vom 2. und 3. Januar 2000 in Bochum-Wattenscheid, Glückauf-Forschungshefte 62, Nr. 2, 2001
- [7] Państwowy Instytut Geologiczny Zakład Geologii Gospodarczej. Węgiel kamienny [http://www.pgi.gov.pl/surowce\\_mineralne/wegiel\\_kam.htm](http://www.pgi.gov.pl/surowce_mineralne/wegiel_kam.htm)