

## 20

# OPTIMALIZACJA PARAMETRÓW SIECI WENTYLACYJNEJ KOPALNI X W PRZYPADKU LIKWIDACJI JEDNEGO Z SZYBÓW WENTYLACYJNYCH

### 20.1 WPROWADZENIE

W związku z przemianami strukturalnymi, jakie mają miejsce w ostatnich latach w polskim górnictwie, i reformą górnictwa z 2015 r. polegającą między innymi na całkowitej likwidacji części nierentownych zakładów górniczych lub ich włączeniu w zintegrowany system odwadniania zachodzi konieczność w tym drugim przypadku takiej modernizacji układu wyrobisk górniczych i sieci wentylacyjnej kopalń aby mogła się ona sprawdzić się w nowych realiach użytkowych.

Kopalnia X ze względu na swoje położenie jest idealnym zakładem górniczym w którym można utworzyć centralną pompownię wód dołowych dla wszystkich kopalń Niecki Bytomskiej. Aby można było osiągnąć model docelowy takiej pompowni zachodzi konieczność likwidacji w kopalni X ponad 30 km wyrobisk górniczych oraz trzech z pięciu szybów górniczych. Ograniczenie struktury wyrobisk górniczych wiąże się także z koniecznością dostosowanie sieci wentylacyjnej i parametrów ruchowych wentylatorów głównego przewietrzania kopalni X do nowych realiów. Warto wspomnieć, że kopalnia X w roku 2015 była jeszcze czynnym zakładem górniczym w którym prowadzona była eksploatacja pokładów grupy 510 i 620, a parametry sieci wentylacyjnej dostosowane były do ówczesnych zagrożeń. W dzisiejszych realiach, kiedy kurczy się układ wyrobisk górniczych i rozważana jest kwestia likwidacji jednego z szybów wydechowych zachodzi konieczność znalezienia odpowiedzi na pytanie:

*Czy w nowym modelu docelowym kopalni parametry pracy wentylatorów zlokalizowane przy szybie „Staszic” są wystarczające do zapewnienia stabilności sieci wentylacyjnej kopalni X?*

### 20.2 MODEL KOPALNI

Złoże węgla na obszarze górniczym Kopalni X udostępnione jest z powierzchni następującymi szybami wdechowymi: „Budryk”, „Rejtan”, „Skarga” i „Ewa” oraz

szybami wentylacyjnymi: „Staszic” i „Witczak” [5]. Aktualnie w KWK X występują następujące poziomy: 110 m, 250 m, 372 m, 585 m, 640 m, 629 m, 774 m i 930 m. Udostępnienie złoża KWK X jest kamiennie-węglowe, którego zasadniczy trzon stanowią przekopy pod m. Bytom, na poziomach 585 m i 774 m, wykonane w linii zachód-wschód, od szybów głównych na zachodzie OG do szybu peryferyjnego „Witczak” na wschodzie OG „Centrum”. Przy szybach wydechowych: Staszic i Witczak zabudowane są dwie stacje wentylatorów głównego przewietrzania. Parametry zainstalowanych wentylatorów przedstawiono w tabelach 20.1 i 20.2.

**Tabela 20.1 Parametry wentylatorów stacja wentylatorów przy szybie Witczak**

Wentylator	wentylator nr 1 i nr 2 WPR-220/1,8 promieniowy, dwustrumieniowy
Producent	Fawent Chełm Śląski
Miejsce zainstalowania	Szyb Witczak
Ilość obrotów	375 obr./min.
Wydajność nominalna	175m <sup>3</sup> /s = 10500m <sup>3</sup> /min.
Depresja nominalna	3680Pa = 375mm H <sub>2</sub> O
Moc	935 kW
Napięcie	6 kV
Silnik	Gad-1816/01 synchroniczny
Sposób regulacji wydajności i spiętrzenia	klapy w kanale rewersyjnym
Sterowanie klap	elektryczne

Źródło: Opracowanie własne

**Tabela 20.2 Parametry wentylatorów stacja wentylatorów przy szybie Staszic**

Wentylator	wentylator nr 1 i nr 2 WPK-3,3 promieniowy, jednostrumieniowy
Producent	Zabrzańska Fabryka Maszyn Górniczych
Miejsce zainstalowania	Szyb Staszic
Ilość obrotów	600 obr./min.
Wydajność nominalna	180,7 m <sup>3</sup> /s = 10840 m <sup>3</sup> /min.
Depresja nominalna	4525 Pa = 460 mm H <sub>2</sub> O
Moc	1250 kW
Napięcie	6 kV
Silnik	Gae-1510p/01 synchroniczny
Sposób regulacji wydajności i spiętrzenia	zmiana kierunku obrotów wirnika went.
Sterowanie klap	elektryczne

Źródło: Opracowanie własne

W dniu wykonywania pomiarów parametry pracy wentylatorów głównego przewietrzania wynosiły (tabela 20.3):

**Tabela 20.3 Parametry pracy wentylatorów głównego przewietrzania**

nazwa szybu	depresja mm H <sub>2</sub> O		
	przed zasuwą	za zasuwą	wlot do kanału
Witczak	190	250	190
Staszic	150	165	125

Źródło: Opracowanie własne

Podczas pracy wentylatora głównego WPR-220/1,8 przy szybie Witczak utrzymywany był stan częściowego opuszczenia (otwarcia) zasowy w kanale wentylacyjnym (ok. 3/4 otwarcia kanału). Natomiast podczas pracy wentylatora głównego WPK-3,3 przy szybie Staszic utrzymywany był częściowo przymknięty aparat kierowniczy – 65%.

### 20.3 AKTUALIZACJI MODELU MATEMATYCZNEGO I GRAFICZNEGO SIECI WENTYLACYJNEJ KOPALNI X

W celu aktualizacji modelu matematycznego i graficznego sieci wentylacyjnej Kopalni X przystąpiono do określenia rozkładu potencjałów aerodynamicznych sieci wentylacyjnej, które stanowią podstawową bazę informacji dla określenia bezpieczeństwa sieci wentylacyjnej, jej stabilności i racjonalności przewietrzania oraz gospodarki spiętrzeniem wentylatorów głównych. Pracownicy kopalni działu wentylacji i firmy zewnętrznej wykonali szereg pomiarów wentylacyjnych w wyrobiskach Kopalni X przeprowadzając pomiary wentylacyjne w wyznaczonych węzłach oraz bocznicach. Równocześnie z pomiarami na dole, wykonywano pomiary meteorologiczne na powierzchni. Na powierzchni pomiary (tabela 20.4), przebiegały w ten sposób, że wyznaczona osoba dokonywała z częstotliwością, co 15 minut odczytu.

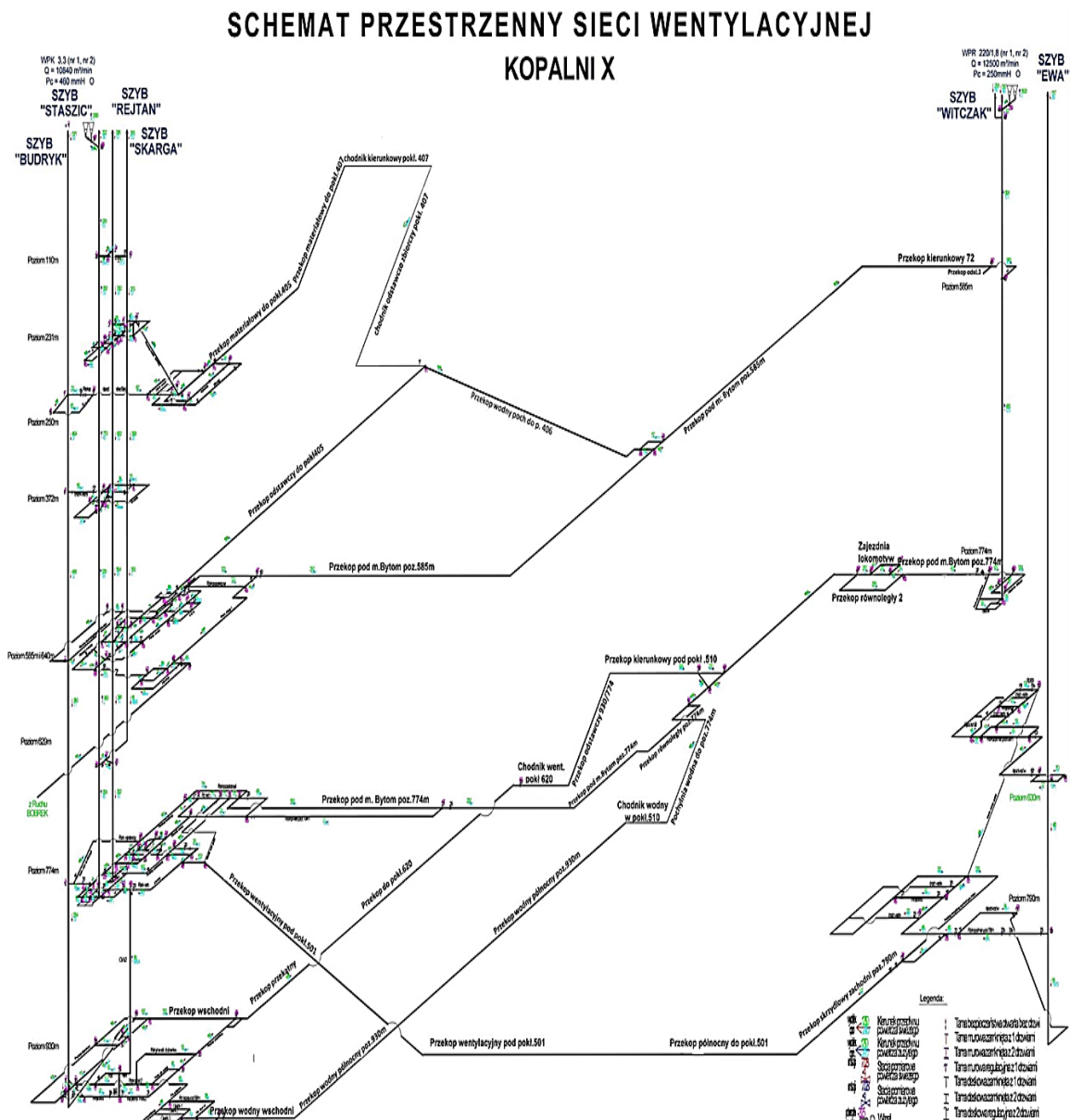
Tabela 20.4 Przykładowe wyników pomiarów przeprowadzone na powierzchni

godzina pomiaru	ciśnienie barometryczne	temperatura sucha $t_s$	temperatura wilgotna $t_w$	wilgotność $X_o$	temperatura wirtualna $T_{vo}$
h, min	hPa	°C	°C	kg/kg	K
7,00	984,0	16,2	14,0	0,0092	291,0
7,15	984,2	16,0	14,6	0,0100	290,5
7,30	984,4	16,0	15,0	0,0104	290,5
7,45	984,4	17,0	15,4	0,0105	291,5
8,00	984,6	18,4	16,0	0,0106	292,9
8,15	984,8	18,6	15,6	0,0100	293,2
8,30	985,0	19,0	15,2	0,0094	293,6
8,45	985,2	19,0	15,2	0,0094	293,6
9,00	985,2	19,2	15,4	0,0095	293,8
9,15	985,4	19,4	15,4	0,0094	294,0
9,30	985,4	19,8	15,4	0,0093	294,4
9,45	985,6	19,8	15,4	0,0093	294,4
10,00	985,8	20,0	15,4	0,0092	294,6
10,15	986,0	19,0	15,0	0,0092	293,6
10,30	986,2	17,4	14,8	0,0096	291,9
10,45	986,6	16,0	14,6	0,0100	290,5
11,00	987,0	15,4	14,4	0,0100	289,9
11,15	987,0	15,2	14,2	0,0099	289,7
11,30	987,2	15,0	14,2	0,0099	289,5
11,45	987,4	15,0	14,2	0,0099	289,5
12,00	987,4	15,0	14,2	0,0099	289,5

Źródło: Opracowanie własne

- ciśnienia atmosferycznego aneroidem precyzyjnym z dokładnością do 0,2 mbar (20 N/m<sup>2</sup>),
- temperatury powietrza suchego i wilgotnego za pomocą psychroaspiratora Asmana z dokładnością do 0,2°C.

Pomiary dołowe prowadzone były przez trzy dwuosobowe grupy pomiarowe. Dla każdej grupy pomiarowej wcześniej przygotowane zostały schematy przestrzenne. Na schematach tych naniesiono kierunki przepływu powietrza, tamy wentylacyjne, charakterystyczne węzły, w których przeprowadzono pomiary (rys. 20.1).



Każda z grup wykonała następujące pomiary z odnotowaniem czasu ich sporządzenia:

- ciśnienia powietrza kopalnianego, aneroidem precyzyjnym z dokładnością do 0,2 mbar (20 N/m<sup>2</sup>) w wyznaczonych węzłach bocznic,
  - prędkości przepływu powietrza w bocznicach anemometrem skrzydełkowym, oraz poprzecznego przekroju bocznic i obliczenia wydatków powietrza,
  - spadków naporu na tamach wentylacyjnych, manometrem cieczowym (U-rurka).
- Wyniki pomiarów ilości powietrza oraz ciśnienia w węzłach bocznic wentylacyjnych oraz różnicy ciśnienia na tamach wentylacyjnych wykorzystane zostały do sporządzenia modelu (rys. 20.1).

#### 20.4 METODYKA SPORZĄDZENIA MODELU MATEMATYCZNEGO I GRAFICZNEGO KOPALNI X

Opracowanie modelu matematycznego i graficznego sieci wentylacyjnej w oparciu o komputerowy program wspomaganie pracy inżyniera wentylacji AERO-2014D, polegała na [4]:

- a) sporządzeniu aktualnego przestrzennego schematu przewietrzania Kopalni X poprzez naniesienie bocznic i węzłów wentylacyjnych wraz z ich ponumerowaniem (węzeł wlotowy i wylotowy). W każdej bocznicy wentylacyjnej zaznaczyć należało kierunek przepływu powietrza oraz urządzenia wentylacyjne. Do tego celu wykorzystano licencjonowany program BrisCAD,
- b) wprowadzeniu do modelu matematycznego:
  - ilości powietrza uzyskanych z pomiarów wentylacyjnych w Kopalni X,
  - obliczonych oporów bocznic sieci wentylacyjnej (metoda opisana poniżej),
  - wyników rzeczywistych charakterystyk wentylatorów głównego przewietrzania w postaci zapisu analitycznego (wykorzystano materiały własne kopalni),
- c) kontrolnym przeliczeniu modelu i eliminowanie błędów w oparciu o rzeczywiste pomiary dołowe.

#### 20.5 OKREŚLENIE POTENCJAŁÓW AERODYNAMICZNYCH W WĘZŁACH SIECI WENTYLACYJNEJ

Potencjał izentropowy powietrza „h” w węźle sieci o wysokości niwelacyjnej „z”, określa się w stosunku do potencjału zerowego występującego na zrębie szybu wdechowego o wysokości niwelacyjnej „z<sub>0</sub>”.

Potencjał ten określany jest zależnością (2) i (3):

$$h = p - p_S \quad (1)$$

gdzie:

p - ciśnienie powietrza kopalnianego znajdującego się pod wpływem depresji wentylatora głównego i depresji naturalnej, [Pa],

p<sub>S</sub> - ciśnienie powietrza suchego tworzącego atmosferę uwarstwioną izentropowo w sieci, jakie panowałyby w sieci w danym węźle przy braku działania wentylatora głównego i depresji naturalnej, [Pa].

Ciśnienie powietrza suchego oblicza się ze wzoru:

$$p_s = p_o \left( 1 + \frac{g(z_o + z)}{c_p T_v} \right)^{\frac{H}{H-1}} \quad (2)$$

Po wprowadzeniu oznaczeń:

$$z = \frac{g(z_o - z)}{c_p T_v}$$

$$H = 1.4, \quad \frac{H}{H-1} = 3.5$$

$$y = (1 + z)^{3.5}$$

wg wzoru :

$$p_s = p_o y \quad (3)$$

Ostatecznie wzór (2) przyjął postać:

$$p_s = p_o \left( 1 + \frac{g(z_o + z)}{c_p T_v} \right)^{3.5} \quad (4)$$

gdzie:

$p_o$  - ciśnienie powietrza atmosferycznego w przekroju zrębu szybu wdechowego, [Pa],

$z_o$  - wysokość niwelacyjna przekroju zrębu szybu wdechowego, [m],

$z$  - wysokość niwelacyjna środka przekroju bocznicy dla której wyznacza się potencjał, [m],

$g$  - przyspieszenie ziemskie,  $g = 9.81$  [m/s<sup>2</sup>],

$c_p$  - ciepło właściwe powietrza suchego przy stałym ciśnieniu,  $c_p = 1005$  [J/kg K],

$H$  - wykładnik przemiany politropowej powietrza suchego,  $H = 1,40$

$T_v$  - temperatura wirtualna powietrza atmosferycznego w przekroju zrębu szybu wdechowego, [K],

Temperaturę wirtualną określa zależność:

$$T_v = (1 + 0,6 \cdot x) T \quad (5)$$

gdzie:

$T$  - temperatura bezwzględna powietrza atmosferycznego w przekroju zrębu szybu wdechowego, [K],

$$T = t_s + 273 \quad (6)$$

$t_s$  - temperatura termometru suchego na zrębie szybu wdechowego, [°C],

$x$  - wilgotność właściwa powietrza atmosferycznego, [kg/kg].

$$x = 0.622 \frac{e}{p - e} \quad (7)$$

$e$  - ciśnienie parcjale pary wodnej zawartej w powietrzu, [Pa].

W oparciu o wzory (1-7) przy wykorzystaniu aplikacji programu Excel, dla każdego węzła wyznaczony został potencjał aerodynamiczny.

## 20.6 WYZNACZANIE OPORÓW AERODYNAMICZNYCH BOCZNIC SIECI WENTYLACYJNEJ

Dysponując wynikami potencjału aerodynamicznego oraz wyrównanym bilansem ilościowym powietrza w sieci wentylacyjnej kopalni X przystąpiono do obliczenia oporów aerodynamicznych bocznic [3].

Opory bocznic  $R$  obliczono w oparciu o następujący wzór:

$$R = \frac{\Delta W}{V^2} \quad (8)$$

gdzie:

$R$  – opór bocznicy, [ $\text{Ns}^2/\text{m}^8$ ;  $\text{kg}/\text{m}^7$ ;  $\text{Bd}$ ],

$\Delta W$  – różnica potencjału aerodynamicznego (strata naporu), [ $\text{mmH}_2\text{O}$ ;  $\text{N}/\text{m}^2$ ;  $\text{Pa}$ ],

$V$  – objętościowe natężenie przepływu powietrza, [ $\text{m}^3/\text{s}$ ].

W bocznicach sieci wentylacyjnej, w których występują tamy wentylacyjne, opory tam są składową obliczonego oporu całej bocznicy. Dodatkowo pewne opory aerodynamiczne wyznaczono matematycznie tzn. „z geometrii”.

## 20.7 WYZNACZENIE ANALITYCZNEGO ZAPISU CHARAKTERYSTYK WENTYLATORÓW GŁÓWNEGO PRZEWIETRZANIA

Powietrze z wyrobisk sieci wentylacyjnej Kopalni X odprowadzane jest dwoma szybami wentylacyjnymi i wentylatorami o aktualnych charakterystykach ich pracy. W modelu matematycznym „AERO-2010D” zawarty jest program obliczeniowy do transformacji danych liczbowych (spiętrzenie, wydatek) i przedstawienie ich w postaci wielomianu opisującego charakterystykę wraz z jego graficznym obrazem. W oparciu o ten program wprowadzono do modelu matematycznego sieci aktualne charakterystyki wentylatora.

### 20.7.1 Przeliczenie modelu matematycznego sieci wentylacyjnej Kopalni X

Po wprowadzeniu do programu obliczeniowego danych wejściowych i przeliczeniu, uzyskano wstępną wersję matematyczną. Wersja ta poddana została analizie celem sprawdzenia poprawności i zgodności wprowadzonych danych i ich wpływu na uzyskane obliczenia. Wprowadzone zostały również korekty, które zasadniczo polegały na dopasowaniu oporów kilku bocznic.

Kolejne przeliczenia sieci wentylacyjnej modelu sprawiły, że uzyskano zadawalające przybliżenia do stanu rzeczywistego. W dalszej kolejności za pośrednictwem programu BrisCADy uruchomiony został program graficzny. Uzyskano aktualny model przewietrzania pod nazwą Kopalnia 1.

## 20.8 ANALIZA SIECI WENTYLACYJNEJ KOPALNI X W OPARCIU O MODEL CYFROWY

Aktualny model sieci wentylacyjnej kopalni X zapisany został pod nazwą „Kopalnia 1”. Rozpływy powietrza w bocznicach oraz rozkład potencjałów aerodynamicznych w węzłach sieci wentylacyjnej pokazano na schemacie przestrzennym – rys. 20.1.

### 20.8.1 Skrócony bilans sieci wentylacyjnej.

Powietrze do wyrobisk Kopalni X sprowadzane jest szybami wdechowymi:

- szybem Skarga w ilości 3760 m<sup>3</sup>/min
- szybem Budryk w ilości 5270 m<sup>3</sup>/min
- szybem Rejtan w ilości 7090 m<sup>3</sup>/min
- szybem Ewa w ilości 1120 m<sup>3</sup>/min
- oraz połączeniem z kopalnią sąsiednią w ilości 440 m<sup>3</sup>/min

Łącznie do wyrobisk Kopalni X powietrza dopływa 17680 m<sup>3</sup>/min.

Po przewietrzeniu rejonów wentylacyjnych Kopalni X powietrze odprowadzane jest:

- szybem Staszic – (bez strat zewnętrznych) w ilości 8300 m<sup>3</sup>/min.
- szybem Witczak – (bez strat zewnętrznych) w ilości 9380 m<sup>3</sup>/min.

Parametry wentylatorów głównego przewietrzania zabudowanych przy:

szybie Staszic – wentylator typu WPK 3,3

spiętrzenie  $\Delta P_c = 1627 \text{ N/m}^2$  (~ 165 kG/m<sup>2</sup>)

wydajność  $V = 12900 \text{ m}^3/\text{min}$  (~ 215 m<sup>3</sup>/s)

otwór równoznaczny  $A = 6,3 \text{ m}^2$

Wobec znacznego nadmiaru powietrza w podsieci szybu „Staszic” Kopalnia X stosuje częściowe przymknienie aparatów kierowniczych wentylatorów głównych WPK-3,3 zabudowanych przy szybie ( $A_k = 65\%$ ). Regulacja ta korzystnie zmniejsza energochłonność wentylacji głównej, ale niestety obniża również sprawność urządzenia.

szyb Witczak – wentylator typu WPR-220/1,8

spiętrzenie  $\Delta P_c = 2569 \text{ N/m}^2$  (~ 260 kG/m<sup>2</sup>)

wydajność  $V = 15020 \text{ m}^3/\text{min}$  (~ 250 m<sup>3</sup>/s)

otwór równoznaczny  $A = 5,9 \text{ m}^2$

Występujący nadmiar powietrza w podsieci szybu „Witczak” ograniczany jest poprzez dławienie przepływu powietrza w kanale wentylacyjnym (zasuwa 3/4 otwarcia) oraz poprzez zwiększone „straty zewnętrzne”.

### 20.8.2 Analiza rozkładu potencjałów na głównych drogach wentylacyjnych oraz stabilność dynamiczna prądów powietrza płynącego tymi wyrobiskami

Ocenę stabilności prądów rejonowych (ciągu prądów w rejonie) przeprowadzono w oparciu o kryterium wskaźnika mocy prądów  $N_f$  – wg prof. Bystronia [1]:

$$N_f = \Delta W \cdot V$$

gdzie:



$N_f$  – moc prądu, [W]

$\Delta W$  – strata naporu występująca w bocznicach, rejonie, N/m<sup>2</sup>

V – ilość płynącego powietrza w bocznicach, m<sup>3</sup>/s

W oparciu o w/w kryterium poszczególne prądy klasyfikujące się następująco:

$N_f > 6000$  prąd bardzo mocny

$1200 < N_f \leq 6000$  prąd mocny

$240 < N_f \leq 1200$  prąd średni

$50 < N_f \leq 240$  prąd słaby

$0 < N_f \leq 50$  prąd bardzo słaby

Analizie poddane zostały główne drogi wentylacyjne odprowadzające powietrze do szybu wydechowego Witczak. Na drogach tych zlokalizowane są tamy izolujące, zroby zawałowe ścian ostatnio eksploatowanych (ściana 4 w pokł. 510, ścian 4 w pokł. 620).

1. Droga wentylacyjna na poziomie 585 m do szybu Witczak, w skład której wchodzi następujące wyrobiska: Przekop pod m. Bytom poz. 585 m, przekop kierunkowy 72 (bocznica 153-406). W przekopie kierunkowym 72 zlokalizowana jest tama izolująca zroby zawałowe ściany 4 w pokł. 510. Wyniki obliczeń mocy prądów powietrza przedstawiono w tabeli 20.5.

**Tabela 20.5 Wyniki obliczeń mocy prądów powietrza dla I drogi wentylacyjnej**

Parametr jednostka	Wyrobisko ścianowe	Droga wentylacyjna na poz. 585 m do szybu Witczak
Potencjał węzła nr 153 - wlotowego	[Pa]	-703
Potencjał węzła nr 406 wylotowego	[Pa]	-1764
Różnica potencjału aerodynamicznego	[Pa]	1061
Wydatek powietrza pływającego w/w wyrobiskami	[m <sup>3</sup> /min]	3459
	[m <sup>3</sup> /s]	57,65
Moc prądu powietrza [N <sub>f</sub> ]	[W]	61109,0
		prąd bardzo mocny

Źródło: Opracowanie własne

W oparciu o kryterium oceny stabilności prąd powietrza płynący w/w drogami sklasyfikowany został jako prąd bardzo mocny.

Analizując rozkład potencjałów aerodynamicznych odnotowanych w pobliżu zrobów ściany 4 w pokł. 510 tj. w płaszczyźnie poziomu 585 m i poziomu 774 m (rys. 20.2 zauważyć należy, że:

- potencjał aerodynamiczny na poz. 585 m w węźle nr 405 wynosi -1612 Pa
- potencjał aerodynamiczny na poz. 774 m w węźle nr 400 wynosi -1584 Pa

Różnica potencjałów wynosi 28,0 Pa co świadczy o występowaniu wyrównanego potencjału aerodynamicznego wokół analizowanej przestrzeni.

Węzeł pocz.	Węzeł końc.	Opór (kg/m <sup>2</sup> *1000)	Depr.nat (Pa)	Nr went.	Źródło gazu	Zad wyd (m <sup>3</sup> /min)	Wydatek (m <sup>3</sup> /min)	Dyssyp.
372	374	215,9	0	0	▼	0	852	44
373	353	152,8	0	0	▼	0	336	5
374	381	234	0	0	▼	0	469	14
374	386	374,5	0	0	▼	0	383	15
380	386	124	0	0	▼	0	96	0
381	380	225	0	0	▼	0	96	1
381	387	489	0	0	▼	0	373	19
386	387	282,1	0	0	▼	0	479	18
387	395	785,5	0	0	▼	0	852	158
393	397	1,1	0	0	▼	0	2210	1
394	393	236	0	0	▼	0	605	24
394	397	13,1	0	0	▼	0	2645	25
395	394	28,2	0	0	▼	0	3249	83
397	421	105,2	0	0	▼	0	4855	689
398	402	45,4	0	0	▼	0	1294	21
399	398	76,5	0	0	▼	0	1294	36
399	402	23,1	0	0	▼	0	2972	57
400	399	1,2	0	0	▼	0	4266	6
400	401	161,4	0	0	▼	0	589	16
401	402	489	0	0	▼	0	589	47
402	406	17,9	0	0	▼	0	4855	117
405	406	45,9	0	0	▼	0	3449	152
406	408	10,1	0	0	▼	0	8304	193
408	409	0,1	0	0	▼	0	11102	3
409	410	9,7	0	0	▼	0	15020	608
410	1	0	0	10	▼	0	15020	0
414	423	0,5	0	0	▼	0	2767	1
415	414	12,2	0	0	▼	0	404	1
421	422	5,2	0	0	▼	0	2767	11
421	423	13,2	0	0	▼	0	2089	16
422	414	2,5	0	0	▼	0	2362	4
422	415	73,1	0	0	▼	0	404	3
423	400	27,7	0	0	▼	0	4855	181
561	565	24,3	0	0	▼	0	445	1
561	568	158,6	0	0	▼	0	192	2
565	568	86,4	0	0	▼	0	111	0
565	570	55,2	0	0	▼	0	334	2

Rys. 20.2 Przykładowa tabela obliczonych oporów aerodynamicznych wraz z wydatkami powietrza

Źródło: Opracowanie własne

2. Droga wentylacyjna na poziomie 774 m do szybu Witczak, składająca się z Przekopu pod m. Bytom poz. 774 m (bocznica 397-402). Wyniki obliczeń mocy prądów powietrza przedstawiono w tabeli 20.6. W oparciu o kryterium oceny stabilności prąd powietrza płynący w/w drogami sklasyfikowany został jako prąd bardzo mocny.

Tabela 20.6 Wyniki obliczeń mocy prądów powietrza dla II drogi wentylacyjnej

Wyrobisko ścianowe		Droga wentylacyjna na poz. 774 m do szybu Witczak
Parametr	jednostka	
Potencjał wężła nr 397 wlotowego	[Pa]	-698
Potencjał wężła nr 402 wylotowego	[Pa]	-1647
Różnica potencjału aerodynamicznego	[Pa]	949
Wydatek powietrza płynącego w/w wyrobiskami	[m <sup>3</sup> /min]	4855
	[m <sup>3</sup> /s]	80,92
Moc prądu powietrza [Nf]	[W]	<b>76793,1</b>
		prąd bardzo mocny

Źródło: Opracowanie własne

3. Droga wentylacyjna z poziomu 930 m do poziomu 774 m, w skład której wchodzi następujące wyrobiska: Przekop przekątny poz. 930 m, przekop do pokł. 620 poz. 930 m, chodnik wentylacyjny w pokł. 620, przekop odstawczy 930/774, przekop kierunkowy pod pokł. 510 poz. 774 m (bocznica 342-393). W chodniku wentylacyjnym w pokł. 620 zlokalizowana jest tama izolująca zrobów zawałowe ściany 4 w pokł. 620. Wyniki obliczeń mocy prądów powietrza przedstawiono w tabeli 20.7.

**Tabela 20.7 Wyniki obliczeń mocy prądów powietrza dla II drogi wentylacyjnej**

Wyrobisko ścianowe		Droga wentylacyjna z poz. 930 m do poz. 774 m
Parametr	Jednostka	
Potencjał wężła nr 342 wlotowego	[Pa]	-356
Potencjał wężła nr 393 wylotowego	[Pa]	-696
Różnica potencjału aerodynamicznego	[Pa]	340
Wydatek powietrza płynącego w/w wyrobiskami	[m <sup>3</sup> /min]	1606
	[m <sup>3</sup> /s]	26,7
Moc prądu powietrza [Nf]	[W]	<b>9078,0</b> prąd bardzo mocny

Źródło: Opracowanie własne

W oparciu o kryterium oceny stabilności prąd powietrza płynący w/w drogami sklasyfikowany został jako prąd bardzo mocny.

Na drodze wentylacyjnej z poz. 930 m na poz. 774 m jest chodnik wentylacyjny w pokł. 620, który ma kontakt poprzez tamę izolacyjną ze zrobami ściany 4 w pokł. 620. W chodniku wentylacyjnym w pokł. 620 w węźle nr 303, potencjał wynosi -513 Pa. Różnica potencjałów aerodynamicznych w pobliżu zrobów ściany 4 pokł. 620 tj. pomiędzy węzłami 342 (-356 Pa) i 303 (-513 Pa) wynosi 157,0 Pa.

W celu zmniejszenia tej różnicy i zbliżenia się do wyrównania potencjałów aerodynamicznych zaproponowano zwiększenie oporu na wylotowej tamie bezpieczeństwa zabudowanej w przekopie kierunkowym pod pokł. 510 poz. 774 m rejonie wężła nr 393.

Wzrost oporu na tamie spowodował zmniejszenie wydatku powietrza płynącego przekopem kierunkowym pod pokł. 510 poz. 774 m. Zaproponowano również zmniejszenie ilości powietrza do ok. 600-800 m<sup>3</sup>/min. Co spowodowało że różnica potencjału w sąsiedztwie izolowanych zrobów wyniosła zaledwie ok. 38 Pa. Uzyskana niewielka różnica potencjałów świadczyła o wyrównanym potencjale aerodynamicznym wzdłuż analizowanej przestrzeni.

Wyrównanie potencjału aerodynamicznego wokół przestrzeni otamowanej spowodowało pozytywne i korzystne oddziaływanie na bezpieczeństwo i stabilność sieci wentylacyjnej, a tym samym zminimalizowało zagrożenie pożarowe i zagrożenie metanowe Kopalni X.

## **20.9 ANALIZA SIECI WENTYLACYJNEJ KOPALNI X PO OTAMOWANIU WYROBISK I LIKWIDACJI SZYBU WITCZAK**

Integralną częścią prowadzonych badań jest analiza wentylacyjna sieci przewietrzania Kopalni X po likwidacji szybu „Witczak”. W tym celu Kopalnia X przygotowała graficzny model przewietrzania wyrobisk w modelu docelowym kopalni po otamowaniu wyrobisk górniczych, poziomów wentylacyjnych i szybów wdechowych oraz szybu wentylacyjnego „Witczak”.

### **20.9.1 Skrócony opis wyrobisk przeznaczonych do otamowania (wyłączenie z sieci wentylacyjnej)**

Z aktualnego modelu przewietrzania zostały usunięte następujące bocznice oraz rejony wentylacyjne:

- szyby wdechowe: „Skarga” i Rejtan”,
- całe poziomy przyszybowe (wentylacyjne): 110 m, 372 m, 585 m, 640 m, 629 m i 930 m.
- częściowo wyrobiska przyszybowe na poziomach: 231 m i 774 m,
- główne kierunkowe wyrobiska przekopowe łączące szyby centralne z szybem wentylacyjnym „Witczak” na poziomach: 585 m, 774 m i 930 m,
- szyb wentylacyjny „Witczak” wraz z poziomami wentylacyjnymi 585 m i 774 m.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że wyłączenie z sieci wentylacyjnej szybu Witczak może nastąpić dopiero po likwidacji wyrobisk na poziomie 930 m. W przeciwnym przypadku po likwidacji szybu Witczak wystąpią problemy z prawidłowym przewietrzaniem wyrobisk na poziomie 930 m oraz z ewentualną ewakuacją zatrudnionej tam załogi w momencie wystąpienia zagrożenia.

### **20.9.2 Opis wykonania regulacji na sieci wentylacyjnej**

Po wyłączeniu z sieci wentylacyjnej przedstawionych wyrobisk, projektowany model jest układem wentylacyjnym prostym. Kopalnia X funkcjonować będzie w oparciu o wdechowy szyb „Budryk”, wydechowy szyb „Staszic” oraz wyrobiska przyszybowe i komorowe na poziomach: 231 m, 250 m i 774 m, a także połączenie z wyrobiskami CZOK rejon PS Szombierki. Do w/w wyrobisk powietrze doprowadzane będzie z szybu „Budryk” oraz z rejonu Szombierki, a odprowadzane do szybu „Staszic”. Zadaniem obliczeń z wykorzystaniem programu AERO było to aby zmiany układu wentylacyjno-depresyjnego były jak najmniejsze, a przewietrzanie wyrobisk optymalne i bezpieczne. Na szybie „Staszic” zabudowane są wentylatory WPK-3,3 których parametry pracy dla nowego układu wentylacyjnego są duże. W nowym modelu sieci wentylacyjnej występować będzie zatem nadmiar powietrza oraz wyższe spiętrzenie wentylatora niż w obecnym układzie. Aby temu zapobiec należało przeprowadzić tak regulację sieci wentylacyjnej, aby przewietrzanie wyrobisk oraz parametry pracy wentylatora na szybie „Staszic” były optymalnie dobrane do warunków odpowiadających nowemu układowi wentylacyjnemu.

Regulację sieci wentylacyjnej przeprowadzono w następujący sposób:

- 1) Na poziomie 250 m
  - a. w celu dostosowania wydatków powietrza w wyrobiskach i komorach funkcyjnych na tym poziomie przeprowadzono regulację na tamach wentylacyjnych zabudowanych:
    - w objeździe szybu Budryk na poz. 250 m (bocznica 7-59-43),
    - w przekopie objazdowym do szybu Budryk (bocznica 7-43),
    - w przecince do przekopu materiałowego pochyłego (bocznica 24-64),
    - z kolei w przekopie objazdowym do szybu Budryk (bocznica 22-63) zaprojektowano nowe tamy wentylacyjne,
- 2) Na poziomie 774 m
  - a. dla dostosowania wydatków powietrza w wyrobiskach i komorach funkcyjnych na tym poziomie przeprowadzono regulację na tamach wentylacyjnych:
    - w przekopie materiałowym z komór (bocznica 221-239),
    - w zajezdni lokomotyw (bocznica 240-263),
    - w przecince na płu. do przekopu wentylacyjnego (bocznica 262-42).

### **20.9.3 Wyrobiska z odwróconym kierunkiem przepływającego powietrza**

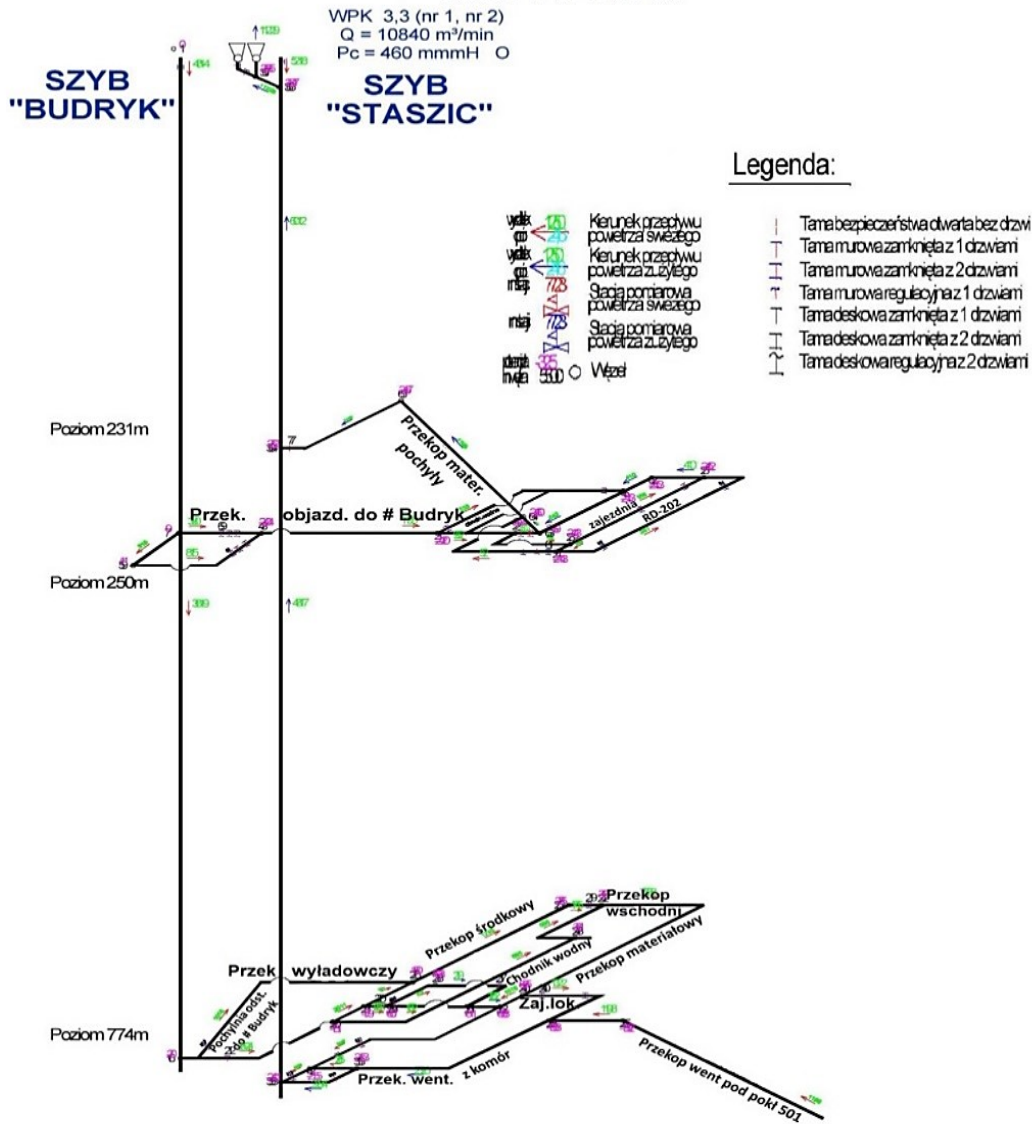
W projektowanym modelu przewietrzania po likwidacji wyrobisk wentylacyjnych oraz szybu „Witczak” odnotowano zmianę kierunku przepływu powietrza na odcinku przekopu materiałowego na poz. 774 m pomiędzy przekopem wschodnim a zajezdnią lokomotyw (na płu. od węzła 240). Zmian ta nie ma jednak wpływu na bezpieczne przewietrzanie wyrobisk na tym poziomie.

### **20.9.4 Analiza rozptyłu powietrza w sieci wentylacyjnej**

Wyniki rozptyłu powietrza dla projektowanego modelu przewietrzania przedstawiono na rysunku 20.3 i nadano mu nazwę „PROJEKT”.

W dalszej części przeprowadzono analizę porównawczą ze stanem aktualnym wydatków powietrza oraz innych parametrów wentylacyjnych w istotnych bocznicach wyniki których przedstawiono w tabeli 20.8 i 20.9 oraz na rysunku 20.4. W dalszej części przeprowadzono analizę porównawczą ze stanem aktualnym wydatków powietrza oraz innych parametrów wentylacyjnych w istotnych bocznicach wyniki których przedstawiono w tabeli 20.8 i 20.9 oraz na rysunku 20.4.

## SCHEMAT PRZESTRZENNY SIECI WENTYLACYJNE KOPALNI X



Rys. 20.3 Schemat docelowy sieci wentylacyjnej Kopalni X

Źródło: opracowanie własne

Tabela 20.8 Ilości powietrza doprowadzanego do wyrobisk Kopalni X

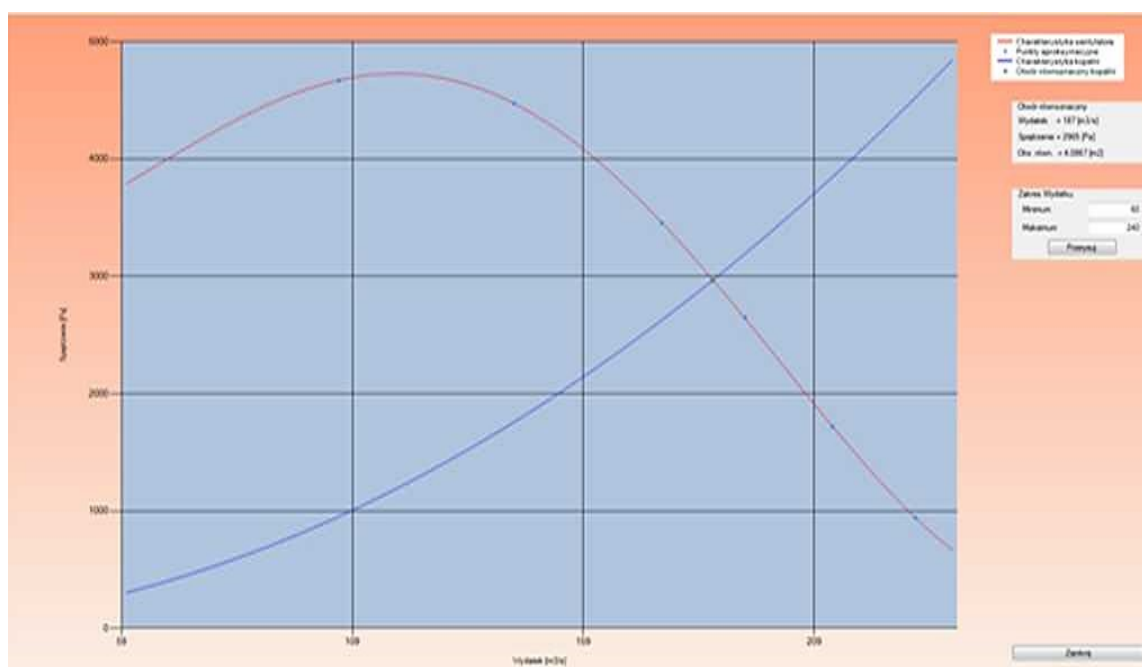
Nazwa wyrobiska	Stan projektowany	Stan aktualny	Zmiana w stosunku do stanu aktualnego
	m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /min
szyb Barbara	4800	5270	+730
szyb Rejtan	---	7090	-7090
szyb Skarga	---	3760	-3760
Z KWK „Bobrek”	---	440	-440
z CZOK Szombierki	1200	1120	+80
Suma doprowadzanego powietrza do wyrobisk Kopalni	6000	17680	-11680

Źródło: opracowanie własne

Tabela 20.9 Wydatki powietrza odprowadzanego z wyrobisk Kopalni X

Nazwa wyrobiska	Stan projektowany	Stan aktualny	Zmiana w stosunku do stanu aktualnego
	m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /min
Szyb Staszic rura szybowa [m <sup>3</sup> /min.]	6000	9380	-3380
Szyb Witczak rura szybowa [m <sup>3</sup> /min.]	---	8300	-8300
Szyb Staszic Q [m <sup>3</sup> /min.]	11229	12901	-1672
ΔPc [Pa]	2965	1626	+1339
A [m <sup>2</sup> ]	4,1	6,3	-2,2
Szyb Witczak Q [m <sup>3</sup> /min.]	---	15020	-15020
ΔPc [Pa]	---	2569	-2569
A [m <sup>2</sup> ]	---	5,9	-5,9

Źródło: opracowanie własne



Rys. 20.4 Parametry wentylatorów głównego przewietrzania przy szybie szyb „Staszic”  
spiętrzenie  $\Delta P_c = 300 \text{ kG/m}^2$ , wydajność  $V = 11229 \text{ m}^3/\text{min.}$ , otwór równoznaczny  $A = 4,1 \text{ m}^2$   
Źródło: Opracowanie własne

Wobec znacznego nadmiaru powietrza w podsieci szybu „Staszic” Kopalnia X stosuje częściowe przymknięcie aparatów kierowniczych wentylatorów głównych WPK-3,3 zabudowanych przy szybie ( $A_k = 65\%$ ). Jednakże dla nowego modelu wentylacyjnego, który jest układem prostym nadal notowany jest nadmiar powietrza. Niekorzystnie wzrosło też spiętrzenie na wentylatorze głównym przy szybie Staszic (ok.  $300 \text{ kG/m}^2$ ) co może pogorszyć stan zagrożenia pożarowego. W celu obniżenia spiętrzenia na wentylatorze przeprowadzono symulację polegającą na zwiększeniu strat zewnętrznych tego szybu. Wynik nie był zadowalający, osiągnięte spiętrzenie wyniosło ok.  $250 \text{ kG/m}^2$ .

Podobnie przeprowadzono symulację „dławienia wydatku na wentylatorze”. Wynik również nie był zadawalający – spiętrzenie na wentylatorze wyniosło ok. 370 kG/m<sup>2</sup>. Dla punktu pracy wentylatora głównego WPK-3,3 może nie być spełniony kumulacyjny warunek stabilnej pracy. Spiętrzenie wentylatora będzie znajdować się w pobliżu niebezpiecznej wartości spiętrzenia 0,9 ΔP<sub>cwmax</sub>.

*Mając powyższe na uwadze zaproponowano dla projektowanego modelu przewietrzania przeanalizowanie odpowiedniego rozwiązania technicznego, polegającego na zastosowaniu dla obecnego wentylatora głównego WPK-3,3 układu regulacji wydajności i spiętrzenia za pomocą przekształtnika częstotliwości lub kaskady tyrystorowej, bądź zastosowanie nowego wentylatora głównego o parametrach wydajnościowo-derpresyjnych dostosowanych do modelu docelowego.*

## 20.10 WNIOSKI

Przedstawione w niniejszym rozdziale wnioski wynikają z analizy wyników i obliczeń parametrów wentylacyjnych oraz z analizy sieci wentylacyjnej dla stanu aktualnego tj. przed likwidacją szybu „Witczak” oraz dla stanu projektowanego tj. po likwidacji szybu „Witczak.

### **Wnioski odnoszące się do analizy aktualnej sieci wentylacyjnej tj. przed likwidacją szybu „Witczak”:**

1. Sporządzony model matematyczny i graficzny sieci wentylacyjnej Kopalni X jest poprawny i zgodny z aktualnym stanem wentylacyjnym Kopalni.
2. Do wyrobisk Kopalni X doprowadzane jest powietrze szymbami wdechowymi o łącznej ilości 17680 m<sup>3</sup>/min.
3. Powietrze z wyrobisk KWK „Centrum” odprowadzane jest szymbami wydechowymi, przy czym: szymbem „Staszic” w ilości 9380 m<sup>3</sup>/min., szymbem „Witczak” w ilości 8300 m<sup>3</sup>/min.
4. Parametry pracy wentylatorów głównego przewietrzania są następujące:
  - szymb Staszic – wentylator typu WPK 3,3: spiętrzenie ΔP<sub>c</sub> = 1627 N/m<sup>2</sup> (~ 165 kG/m<sup>2</sup>), wydajność V = 12900 m<sup>3</sup>/min (~ 215 m<sup>3</sup>/s), otwór równoznaczny A = 6,3 m<sup>2</sup>
  - szymb Witczak – wentylator typu WPR-220/1,8: spiętrzenie ΔP<sub>c</sub> = 2569 N/m<sup>2</sup> (~ 260 kG/m<sup>2</sup>), wydajność V = 15020 m<sup>3</sup>/min (~ 250 m<sup>3</sup>/s), otwór równoznaczny A = 5,9 m<sup>2</sup>
5. Z powyższego bilansu wynika, że w Kopalni występuje nadmiar ilości powietrza, który ograniczany jest: w podsieci szymbu „Witczak” poprzez częściowe dławienie przepływu powietrza w kanale wentylacyjnym oraz zwiększone straty zewnętrzne, a w podsieci szymbu „Staszic” poprzez częściowe przymykanie aparatów kierowniczych.
6. Z analizy głównych dróg wentylacyjnych odprowadzających powietrze do szymbu wydechowego „Witczak”, gdzie zlokalizowane są tamy izolujące zroby zawałowe ścian ostatnio eksploatowanych stwierdza się, że: prądy powietrza



przepływającego tymi wyrobiskami są prądami bardzo mocnymi, a różnica potencjałów aerodynamicznych w sąsiedztwie zrobów ściany 4 w pokł. 510 tj. w płaszczyźnie poziomu 585 m i poziomu 774 m wynosi tylko 28,0 Pa. Świadczy to o występowaniu wyrównanego potencjału aerodynamicznego wokół analizowanej przestrzeni.

### **Wnioski odnoszące się do analizy aktualnej sieci wentylacyjnej tj. po likwidacji szybu „Witczak”:**

1. Wyłączenie z sieci wentylacyjnej szybu Witczak może nastąpić dopiero po likwidacji wyrobisk na poziomie 930 m. W przypadku likwidacji szybu Witczak wystąpią problemy z prawidłowym przewietrzaniem wyrobisk na poziomie 930 m, oraz ewentualną ewakuacją zatrudnionej tam załogi w momencie wystąpienia zagrożenia.
2. Po wyłączeniu z sieci wentylacyjnej szybu „Witczak” wraz z wyrobiskami przedstawionymi projektowany model przewietrzania KWK „Centrum” będzie prostym układem wentylacyjnym funkcjonującym w oparciu o szyb wdechowy „Budryk”, szyb wydechowy „Staszic”.
3. W wyniku regulacji w projektowanym modelu przewietrzania odnotowano zmianę kierunku przepływu powietrza na odcinku przekopu materiałowego na poz. 774 m pomiędzy przekopem wschodnim, a zajezdnią lokomotyw (na północ od węzła 240). Zmiana powyższa nie będzie miała jednak wpływu na bezpieczne przewietrzanie wyrobisk.
  - Z analizy komputerowego rozptyłu powietrza wynika, że: do Kopalni X dopływać będzie powietrza w ilości 6000 m<sup>3</sup>/min., z czego 4800 m<sup>3</sup>/min. szybem „Budryk”, a 1200 m<sup>3</sup>/min. z rejonu wyrobisk Szombierki.
  - parametry pracy wentylatora głównego przewietrzania przy szybie „Staszic” będą następujące: ciśnienie  $\Delta P_c = 2965 \text{ N/m}^2$  ( $\sim 300 \text{ kG/m}^2$ ), wydajność  $V = 11229 \text{ m}^3/\text{min}$  ( $\sim 187 \text{ m}^3/\text{s}$ ) otwór równoznaczny  $A = 4,1 \text{ m}^2$
  - stwierdzony niekorzystnie wzrost ciśnienia na wentylatorze głównym przy szybie „Staszic” (ok. 300 kG/m<sup>2</sup>) może pogorszyć stan zagrożenia pożarowego.
4. Wyniku przeprowadzonej symulacji obniżenia ciśnienia i wydajności na wentylatorze WPK-3,3 stwierdzono, że stacja wentylatorów głównego przewietrzania przy szybie „Staszic” z wentylatorami typu WPK-3,3 bez możliwości płynnej regulacji ciśnienia i wydatku nie sprosta wymaganiom nowym warunkom wentylacyjnym – po likwidacji szybu „Witczak”.
5. Wobec powyższego proponuje się, aby w trakcie prowadzonego procesu izolacji wyrobisk, przeprowadzić analizę modelu docelowego sieci wentylacyjnej, w aspekcie zastosowania odpowiednich rozwiązań technicznych, które pozwolą na regulację parametrów pracy wentylatorów głównego przewietrzania przy

szybie „Staszic” stosownie do kształtującego się zagrożenia metanowego i pożarowego.

#### LITERATURA

1. H. Bystroń Podstawowe pojęcia i związki opisujące quasi-stacjonarny przepływ powietrza wilgotnego wyrobiskiem górniczym w kopalni podziemnej. *Przegląd Górniczy*, nr 11/12, 1982.
2. J. Pawiński, J. Roszkowski, J. Strzemiński: *Przewietrzanie kopalń*, Śląskie Wydawnictwo Techniczne Katowice 1995r.
3. Praca zbiorowa. *Poradnik Górnika Tom III.*: Wydawnictwo "Śląsk", Katowice 1974.
4. Instrukcja obsługi programu AERO-2014D. POK Zachód Spółka z o.o.
5. Część szczegółowa planu ruchu KWK „X” [1],

*Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2019*

*Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2019*

## OPTIMALIZACJI PARAMETRÓW SIECI WENTYLACYJNEJ KOPALNI X W PRZYPADKU LIKWIDACJI JEDNEGO Z SZYBÓW WENTYLACYJNYCH

**Streszczenie:** Artykuł podejmuje problematykę określenia parametrów sieci wentylacyjnej Kopalni X dla przyszłego modelu docelowego jej funkcjonowania, w którym po zakończeniu etapu likwidacji zbędnej infrastruktury kopalnia będzie pełnić rolę centralnej pompowni wód dołowych dla wszystkich kopalń Niecki Bytomskiej. W artykule przedstawiono wyniki pomiarów parametrów aktualnej sieci wentylacyjnej Kopalni X oraz za pomocą programu AERO-2014D firmy POK „Zachód” Spółka z o.o. symulację parametrów jej sieci w modelu docelowym po likwidacji szybu „Witczak”. Uzyskane wyniki pozwoliły określić działania techniczne jakie należy podjąć aby zagwarantować stabilność sieci wentylacyjnej w przyszłym modelu docelowym kopalni X.

**Słowa kluczowe:** Kopalnia, sieć wentylacyjna, model docelowy, szyb, wentylator główny, wydajność, otwór równoznaczny, spiętrzenie potencjałów aerodynamiczny

## OPTIMIZATION OF THE VENTILATION NETWORK PARAMETERS OF THE X MINE IN THE EVENT OF LIQUIDATION OF ONE OF THE VENTILATION SHAFTS

**Abstract:** The article deals with the issue of determining the parameters of the ventilation network of the Mine X for the future model of its target operation, in which after completion of the phase of unnecessary infrastructure liquidation will act as a central pumping station for all mines of the Bytom Basin. The article presents the results of measurements of the parameters of the current ventilation network of Mine X and with the help of the AERO-2014D program of the POK "Zachód" Spółka z o.o. simulation of its network parameters in the target model after the liquidation of the "Witczak" shaft. The obtained results allowed to determine the technical measures to be taken to ensure the stability of the ventilation network in the future target model of the X mine.

**Key words:** Mine, ventilation network, target model, shaft, main fan, efficiency, equivalent hole, accumulation, aerodynamic potentials

**dr inż. Piotr Mocek**  
Politechnika Śląska w Gliwicach  
Wydział Górnictwa i Geologii  
ul. Akademicka 2a, 41-100 Gliwice, Polska  
tel. +48 602 679 682  
e-mail: apolloo2@o2.pl,

**mgr inż. Janusz Smoliło**  
SRK S.A. Oddział KWK "Centrum"  
ul. Łużycka 7, 41-902 Bytom, Polska  
tel. +48 668 491 581  
e-mail: janusz.1605@op.pl,