

# Wpływ intensywności eksploatacji i zruszenia górotworu na wartość współczynnika eksploatacji

## Influence of the intensity of mining and degree of rock mass disturbance on the value of the exploitation coefficient



Prof. dr hab. inż. Tadeusz Majcherczyk<sup>\*)</sup>



Dr inż. Katarzyna Kryzia<sup>\*)</sup>

**Treść:** W artykule przedstawiono analizę wartości współczynnika eksploatacji przeprowadzoną w jednym z rejonów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Analizie poddane zostały obszary, w których zróżnicowana była intensywność eksploatacji. Wartości współczynników eksploatacji wyznaczono z dopasowania krzywej obniżenia pomierzonych, a także na podstawie równania regresji wynikającego z cech górotworu w jakim prowadzona jest działalność wydobywcza. Górotwór w analizowanych obszarach scharakteryzowano przez miąższość i rodzaj warstw nadkładu, rodzaj warstw karbonu, głębokość eksploatacji oraz stopień naruszenia górotworu wcześniej dokonaną eksploatacją. Ocenie poddano wartość współczynników eksploatacji dla przypadków charakteryzujących się różnym stopniem zruszenia górotworu.

**Abstract:** This paper presents an analysis of the value of the exploitation coefficient carried out in one of the regions of Upper Silesian Coal Basin. The analysis covered areas where the intensity of exploitation varied. Values of exploitation coefficients were determined from the adjustment of the curve of subsidence as well as on the basis of the regression equation resulting from the features of the rock mass in which the mining activity is carried out. The rock mass in the analyzed areas was characterized by thickness and type of the overburden strata, type of Carboniferous strata, depth of exploitation and rock mass disturbance by previously performed exploitation. The value of exploitation coefficients was evaluated for cases characterized by varying rock mass disturbance.

### Słowa kluczowe:

obniżenia powierzchni terenu, eksploatacja zawałowa, intensywność eksploatacji, zruszenie górotworu

### Keywords:

subsidence, coal mining with caving, intensity of exploitation, rock mass disturbance

## 1. Wprowadzenie

Podziemna eksploatacja węgla kamiennego inicjuje procesy deformowania się górotworu i powierzchni terenu, które uwarunkowane są wieloma czynnikami. Zalicza się do nich czynniki związane z budową geologiczną ośrodka skalnego oraz wielkości charakteryzujące rozmiar i intensywność prowadzonych robót górniczych.

Wśród czynników mających wpływ na przebieg, rozkład oraz wielkość deformacji terenu górniczego największe znaczenie mają czynniki geologiczne – naturalne niepodlegające ingerencji człowieka oraz czynniki górnicze – techniczne, które mogą być odpowiednio zmieniane i dobierane tak, aby zminimalizować wpływ eksploatacji górniczej (Ostrowski, Malinowska, 2006).

Dokładność prognozy deformacji powierzchni terenu górniczego zależy od tego w jakim stopniu uwzględnia się w niej powyższe czynniki. W Polsce najczęściej stosowaną teorią prognozy deformacji terenu jest teoria S. Knothe. Wyznaczenie wartości wskaźników deformacji oparte jest na doborze parametrów teorii, tj. współczynnika eksploatacji i parametru  $tg\beta$  (Knothe, 1984, Popiołek, 2009, Kowalski, 2017).

Prowadzenie wielopokładowej eksploatacji pokładów węgla powoduje, że górotwór wielokrotnie poddawany jest procesowi zruszenia. Wpływ zruszenia górotworu na wartość obniżenia terenu górniczego obserwuje się w praktyce (Szpetkowski, 1980, Dzeniuk, Niedojadło, 1981, Mielimaka, Orwat, 2016, Ghabraie 2017, Majcherczyk i in., 2018). W artykule przedstawiono wyniki analizy zmiany wartości współczynnika eksploatacji dla danego rodzaju górotworu uwzględniając zruszenie górotworu jako małe, średnie i duże.

\* AGH, Akademia Górniczo-Hutnicza, WGiG, Kraków

## 2. Rodzaj górotworu a współczynnik eksploatacji

Dla właściwego scharakteryzowania górotworu niezbędnym jest zastosowanie odpowiedniej klasyfikacji. Eksploatacja prowadzona w wielu pokładach, na coraz większych głębokościach powoduje, że przy doborze wartości parametrów prognozy umożliwiającą predykcję wartości obniżenia powierzchni terenu należy wziąć pod uwagę cechy charakteryzujące budowę górotworu, w tym w szczególności aktywację starych zrobów i zruszenie górotworu nią spowodowane (Kryzia i in., 2018).

Rozważania na ten temat zostały zawarte w pracy (Kryzia i in., 2018). Przeprowadzone rozpoznanie geologiczne i górnicze umożliwiło analizę charakterystycznych cech górotworu w zróżnicowanych rejonach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wyróżnione modele górotworu uwzględniają wielkość i rodzaj nakładu, miąższość i rodzaj poszczególnych warstw skalnych karbonu, liczbę warstw oraz sposób ich ułożenia w górotworze, zmiany w strukturze górotworu spowodowane wcześniejszą eksploatacją pokładów węgla, głębokość prowadzonej eksploatacji.

W analizie badanych modeli górotworu jako główne cechy przyjęto (Kryzia i in. 2018) wpływ nakładu ( $w_n$ ), strefę nakładu ( $s_n$ ), strefę karbonu ( $s_k$ ), zruszenie górotworu ( $z_g$ ) i

głębokość eksploatacji ( $h_e$ ). Przy czym każda cecha otrzymała określoną liczbę punktów w zależności od jej wagi.

Założono, że wymienione cechy istotnie wpływają na zaistniałe wartości obniżenia powierzchni terenu, a także wartości prognozowanych obniżenia terenu oraz parametry teorii prognozowania (Majcherczyk, Kryzia 2017).

Określenie wartości poszczególnych cech górotworu wraz z charakterystyką oraz wpływem na wartość współczynnika eksploatacji zostało przedstawione na poniższym schemacie (rys. 1)

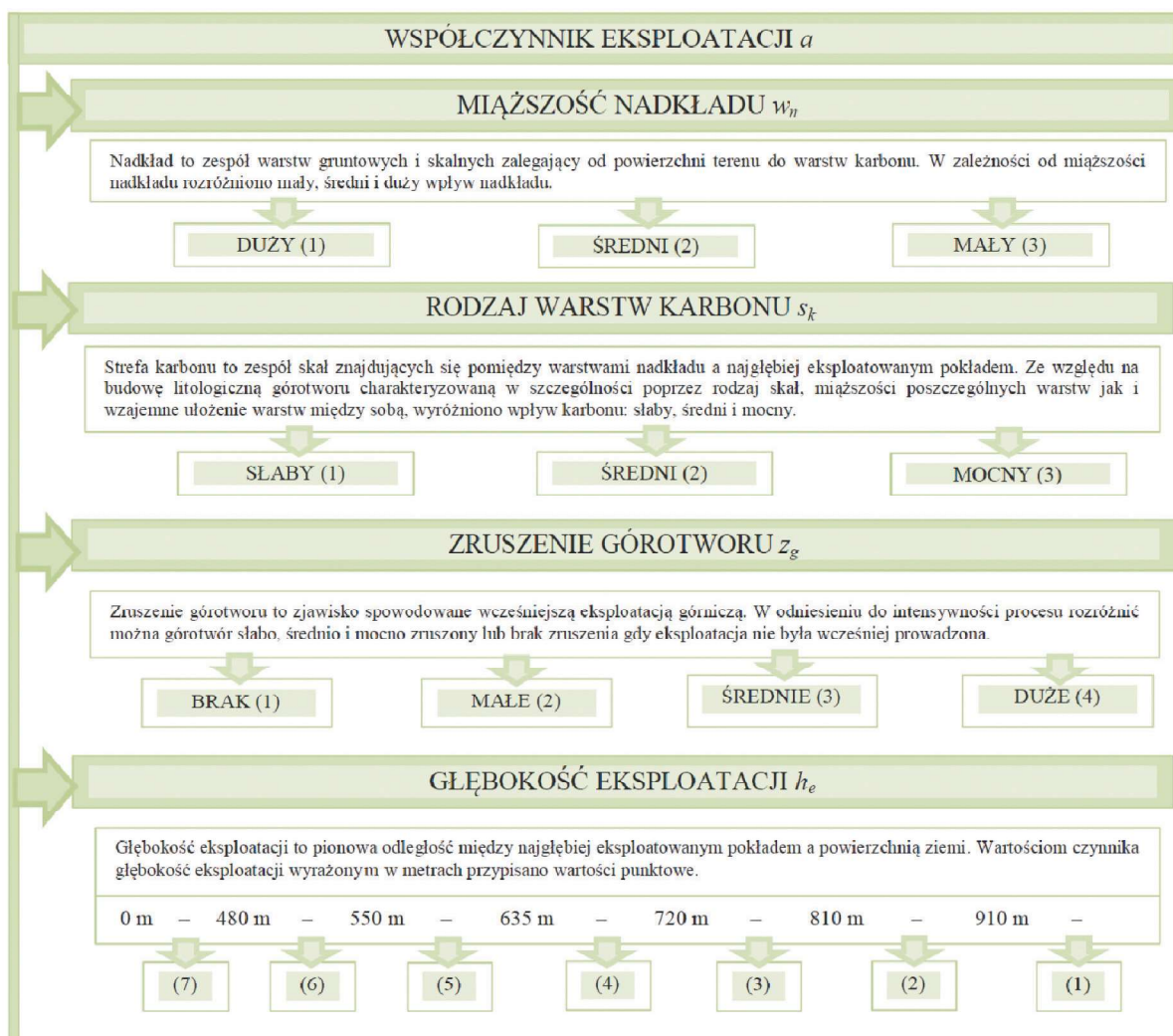
W wyniku przeprowadzonej analizy regresji (Majcherczyk, Kryzia 2017) otrzymano równanie współczynnika eksploatacji  $a$  w postaci:

$$a = w_n^{-0,4651} s_k^{-0,1364} z_g^{0,5023} h_e^{-0,0951} \quad (1)$$

gdzie:

- $a$  – współczynnik eksploatacji,
- $w_n$  – wpływ nakładu,
- $s_k$  – strefa karbonu,
- $z_g$  – zruszenie górotworu,
- $h_e$  – głębokość eksploatacji.

W celu weryfikacji równania regresji i wpływu zruszenia górotworu na wartość współczynnika eksploatacji wykonano obliczenia reprognozy dla trzech przypadków znajdujących się



Rys. 1. Schemat wyznaczania wartości punktowych poszczególnych cech górotworu dla określenia wartości współczynnika eksploatacji

Fig. 1. Pattern scheme for the determination of the point values of particular factors characterising the rock mass for the estimation of the exploitation coefficient value

w tym samym obszarze górniczym. Każdy przypadek charakteryzował się różną intensywnością eksploatacji, a więc innym zruszeniem górotworu. Złoże będące przedmiotem analizy zostało udokumentowane do głębokości 1100 m. Wartości współczynnika eksploatacji wyznaczono z przedstawionego powyżej równania regresji. Na podstawie analizy obniżeń na punktach linii pomiarowych za pomocą programu TGB1 z pakietu programów EDN-OPN autorstwa prof. J. Białka, wyznaczono parametry teorii prognozowania obniżeń powierzchni (Białek, 2003, Białek, Mielimąka, 2001).

Analizowane przypadki charakteryzowały się zatem podobną budową geologiczną, zaś różnym stopniem zruszenia górotworu spowodowanym wcześniejszą eksploatacją górniczą. W profilu geologicznym wyróżniono warstwy czwartorzędowe i trzeciorzędowe oraz utwory karbonu westfalu (warstw orzeskich i rudzkich).

### 3. Zmiana współczynnika eksploatacji w zależności od zruszenia górotworu

#### Przypadek 1

W analizowanym obszarze eksploatacja prowadzona była w latach 2011-2016. W pięciu pokładach 401/1, 403/1, 403/3, 404/1, 404/2 wyeksploatowano 10 ścian o miąższości od 1,90 m do 4,20 m, znajdujących się na głębokościach od 770 m do 1000 m. Eksploatacja z zawalem stropu nie była prowadzona bezpośrednio pod linią pomiarową, ale w bliskim jej sąsiedztwie od 100 m do ok. 500 m od linii pomiarowej. Rozmieszczenie eksploatowanych ścian w rejonie linii pomiarowej przedstawiono na rysunku 2.

Pomiary obniżeń na punktach linii pomiarowej wykonywano od 2011 do 2016 roku. Maksymalne obniżenia w zachodniej części linii pomiarowej dochodziły w 2016 roku do 0,679 m. Parametry teorii prognozowania wyznaczone zostały z dopasowania krzywej obniżeń pomierzonych na punktach linii pomiarowej za pomocą programu TGB1. Wartość współczynnika eksploatacji  $a$  wyniosła 0,64, zaś kąt zasięgu wpływów głównych  $tg\beta$  wyniósł 1,60.

Wartość współczynnika eksploatacji wyznaczono również korzystając z równania (1). Cechy modelu górotworu po przeanalizowaniu rodzaju górotworu i prowadzonych robót eksploatacyjnych przyjęły wartości liczbowe zgodnie z przyjętą metodyką. Nadkład w analizowanym rejonie można przyjąć jako średni. Określono go na podstawie miąższości warstw czwartorzędowych i trzeciorzędowych w stosunku do głębokości prowadzonej eksploatacji. Dlatego wpływowi nadkładu przypisano wartość 2. Strefa karbonu zbudowana jest ze zróżnicowanych warstw skalnych zaliczanych do grup karbonu mocnego i słabego. Dlatego strefie karbonu przypisano również wartość 2. W analizowanym obszarze eksploatacja nie była prowadzona bezpośrednio pod linią pomiarową, dlatego zruszeniu górotworu przypisano wartość 1. Zaś eksploatacja w prowadzonym rejonie przekraczała głębokość 910 metrów, więc również cecha głębokość eksploatacji uzyskała wartość 1. Zestawienie wartości cech i wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 1.

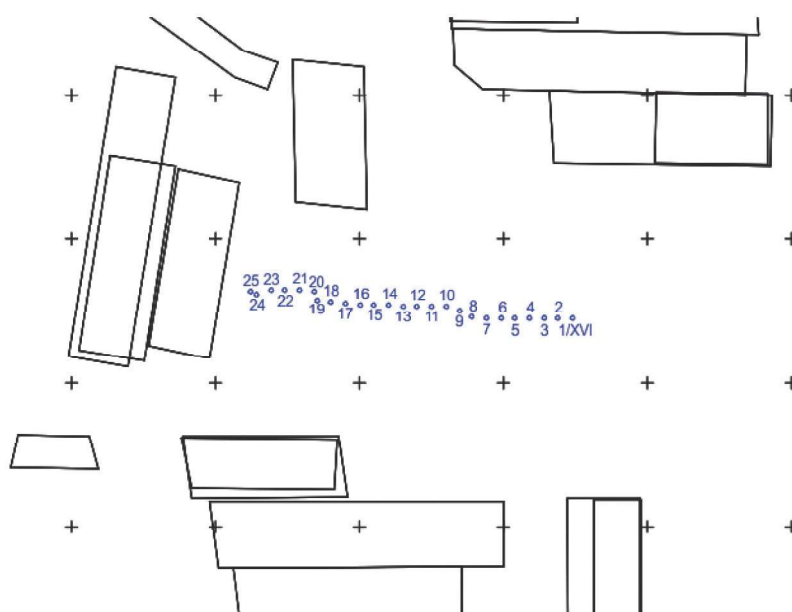
Tabela. 1. Wartości cech modelu górotworu oraz współczynników eksploatacji – przypadek 1

Table. 1. Values of factors describing rock mass and the exploitation coefficient – case 1

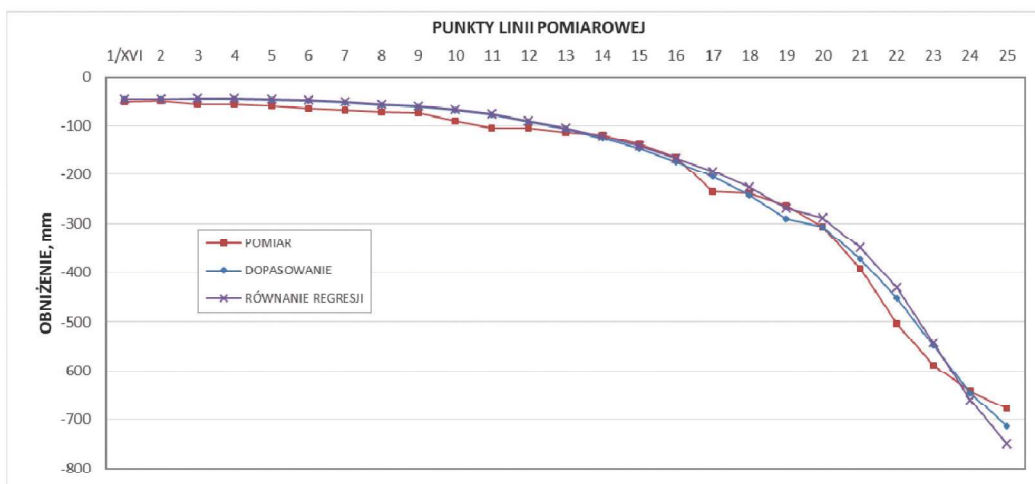
Wpływ nadkładu $w_n$	Strefa karbonu $s_k$	Zruszenie górotworu $z_g$	Głębokość eksploatacji $h_e$	Współczynnik eksploatacji $a$ z regresji	Współczynnik eksploatacji $a$ z TGB1
2	2	1	1	0,66	0,64

Wartości współczynnika eksploatacji wyznaczonego z równania regresji wyniosła  $a = 0,66$ . Obniżenia maksymalne na linii pomiarowej uzyskane z prognozy przy użyciu wyznaczonego parametru z równania regresji wyniosły 0,749 m.

Porównanie osiadań, które zostały pomierzone na linii pomiarowej w wybranym okresie do osiadań prognozowanych, obliczonych z uwzględnieniem wyznaczonego z równania regresji współczynnika eksploatacji, przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 2. Rozmieszczenie i kształt eksploatacji w okresie 2011-2016 - przypadek 1  
Fig. 2. Distribution and shape of exploitation in 2011-2016 – case 1



Rys. 3. Dopasowanie obniżeń pomierzonych do obniżeń obliczonych w okresie 2011-11-20÷2016-09-20 – przypadek 1

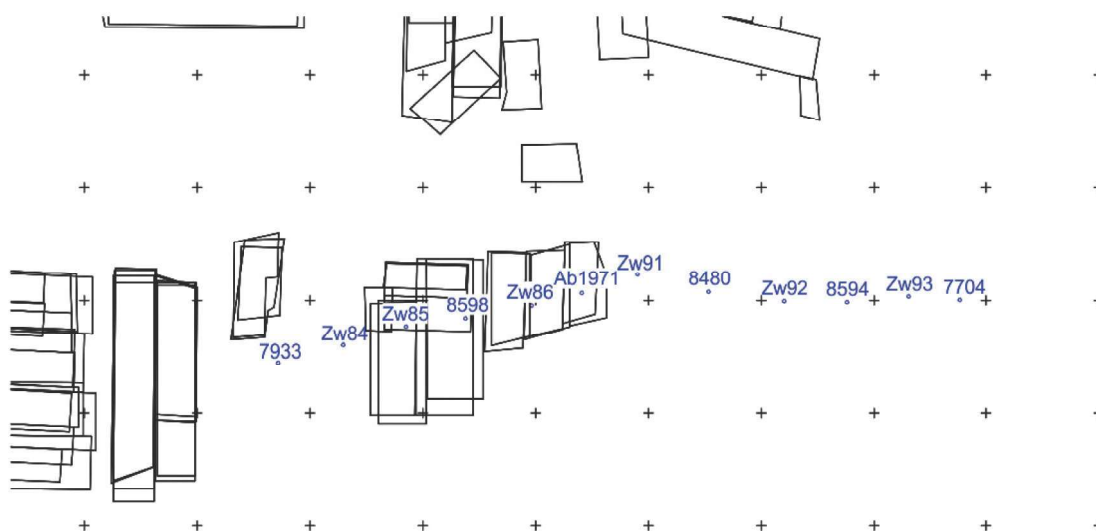
Fig. 3. Matching the measured subsidence to the calculated subsidence between 20-11-2011 and 20-09-2016 – case 1

**Przypadek 2**

W analizowanym obszarze od 1989 roku do 2003 roku prowadzona była eksploatacja bezpośrednio pod linią pomiarową w 10 ścianach zlokalizowanych w czterech pokładach 356/1, 357/1, 360/1 i 361. Miąższości wybieranych ścian wynosiły średnio od 1,30 m do 2,05 m, zaś średnia głębokość eksploatacji oscylowała od 680 m do 806 m. Na rysunku 4 przedstawiono lokalizację poszczególnych ścian wraz z usytuowaniem linii pomiarowej.

Pomiary obniżeń na punktach linii pomiarowej wykonywano od 1989 roku. Maksymalne obniżenia w zachodniej części linii pomiarowej dochodziły w 2003 roku do 3,177 m. Na podstawie analizy wyników uzyskanych na linii pomiarowej wyznaczono parametry teorii prognozowania obniżeń powierzchni. Wartość współczynnika eksploatacji  $a$  wyznaczona z dopasowania krzywej obniżeń pomierzonych na punktach linii pomiarowej za pomocą programu TGB1 wyniosła 0,84, zaś wartość kąta zasięgu wpływów głównych  $tg\beta$  wyniosła 2,58.

Równanie regresji (1) wykorzystano również do wyznaczenia wartości współczynnika eksploatacji w drugim przypadku. Po przeanalizowaniu rodzaju górotworu i prowadzonych robót eksploatacyjnych cechom modelu górotworu przypisano wartości liczbowe. Nadkład warstw czwartorzędowych i trzeciorzędowych w analizowanym obszarze oscylował w granicach 248÷298 metrów, co przy głębokości eksploatacji dochodzącej do 800 metrów stanowi około 34 procent. Wpływ nadkładu przyjęto jako średni i przypisano mu wartość 2. Strefa karbonu zbudowana jest ze zróżnicowanych warstw skalnych, takich jak piaskowce, mułowce, iłowce i węgle. Taki kompleks skał warstw strefy karbonu określono jako średni i przypisano mu również wartość 2. W tym przypadku eksploatacja prowadzona była bezpośrednio pod linią pomiarową i obejmowała 10 ścian eksploatowanych w czterech pokładach. Zruszeniu górotworu przypisano wartość 2, co oznacza małe zruszenie. Eksploatacja w analizowanym obszarze nie przekraczała głębokości 810 metrów, więc cecha głębokości eksploatacji uzyskała wartość 3. Zestawienie wartości cech i wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 4. Rozmieszczenie i kształt eksploatacji w okresie 1989-2003 - przypadek 2

Fig. 4. Distribution and shape of exploitation in 1989-2003 - case 2

**Tabela 2. Wartości cech modelu górotworu oraz współczynników eksploatacji – przypadek 2**  
**Table 2. Values of factors describing rock mass and the exploitation coefficient – case 2**

Wpływ nadkładu $w_n$	Strefa karbonu $s_k$	Zruszenie górotworu $z_g$	Głębokość eksploatacji $h_e$	Współczynnik eksploatacji $a$ z regresji	Współczynnik eksploatacji $a$ z TGB1
2	2	2	3	0,84	0,84

Wartość współczynnika eksploatacji wyznaczona z równania regresji wyniosła  $a = 0,84$ . Obniżenia maksymalne na linii pomiarowej uzyskane z prognozy przy użyciu wyznaczonego parametru z równania regresji wyniosły 3,205 m. Wartość ta jest zbliżona do wartości otrzymanej z pomiarów geodezyjnych.

Obniżenia pomierzone na punktach linii pomiarowej w wybranym okresie zostały porównane z obniżeniami prognozowanymi, obliczonymi z uwzględnieniem wyznaczonego z równania regresji współczynnika eksploatacji, co przedstawiono na rysunku 5.

### Przypadek 3

W trzecim przypadku analizie poddano tę samą linię pomiarową jednocześnie w dwóch różnych okresach eksploatacji, tj. od 1984 roku do 2006 roku oraz do 2016 roku. Analizowano więc średnie i duże zruszenie górotworu.

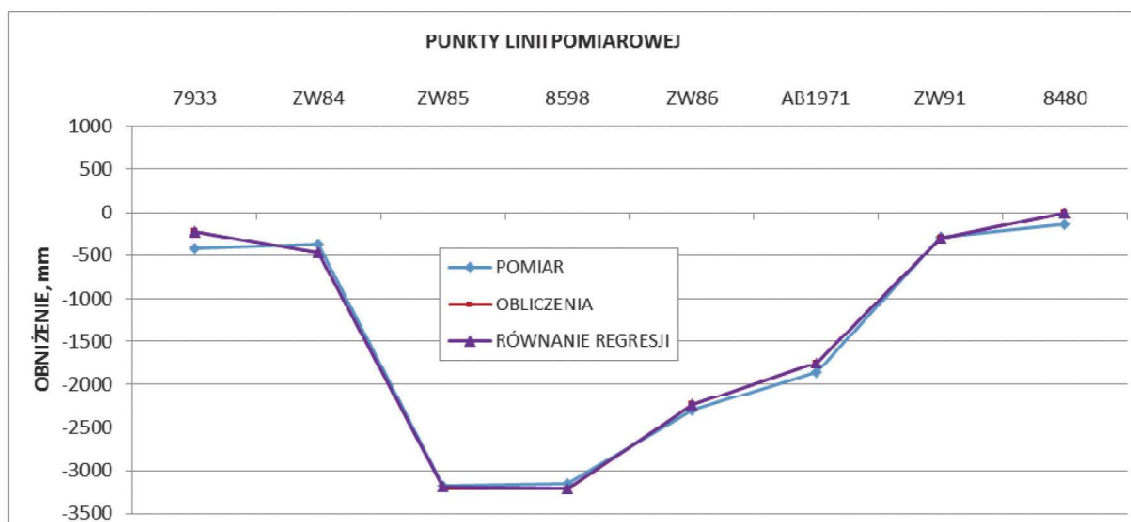
W ciągu dwudziestu dwóch lat prowadzonej eksploatacji górniczej tj. od roku 1984 do 2006 w jedenastu pokładach wyeksploatowano bezpośrednio pod linią pomiarową 32 ściany oraz w bezpośrednim sąsiedztwie tych ścian jeszcze kolejne 35 parcel. Eksploatacja prowadzona była na głębokościach od 577 m do 805 m. Miąższość ścian wynosiła od 1,25 m do 3,5 m, a zwykle oscylowała w granicach 2 m. W 2006 roku maksymalne obniżenia powierzchni terenu na linii pomiarowej miały wartość 11,184 m na punkcie 7717 w środkowej części linii pomiarowej. Znaczący wpływ na obniżenia miała kumulacja eksploatowanych ścian bezpośrednio w tym obszarze.

Rozmieszczenie i kształt poszczególnych ścian wraz z lokalizacją linii pomiarowej w analizowanym obszarze w okresie od 1984 r. do 2016 roku przedstawiono na rysunku 6. Kolorem czarnym zaznaczono eksploatację prowadzoną od roku 1984 do 2006, zaś kolorem zielonym od 2006 do 2016 roku.

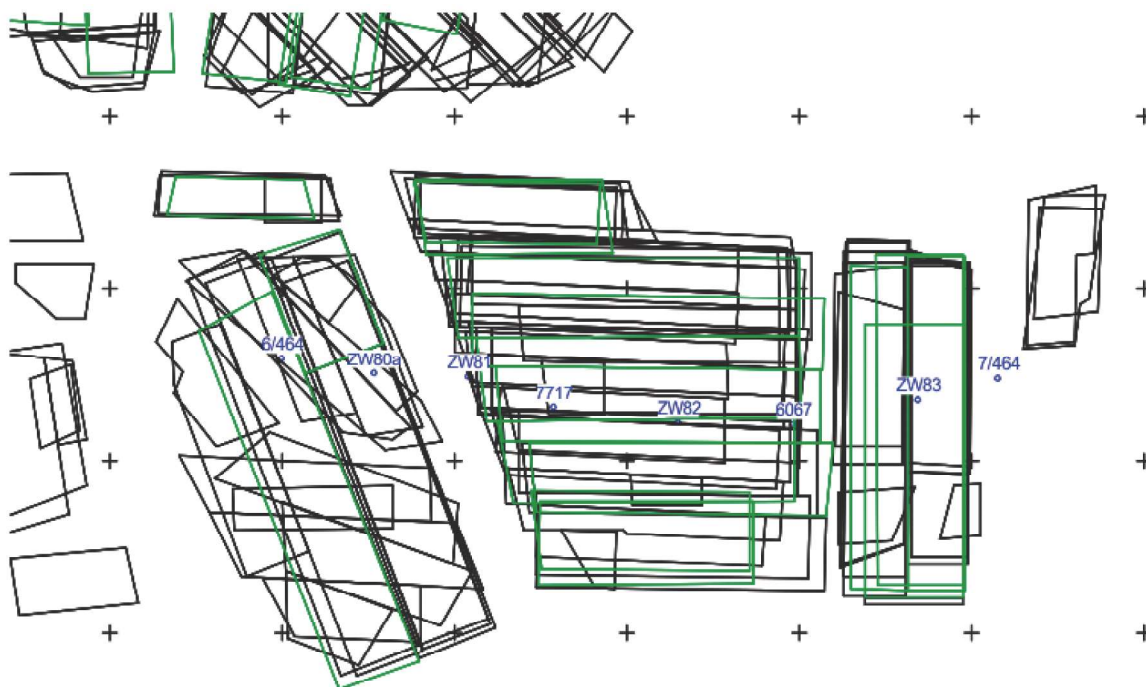
W dalszej analizie uwzględniono eksploatację aż do 2016 roku. W okresie 2006 r. – 2016 r. wyeksploatowano kolejne dziewięć ścian bezpośrednio pod linią pomiarową oraz osiem ścian w ich bliskim sąsiedztwie. Sumarycznie w jedenastu pokładach w ciągu 32 lat prowadzonej eksploatacji wyeksploatowano w obszarze linii pomiarowej ponad osiemdziesiąt ścian. Prowadzona eksploatacja w kolejnych ścianach przekroczyła głębokość 810 m, zaś miąższości eksploatowanych ścian oscylowały średnio powyżej dwóch metrów od 1,90 m do 4,20 m. Pomiary obniżeń na punktach linii pomiarowej kontynuowane do kwietnia 2016 roku wykazały maksymalne obniżenia w punkcie ZW83 wynoszące 13,598 m. Obniżenia na punkcie 7717 nie zostały pomierzone.

W oparciu o wcześniejszą analizę wyników pomiarów geodezyjnych i przebiegu eksploatacji górniczej w górotworze określono wartości parametrów prognozowania zarówno dla eksploatacji prowadzonej do roku 2006, jak i do 2016 roku. W pierwszym okresie – pomiary obniżeń na punktach linii pomiarowej kontynuowane do 2006 roku – wartość współczynnika eksploatacji  $a$  wyniosła 1,02, zaś wartość kąta zasięgu wpływów głównych  $tg\beta$  wyniosła 2,84. W drugim okresie – pomiary obniżeń na punktach linii pomiarowej kontynuowane do kwietnia 2016 roku – wartość współczynnika eksploatacji  $a$  wyniosła 1,28, zaś wartość kąta zasięgu wpływów głównych  $tg\beta$  wyniosła 2,79.

Korzystając z równania regresji wyznaczono wartość współczynnika eksploatacji dla trzeciego analizowanego obszaru w pierwszym okresie, tj. od roku 1984 do 2006. Przyjęte wartości poszczególnych cech górotworu określono po przeanalizowaniu sytuacji górniczej i geologicznej. Miąższość warstw nadkładu oscylowała od wartości około 200 m do ponad 500 m, średnio jednak wynosiła ona około 300 m, co przy głębokości eksploatacji dochodzącej do 800 metrów stanowi prawie 40 procent. Zatem wpływ nadkładu



**Rys. 5. Dopasowanie obniżeń pomierzonych do obniżeń obliczonych w okresie 1989-2003 – przypadek 2**  
**Fig. 5. Matching the measured subsidence to the calculated subsidence in 1989-2003 – case 2**



Rys. 6. Rozmieszczenie i kształt eksploatacji w okresie 1984-2016 - przypadek 3  
 Fig. 6. Distribution and shape of exploitation in 1984-2016 - case 3

przyjęto jako średni i przypisano mu wartość 2. Kolejne warstwy poniżej nadkładu to kompleks składający się ze zróżnicowanych warstw skalnych, zarówno mocnych piaskowców jak i słabszych łowców. Strefę karbonu określono zatem jako średnią i przypisano jej również wartość 2. W analizowanym przypadku eksploatacja prowadzona była w jedenastu pokładach w ponad 60 ścianach eksploatowanych bezpośrednio i w pobliżu pod linią pomiarową, a zatem zruszeniu górotworu przypisano wartość 3, co oznacza średnie zruszenie górotworu. Eksploatacja w prowadzonym rejonie przekraczała głębokość 810 metrów, więc cecha głębokość eksploatacji uzyskała wartość 3. Wartości współczynnika eksploatacji wyznaczonego z równania regresji (1) wyniosła  $a = 1,03$ .

Wartość współczynnika eksploatacji z równania regresji wyznaczono również dla wydłużonego okresu eksploatacji. Wartości poszczególnych cech górotworu mimo tego samego obszaru zostały ponownie przeanalizowane. Nie uległa zmianie cecha strefy karbonu, określono ją jako średnią i przypisano jej wartość 2. Eksploatacja w prowadzonym rejonie przekroczyła głębokości 810 metrów, więc cecha głębokość eksploatacji uzyskała wartość 2. Mimo że sama miąższość nadkładu skał młodszych nie uległa zmianie to zwiększona wartość głębokości eksploatacji spowodowała, że wpływ nadkładu skał młodszych zmalał do 36 procent, nie powodując zmiany wartości tej cechy – wpływ nadkładu średni, wartość 2. Zruszeniu górotworu, pomimo braku zwiększenia liczby pokładów, zdecydowano nadać bardzo istotne znaczenie i wartość 4, ze względu na liczbę ścian wyeksploatowanych

wynoszącą 84 w bezpośrednim obszarze linii pomiarowej. Wartości współczynnika eksploatacji wyznaczonego z równania regresji wyniosła  $a = 1,24$ . Wartość ta jest o 0,04 większa od wartości otrzymanej z dopasowania krzywej do pomiarów geodezyjnych. Wartości cech przyjętych do wyznaczenia wartości współczynnika eksploatacji wraz z wynikami obliczeń dla obu okresów eksploatacji zawiera tabela 3.

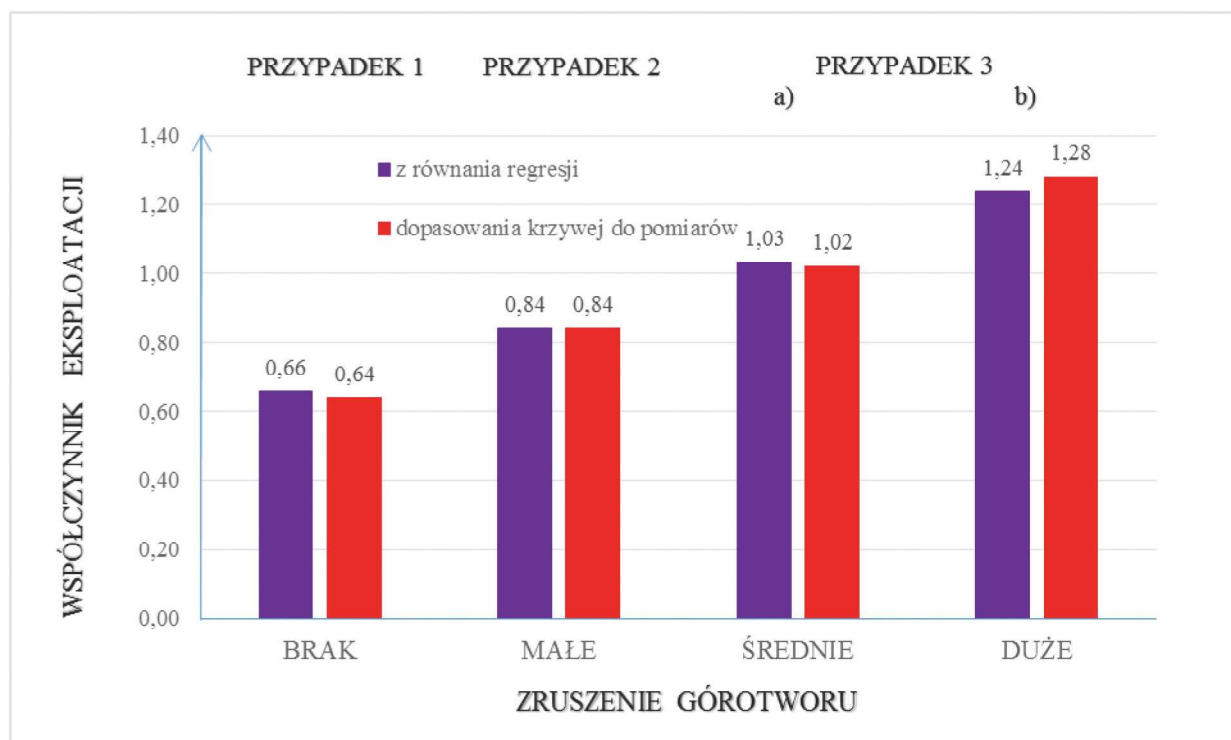
Przeanalizowane przypadki wykazują, że zruszenie górotworu istotnie wpływa na wartość współczynnika eksploatacji, wyznaczone wartości tego parametru zmieniają się w zakresie od 0,64 w górotworze nienaruszonym eksploatacją do wartości 1,28 w obszarze gdzie prowadzono wielopokładową eksploatację, w kilkudziesięciu ścianach. Wraz ze wzrostem intensywności eksploatacji wzrasta wartość współczynnika eksploatacji (rys.7).

4. Podsumowanie

W prognozie deformacji powierzchni terenu spowodowanych podziemną eksploatacją górnictwem najczęściej stosowana jest teoria S. Knothego. Prace badawcze mające na celu zwiększenie dokładności prognozowania wpływów eksploatacji górnictwem na powierzchnię terenu obejmują doskonalenie teorii poprzez zwiększenie dokładności przyjmowanych do obliczeń parametrów teorii (Majcherczyk, Kryzia 2017).

Tabela. 3. Wartości cech modelu górotworu oraz współczynników eksploatacji - przypadek 3  
 Table. 3. Values of factors describing rock mass and the exploitation coefficient - case 3

Lp.	Wpływ nadkładu $w_n$	Strefa karbonu $s_k$	Zruszenie górotworu $\varepsilon_g$	Głębokość eksploatacji $h_e$	Współczynnik eksploatacji $a$ z regresji	Współczynnik eksploatacji $a$ z TGB1
a)	2	2	3	3	1,03	1,02
b)	2	2	4	2	1,24	1,28



Rys. 7. Wartości współczynnika eksploatacji w analizowanych przypadkach

Fig. 7. Values of the exploitation coefficient in the analyzed cases

Wartość współczynnika eksploatacji  $a$  zależy w dużej mierze od sposobu eksploatacji, a w szczególności od sposobu likwidacji pustek poeksploatacyjnych. W pracy poddano analizie przypadki, w których eksploatacja prowadzona była na zawał. Górotwór charakteryzował się podobnymi cechami pod względem litologicznym, ale odmiennym zruszeniem spowodowanym intensywnością eksploatacji.

W sytuacji eksploatacji na coraz większych głębokościach w górotworze naruszonym wcześniejszą wielopokładową eksploatacją, na zjawiska zachodzące w górotworze i rozkład deformacji powierzchni terenu wpływa zruszenie górotworu.

Przedstawione badania wykazują, że o wartości współczynnika eksploatacji  $a$  decyduje zruszenie górotworu. W przypadku eksploatacji wielopokładowej wartość tego parametru może przekraczać jedność. Z doświadczeń wynika, że wysokie wartości współczynnika eksploatacji należy łączyć ze zjawiskiem aktywacji starych zrobów. Aktywacja polega na zagęszczeniu podsadzki, stref zawału oraz stref rozluźnienia górotworu wywołanych wcześniejszą eksploatacją. Występują wtedy dodatkowe, często nawet znacznej wielkości obniżenia powierzchni terenu.

## Literatura

- BIAŁEK J., 2003 - Algorytmy i programy komputerowe do prognozowania deformacji terenu górnictwa. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- BIAŁEK J., MIELIŃSKA R., 2001 - Próba weryfikacji parametrów teorii prognozowania wpływów eksploatacji na teren górnictwa. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo z. 250, s. 68-79.
- DŻENIUK B., NIEDOJADŁO Z., 1981 - Zmienność parametrów teorii S. Knothego w trakcie eksploatacji kolejnych pokładów węgla. Polska Akademia Nauk – Oddział w Krakowie, Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej, Geodezja 29, Kraków.
- GHABRAIE B., REN G., SMITH J.V., 2017 - Characterising the multi-seam subsidence due to varying mining configuration, insights from physical modelling, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 93, pp. 269–279.
- KNOTHE S. 1984 – Prognozowanie wpływów eksploatacji górnictwa. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice.
- KRYZIA K., MAJCHERCZYK T., NIEDEBALSKI Z. 2018 - Estimation of mining impact on surface in relation to rock mass type. *Mineral Resources Management - vol. 34 iss. 2*, s. 151–170.
- KOWALSKA A., 2017 - Prognozowanie deformacji powierzchni w górnictwie węgla kamiennego w Polsce i na świecie, metody empiryczne, czy numeryczne?, „Przeгляд Górnictwa” nr 12, s. 1-6.
- MAJCHERCZYK T., KRYZIA K. 2017 - Współczynnik eksploatacji a rodzaj górotworu. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” nr 12, s. 9–14.
- MAJCHERCZYK T., KRYZIA K., NIEDEBALSKI Z. 2018 - The influence of rock mass disturbance on surface subsidence in urban areas. *Technical Transactions*; iss. 5, s. 83–93.
- MIELIŃSKA R., ORWAT J., 2016 - Wpływ rozwoju eksploatacji w jednej z kopalń JSW na wartości parametrów teorii wpływów Budryka-Knothego, „Przeгляд Górnictwa” nr 1, s. 36-42.
- OSTROWSKI J., MALINOWSKA A., 2006 - Parametry procesu górnictwa wpływów wyznaczone w oparciu o pomierzone obniżenia jako podstawa prognoz deformacji powierzchni. *Miesięcznik WUG*, nr 2, s. 8-16.
- POPIOLEK E., 2009 - Ochrona terenów górnictwa. Wydawnictwa AGH, Kraków.
- SZPETKOWSKI S., 1980 - Wyznaczanie obniżenia powierzchni przy wybieraniu z zawałem stropu kilku pokładów węgla na średnich i dużych głębokościach. „Ochrona Terenów Górnictwa” nr 52, s. 17-25.

Artykuł wpłynął do redakcji – październik 2018  
Artykuł akceptowano do druku 17.12.2018