

Załącznik nr 2

AUTOREFERAT
przedstawiający opis dorobku i osiągnięć
naukowych

dr inż. Krzysztof Tajduś

Instytut Mechaniki Górotworu

Polska Akademia Nauk

Kraków 2016

Spis treści:

1	Imię i nazwisko.....	3
2	Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – podaniem nazwy, miejsca i roku i ich uzyskania oraz tytuł rozprawy doktorskiej.....	3
3	Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	4
4	Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr. 65, poz. 595 ze zm).....	5
4.1	Tytuł osiągnięcia naukowego.....	5
4.2	Zestawienie jednotematycznych publikacji stanowiących podstawę pracy habilitacyjnej (autor/autorzy, tytuł, rok wydania, nazwa wydawnictwa).....	5
4.3	Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania.....	7
4.3.1	<i>Wprowadzenie</i>	7
4.3.2	<i>Zarys podstaw zastosowanej metody badań obliczania przemieszczeń poziomych powierzchni terenu wywołanych podziemną eksploatacją górnictw.</i>	8
4.3.3	<i>Zastosowanie wyników badań w celu określenia wartości oraz rozkładu przemieszczeń poziomych powierzchni terenu.</i>	14
4.3.4	<i>Szczegółowy opis publikacji stanowiących podstawę pracy habilitacyjnej wraz z komentarzem autorskim.</i>	30
4.3.5	<i>Podsumowanie</i>	42
5	Omówienie pozostałych osiągnięć w pracy naukowo – badawczej.....	42
6	Informacja o dorobku publikacyjnym Habilitanta.....	46

1 IMIĘ I NAZWISKO.

Imię i nazwisko: Krzysztof Tajduś

Data i miejsce urodzenia: 03.09.1979, Kraków

Adres domowy: ul. Chmieleniec 33/16, Kraków

2 POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE – PODANIEM NAZWY, MIEJSCA I ROKU I ICH UZYSKANIA ORAZ TYTUŁ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ.

Nazwa: doktor nauk technicznych.

Dyscyplina: Górnictwo i geologia inżynierska,

Specjalność: Geomechanika

Miejsce uzyskania: Akademia Górniczo - Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Rok uzyskania: 2008

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Określenie wartości parametrów odkształceniowych górotworu uwarstwionego w rejonie wpływów eksploatacji górniczej”
(*Praca obroniona w ramach podwójnego doktoratu*)

Nazwa: doktor nauk technicznych.

Specjalność: Geotechnika

Miejsce uzyskania: Technische Universität Bergakademie Freiberg,
Agricolastraße 10, 09596 Freiberg, Niemcy

Rok uzyskania: 2008

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Determination of the value of strain parameters for strata rock mass in the region of underground mining influence”
(*Praca obroniona w ramach podwójnego doktoratu*)

Nazwa: magister inżynier

Miejsce uzyskania: Akademia Górniczo - Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Rok uzyskania: 2003

Kierunek studiów: Budownictwo

Specjalność: Geotechnika i budownictwo specjalne

3 INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH.

od 2003 do nadal – Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk, ul Reymonta 27,
30-059 Kraków

zajmowane stanowiska:

od 2003 do 2004 – pracownik inżynieryjno-techniczny

od 2004 do 2009 – asystent

od 2009 do nadal – adiunkt

od 2011 do 2014 - Akademia Górniczo - Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Wiertnictwa Nafty i Gazu,
al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków,

zajmowane stanowisko: adiunkt

od 2014 do nadal - Binh Duong University,
504 Binh Duong, Thủ Dầu Một, Binh Duong, Vietnam

zajmowane stanowisko: profesor wizytujący,

od 2007 do 2008 - Technische Universität Bergakademie Freiberg,
Institut für Markscheidewesen und Geodäsie,
Fuchsmühlenweg 9, 09599 Freiberg

zajmowane stanowisko: stażysta – stypendium naukowe

4 WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. NR. 65, POZ. 595 ZE ZM).

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego.

Określanie przemieszczeń poziomych powierzchni terenu spowodowanych eksploatacją podziemną.

4.2 Zestawienie jednotematycznych publikacji stanowiących podstawę pracy habilitacyjnej (autor/autorzy, tytuł, rok wydania, nazwa wydawnictwa).

1. **Tajduś K.** 2013: *Mining-induced surface horizontal displacement: The case of BW Prosper Haniel mine*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 58, No. 4, pp. 1037-1055 (**IF. 0.608**; punktacja MNiSZW: **20**).
2. **Tajduś K.** 2013: *Numerical simulation of underground mining exploitation influence upon terrain surface*. Archives of Mining Sciences, Vol 58 No. 3, pp. 605-616 (**IF. 0.608**; punktacja MNiSZW: **20**).
3. **Tajduś K.** 2014: *The nature of mining-induced horizontal displacement of surface on the example of several coal mines*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 59 (2014), No. 4, pp. 971–986 (**IF. 0.608**; punktacja MNiSZW: **20**).
4. **Tajduś K.** 2015: *Analysis of horizontal displacement distribution caused by single advancing longwall panel excavation*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering (2015), Vol.7, Issue 4, p. 395-403 (**IF. 0.4715** wg. *International Institute for Research Impact Factor Journals*).
5. Sroka A., Knothe S., **Tajduś K.**, Misa R. 2015: Point movement trace vs. the range of mining exploitation effects in the rock mass. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 60 (2015), No. 4, pp. 921–929 [udział własny 30%] (punktacja MNiSZW: **14**)
6. **Tajduś K.** 2015: Wpływ postępu frontu ściany na przemieszczenia powierzchni terenu. Przegląd Górniczy, nr.11, str. 106-116, 2015 (punktacja MNiSZW: **7** na rok 2015)
7. **Tajduś K.**, Tajduś A., 2015: Some considerations on horizontal displacement and horizontal displacement coefficient *B*. *Studia Geotechnica et Mechanica*. vol.37, nr.4, 75-82 [udział własny 50%] (punktacja MNiSZW: **12**).

8. **Tajduś K.** 2015: Numerical Modelling of the Mining Induced Horizontal Displacement. *Studia Geotechnica et Mechanica*, vol. 37, nr.4, 65-73 (punktacja MNiSZW: **12**).
9. **Tajduś K.** 2016: Analysis of horizontal displacements measured over the mining operations in longwall No. 537 at the Girondelle 5 seam of the BW Friedrich Heinrich-Rheinland coal mine. *Archives of Mining Sciences*, ISSN 0860-7001, Vol. 61 (2016), No. 1, pp. 157–168 (IF., MNiSZW - brak informacji na 2016r).

Udział naukowy współautorów w pracach wymienionych jako osiągnięcie naukowe, został przedstawiony w załączonych oświadczeniach znajdujących się w załączniku nr 5 do Wniosku.

4.3 Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania.

4.3.1 Wprowadzenie

W podrozdziale 4.2 wymieniłem 9 prac w tym 8 samodzielnych, które można ująć pod wspólnym tytułem „*Określanie przemieszczeń poziomych powierzchni terenu spowodowanych eksploatacją podziemną*”.

Uważam, że opracowane rozwiązania i wyniki, które zostały przedstawione pod ww. tytułem stanowią oryginalne osiągnięcia naukowe w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska w zakresie geomechaniki. Rozwiązania te można podzielić na dwie grupy:

- I. Określanie wartości i rozkładu przemieszczeń poziomych spowodowanych eksploatacją górnictwem w oparciu o obserwacje i pomiary geodezyjne oraz analityczne metody prognozowania deformacji górotworu.
- II. Budowa modeli i numeryczne obliczanie deformacji górotworu i powierzchni terenu (przemieszczeń poziomych i pionowych oraz odkształceń) za pomocą metody elementów skończonych.

Do prognozowania wartości i rozkładu przemieszczeń poziomych terenu, powstałych w wyniku eksploatacji górnictwem w oparciu o pomiary i metody analityczne (pierwsza grupa rozwiązań) wykorzystywane są głównie dwie hipotezy:

- A) hipoteza Keinhorsta¹, zgodnie z którą, punkty powierzchni terenu przemieszczają się w kierunku środka ciężkości wybranej części pokładu. Znając zatem wartość przemieszczenia pionowego można określić kierunek i wartość przemieszczenia poziomego.
- B) hipotezy Awierszyna, który przyjął, że istnieje liniowy związek pomiędzy nachyleniem profilu niecki osiadania, a przemieszczeniem poziomym.

W artykułach 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9 (kolejność wg. podrozdziału 4.2) przedstawiłem wyniki pomiarów i obliczeń oraz prognozę wartości i rozkładu przemieszczeń poziomych spowodowanych eksploatacją górnictwem w wybranych kopalniach.

Do drugiej grupy zaliczyć można szereg prac naukowych opublikowanych przeze mnie w trakcie dotychczasowej kariery naukowej, z których do przedstawionego zbioru artykułów stanowiących podstawę pracy habilitacyjnej wybrałem dwie prace: 2 i 8 (kolejność wg. podrozdziału 4.2). Artykuły te dotyczyły numerycznego modelowania wpływu podziemnej

¹ Keinhorst H. 1925: *Die Berechnung der Bodensenkungen im Emschergbiet*. 25 Jahre der Emschergenossenschaft 1900-1925, Essen

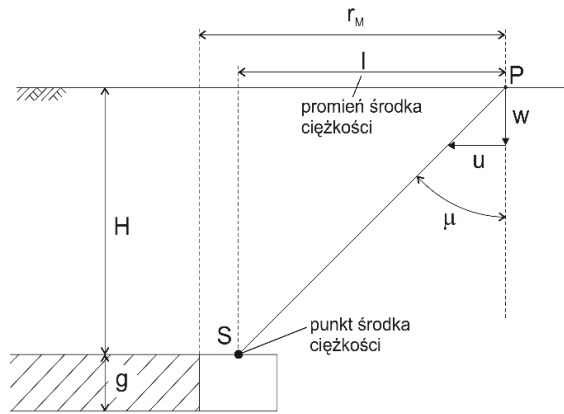
eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię terenu ze szczególnym uwzględnieniem przemieszczeń poziomych. Omówiłem w nich zasady doboru modelu geomechanicznego dla warunków górniczo-geologicznych występujących w rejonie wyeksploatowanej ściany oraz wyniki obliczeń metodą elementów skończonych wraz z ich analizą.

4.3.2 Zarys podstaw zastosowanej metody badań obliczania przemieszczeń poziomych powierzchni terenu wywołanych podziemną eksploatacją górniczą.

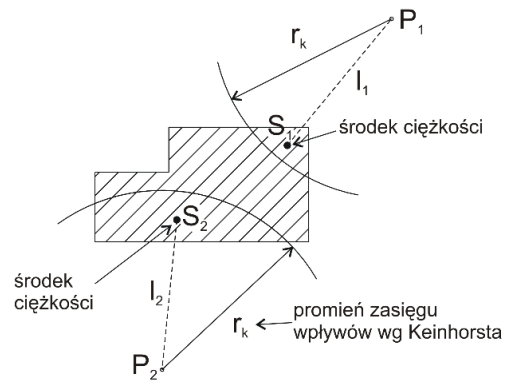
Począwszy od końca XIX wieku problematyka prognozowania wpływów eksploatacji podziemnej na deformacje górotworu i powierzchnię terenu była przedmiotem zainteresowania wielu badaczy, którzy starali się określić wartości i rozkłady przemieszczeń poziomych oraz określić ich maksymalne wartości. Wynika to z faktu, że przemieszczenia poziome i związane z nimi odkształcenia poziome należą do głównych wskaźników decydujących o warunkach współpracy górotworu z budowlami (powierzchniowymi i podziemnymi) zlokalizowanymi w zasięgu wpływów eksploatacji podziemnej. Opracowując metody prognozowania deformacji opierano się głównie na wynikach obserwacji z których wynikało, że przemieszczenia poziome u przy granicy niecki osiadań są bardzo małe i narastają przy zbliżaniu się do krawędzi eksploatowanego obszaru, gdzie osiągają największe wartości, po czym przy zbliżaniu się do środka niecki osiadań ponownie maleją. W środku niecki zarówno pełnej jak i niepełnej są równe zero. Na szczególną uwagę zasługują obserwacje, z których wynika że począwszy od pewnej odległości od wyeksploatowanego pola przemieszczenia poziome są większe od przemieszczeń pionowych. Opracowanie wiarygodnej metodyki prognozowania deformacji poziomych było przedmiotem rozlicznych badań naukowców oraz inżynierów zajmujących się tą problematyką.

W roku 1925, Keinhorst² jako jeden z pierwszych przedstawił rozważania na temat obliczania wartości przemieszczeń poziomych spowodowanych eksploatacją górniczą złóż pokładowych. Przyjął on założenie, że punkty powierzchni terenu przemieszczają się w kierunku środka ciężkości powierzchni wybranej części pokładu. Zgodnie z hipotezą Keinhorsta Wartość przemieszczenia poziomego danego punktu powierzchni terenu jest równa wartości obniżenia tego punktu w pomnożonej przez tangens kąta μ , zawartego pomiędzy prostą pionową przechodzącą przez ten punkt, a prostą łączącą go ze środkiem powierzchni tej części eksploatacji (S), która na ten punkt oddziałuje (rys.1).

² Keinhorst H. 1925: *Die Berechnung der Bodensenkungen im Emschergbiet*. 25 Jahre der Emschergenossenschaft 1900-1925, Essen



Rys. 1. Przemieszczenie poziome punktu P wg teorii Keinhorsta¹ przy eksploatacji elementarnej.

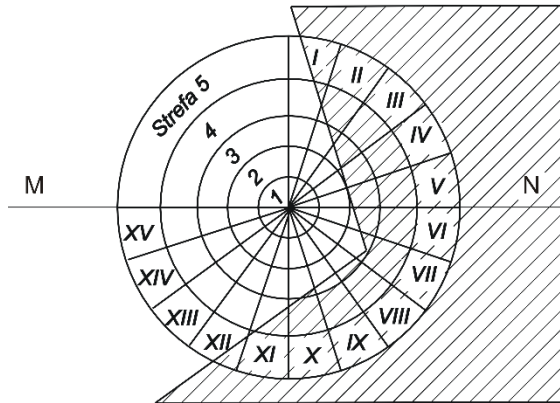
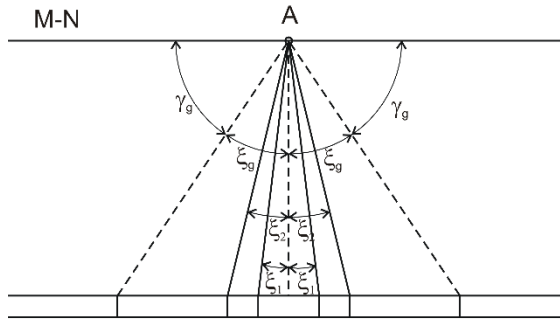


Rys. 2. Rzut poziomy środka ciężkości wg teorii Keinhorsta¹ przy eksploatacji pola o dowolnym kształcie.

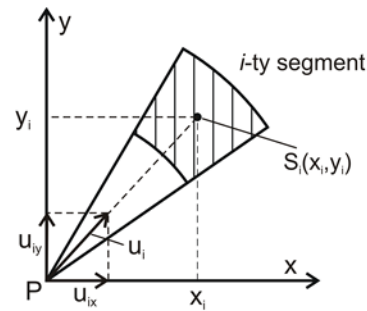
Keinhorst wykazał, że w zależności od położenia punktów obliczeniowych zmienia się lokalizacja punktu środka ciężkości powierzchni S eksploatacji oddziaływującej na ten punkt (rys. 2). Ponieważ ocena położenia tych punktów jest trudna podjęto prace nad rozwojem metody Keinhorsta, polegających głównie nad rozwojem metod obliczania obniżeń punktu za pomocą graficznego całkowania na podstawie siatek segmentów. Należy tu wymienić przede wszystkim pierwszą podstawową dla metod geometryczno- całkowych, metodę Balsa³ (rys. 3) oraz późniejsze metody Beyera i Sanna⁴. Siatkę segmentów otrzymuje się dzieląc określony obszar kątem zasięgu wpływów γ_g , w którym prowadzenie eksploatacji oddziałuje na punkt A , na szereg segmentów tak (rys. 3), by wybranie pokładu w każdym z nich powodowało jednakowe obniżenie punktu A .

³ Bals R. 1931/32: *Beitrag zur Frage der Vorausberechnung bergbaulicher Senkungen*. Mitteilungen aus dem Markscheidewesen, Jg. 42/43, s. 98-111

⁴ Lehmann K., Wüster R., Hagen R. 1956: *Vermessungs- und Risswesen Bergschäden (Markscheidewesen II)*. Der Deutsche Steinkohlebergbau Technisches Sammelwerk. Band 2. Verlag Glückauf GmbH. Essen.



Rys. 3. Siatka segmentów do obliczeń obniżeń wg metody Balsa².



Rys. 4. Składowe przesunięcia u_{ix} oraz u_{iy} w kierunku osi układu współrzędnych.

W przypadku podziału obszaru wpływów na 100 segmentów, wybranie pokładu w każdym z nich powoduje obniżenie punktu A, którego wartość wynosi 1% maksymalnego obniżenia w_{max} . Przeszczenie poziome oblicza się zgodnie z założeniami Keinhorsta. Zakładając początek układu współrzędnych (x,y) w punkcie obliczeniowym, otrzymuje się wzory na składowe przesunięcia u_{ix} oraz u_{iy} w kierunku osi układu współrzędnych, wywołane wybraniem obszaru i -tego segmentu, którego środek ciężkości S_i ma współrzędne x_i, y_i (rys. 4).

$$u_{ix} = \frac{u_i}{l_i} x_i, \quad u_{iy} = \frac{u_i}{l_i} y_i \quad (1)$$

$$l_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \quad (2)$$

$$u_i = w_i \frac{l_i}{H}, \quad w_i = \frac{a \cdot g}{N} = const. \quad (3)$$

gdzie:

l_i - promień środka ciężkości S_i obszaru i -tego segmentu,

u_i - przesunięcie poziome w kierunku S_i wywołane wybraniem pojedynczego segmentu pokładu,

N - liczba wszystkich oczek siatki segmentów,

a - współczynnik eksploatacji,

g - wysokość eksploatowanego pokładu.

Całkowite przemieszczenia poziome punktu uzyskiwało się poprzez uwzględnienie segmentów, które pokrywają się z powierzchnią wybraną a następnie sumowanie wartości. Wartość maksymalną przesunięcia poziomego oraz jego kierunek oblicza się na podstawie wzoru (4):

$$u_{\max} = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}; \quad \varphi = \arctg \frac{u_y}{u_x} \quad (4)$$

Zgodnie z metodami Keinhorsta, Balsa, Sanna, Beyera i Fläschenträger, maksymalne wartości przemieszczenia poziomego dla tzw. nieskończonej półpłaszczyzny, można przedstawić w postaci:

$$u_{\max} = c_m(\gamma_m) \cdot a \cdot g \cdot \cot \gamma_m, \quad (5)$$

gdzie:

$c_m(\gamma_m)$ - stała zależna od metody obliczeniowej,

γ_m - kąt zasięgu wpływów zależny od metody obliczeniowej.

Należy jednak podkreślić, że wartości maksymalnego przemieszczenia poziomego obliczone różnymi metodami tej grupy istotnie się różnią (tabela 1) i są kilkakrotnie mniejsze niż pomierzone w warunkach in situ.

Tabela 1. Stosunek wartości maksymalnego przemieszczenia poziomego do wartości maksymalnego osiadania dla nieskończonej półpłaszczyzny, dla różnych niemieckich metod obliczeniowych (Schleier 1956)⁵.

γ_m [°]	Wartość $c_m(\gamma_m) \cdot \cot \gamma_m$ dla różnych teorii					
	Bals	Fläschenträger	Fläschenträger, Perz	Beyer	Sann	Keinhorst
55	0,136	0,126	0,144	0,158	0,085	0,158
45	0,175	0,160	0,190	0,255	0,120	-
35	0,200	0,186	0,230	0,322	0,172	-

Idea środka ciężkości wykorzystywana była również w późniejszych pracach Sałustowicza⁶ i Kowalczyka⁷, który wprowadził podział na nieckę pełną (jeden punkt o maksymalnym obniżeniu) i nieckę zupełną (wiele punktów o maksymalnym obniżeniu) oraz Kwinty⁸, który bazując na analizie wektorów przemieszczeń poziomych w stanach niestacjonarnych z uwzględnieniem elipsy błędów stwierdził, że nie istnieje pojedynczy (w sensie przestrzennym)

⁵ Schleier O. 1956: *Vorausberechnung von Bodenbewegungen. Der Deutsche Steinkohlenbergbau*. Band 2. Vermessungs- und Risswesen, Bergschäden. Verlag Glückauf GmbH. Essen.

⁶ Sałustowicz A. 1955: *Przemieszczenia i odkształcenia górotworu w sąsiedztwie eksploatacji górniczej*. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, t.3, z.2, Warszawa.

⁷ Kowalczyk Z. 1972: *Określenie wpływów eksploatacji górniczej metodą przekrojów pionowych*. Wyd. „Śląsk”, Katowice.

⁸ Kwinta A. 2003: *Weryfikacja modeli niestacjonarnego pola poziomych przemieszczeń górniczych*. Rozprawa doktorska, AGH, Kraków.

punkt środka ciężkości dla skończonego pola eksploatacji górniczej (otrzymano zbiór punktów).

W roku 1947 Awierszyn⁹ zaproponował inny sposób określenia wartości i rozkładu przemieszczeń poziomych. Na podstawie analizy szeregu pomiarów a także badań teoretycznych przyjął On hipotezę, że pomiędzy wartością odkształcenia poziomego a krzywizną danego punktu istnieje zależność:

$$\varepsilon(x) = -B \cdot K(x) \quad (6)$$

gdzie:

$\varepsilon(x) = \frac{du}{dx}$ - odkształcenie poziome właściwe w kierunku osi x,

$K(x) = \frac{d^2w}{dx^2}$ - krzywizna w kierunku osi x,

B – współczynnik odkształcenia poziomego.

Z równania (6) wynika zależność pomiędzy przemieszczeniem poziomym, a nachyleniem w postaci:

$$u(x) = -B \cdot T(x) = -B \frac{dw(x)}{dx} \quad (7)$$

gdzie:

$u(x)$ - przemieszczenie poziome w kierunku osi x,

$T(x)$ – nachylenie niecki elementarnej w kierunku osi x.

W przedstawionym wzorze (7) istotną rolę odgrywa współczynnik odkształcenia poziomego B . Awierszyn uważał, że wartość współczynnika odkształcenia poziomego B jest równa odległości od powierzchni terenu do osi obojętnej warstw uginających się na skutek eksploatacji. Na podstawie pomiarów maksymalnych przemieszczeń poziomych i maksymalnych nachyleń określił on, że wartość B zawiera się w przedziałach od 5m do 20m a dla znacznej ilości przypadków mieści się pomiędzy 10m, a 12m. W późniejszych pracach Awierszyn powiązał wartość współczynnika B z głębokością eksploatacji i na podstawie doświadczeń ustalił, że wartość B zawiera się on w przedziale $B=(0,15 \div 0,18)H$. Bazując na założeniach Awierszyna, Budryk¹⁰, zakładając nieściśliwość górotworu, wyprowadził wzór na teoretyczną wartość współczynnika B w postaci $B = \frac{r}{\sqrt{\pi}}$, czyli w przybliżeniu $B=0,564r$

⁹ Awierszyn S.G. 1947: *Sdwiżenije gornych porod pri podziemnych razrobotkach*. Ugletiechizdat, Moskwa

¹⁰ Budryk W. 1953: *Wyznaczanie wielkości poziomych odkształceń terenu*. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, Kwartalnik, Tom I. Zeszyt 1, PWN, Warszawa

(gdzie, r jest to promień zasięgu wpływów głównych). Przyjmując tę wartość współczynnika B i wyliczając wartość maksymalnych ε_{max} jako równą w przybliżeniu $0,85 \cdot T_{max}$, Budryk zorientował się, że wynik ten zdecydowanie odbiega od wyników pomiarów, których wartość dla eksploatowanych pokładów o małym i średnim nachyleniu z reguły nie przekracza wartości $\varepsilon_{max} = 0,6 \cdot T_{max}$ (czyli maksymalna wartość odkształcenia poziomego z reguły nie przekracza 60% wartości maksymalnego nachylenia). Wychodząc z tej zależności uzyskał wartość:

$$B = \frac{r}{\sqrt{2\pi}} \approx 0,40 \cdot r \quad (8)$$

W latach 60-tych, w Instytucie Mechaniki Górotworu PAN, prowadzono dalsze badania nad rozkładem przemieszczeń poziomych wywołanych podziemną eksploatacją górnictwem wykorzystując w tym celu badania modelowe w ośrodku sytkim¹¹.

Aktualnie w Polsce najczęściej wykorzystuje się wyniki badań przeprowadzonych przez Popiołkę i Ostrowskiego¹², którzy na drodze analizy wyników pomiarów in situ określili zależność regresyjną uproszczoną w dalszych pracach do postaci:

$$B = 0,16H \quad (9)$$

Jak można zauważyć wartość ta mieści się wewnątrz przedziału podanego przez Awierszyna.

Reasumując te krótkie (z konieczności) rozważania należy stwierdzić, że:

- a) W Polsce w zdecydowanej ilości przypadków do prognozowania deformacji powierzchni wykorzystuje się teorię Budryka-Knothe'go, w której zakłada się proporcjonalność pomiędzy przemieszczeniami poziomymi a nachyleniami opisaną wzorem (7).
- b) W 1953r na bazie doświadczeń Budryk przyjął maksymalną wartość odkształcenia poziomego właściwego równą $\varepsilon_{max} = 0,6 \cdot T_{max}$ a z tego wynika, że współczynnik proporcjonalności pomiędzy przemieszczeniami poziomymi a nachyleniami (oraz odkształceniami poziomymi właściwymi a krzywiznami) wynosi

$$B = \frac{r}{\sqrt{2\pi}} \approx 0,40 \cdot r.$$
- c) Współczynnik odkształceń poziomych B był określony i dotyczył tylko wartości maksymalnych. Pomimo tego w teorii Budryka-Knothe'go przyjmuje się, że ma on

¹¹ Krzysztoń D. 1965: *Parametr zasięgu niecek osiadania w ośrodku sytkim*. Archiwum Górnictwa, t.10, z.1, Warszawa.

¹² Popiołek E., Ostrowski J. 1978: *Zależność pomiędzy nachyleniami a przemieszczeniami poziomymi terenu w ostatecznie wykształconych nieckach osiadania*. Ochrona Terenów Górniczych nr 46, Katowice,

te samą wartość przy określaniu przemieszczeń poziomych i odkształceń poziomych w całej niecce osiadań.

- d) Rozbieżności zdań dotyczą założenia, że w górotworze istnieje oś obojętna uginającej się „mocnej” warstwy nadkładu, której odległość od powierzchni terenu wyznacza wartość współczynnika B . Wielu autorów za Awierszynem (m. innymi Akimow¹³ - 1960r, Akimow¹⁴ - 1970r, Drzęźła¹⁵, pośrednio Sałustowicz¹⁶) uważa, że wewnątrz eksploatowanego pokładu znajduje się linia, wzdłuż której przemieszczenia poziome są równe zero. Przyjęcie takiego założenia oznacza, że wartość współczynnika odkształcenia poziomego B zależy od własności odkształceniowych i wytrzymałościowych warstw nadkładu.
- e) Niezależnie od rozstrzygnięć w sprawie istnienia lub nie warstwy obojętnej w nadkładzie, empiryczne związki jednoznacznie wskazują, że współczynnik odkształcenia poziomego B jest funkcją głębokości eksploatacji H i dla warunków górnictwo-geologicznych polskich kopalń aktualnie przyjmuje się zależność $B=0,16H$.

4.3.3 Zastosowanie wyników badań w celu określenia wartości oraz rozkładu przemieszczeń poziomych powierzchni terenu.

Zasadniczym celem prowadzonych przeze mnie badań było pogłębienie wiedzy i weryfikacja poglądów na temat określenia wartości oraz rozkładów przemieszczeń poziomych powierzchni terenu. Głównym celem tych prac była:

- A. Weryfikacja, dla „dużych” głębokości, hipotezy Keinhorsta¹⁷ mówiącej o tym, że punkty powierzchni terenu przemieszczają się w kierunku środka ciężkości powierzchni wybranej części pokładu. Przemieszczenia poziome są proporcjonalne do obniżen i tangensa kąta zawartego pomiędzy kierunkiem pionowym rozpatrywanego punktu a prostą łączącą ten punkt ze środkiem ciężkości wyeksploatowanej powierzchni. Znając wartość przemieszczenia

¹³ Akimow A.G., 1960: *K razczetu najbolszych goryzontalnych zdwirzenij ziemnoj powierchnosti pri razrabotkie pologich plastow*. Trudy WNIMI, sb. XXXIV, Gosgortechizdat,

¹⁴ Akimow A.G.i inni, 1970: *Zdvirzenie gornych porod pri podziemnoj razrabotkie ugolnych i slancewych miestororzenij*, Wyd. Niedra, Moskwa,

¹⁵ Drzęźła B.,1975: *Przybliżone rozwiązanie równań teorii sprężystości w zastosowaniu do mechaniki górotworu*. Archiwum Górnictwa, t. XX, z.2,

¹⁶ Sałustowicz A., 1953: *Profil niecki osiadania jako ugięcie warstwy na sprężystym podłożu*, Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, t.1, z.1,

¹⁷ Keinhorst H. 1925: *Die Berechnung der Bodensenkungen im Emschergebiet*. 25 Jahre der Emschergenossenschaft 1900-1925, Essen

pionowego oraz kąt można określić kierunek i wartość przemieszczenia poziomego dla danego punktu.

Zagadnieniom związanym z hipotezą Keinhorsta poświęciłem znaczną część publikacji o numerach 3¹⁸ i 4¹⁹ wg. spisu publikacji w podrozdziale 4.2.

- B. Określenie, na podstawie pomiarów i przeprowadzonych obliczeń, zależności pomiędzy przemieszczeniami poziomymi a nachyleniami w całej niecce osiadania. Wg hipotezy Awierszyna istnieje liniowy związek pomiędzy nachyleniem profilu niecki osiadania a przemieszczeniem poziomym, jednakże współczynnik odkształceń poziomych B określono tylko dla wartości maksymalnych i zakładano, że jest on taki sam w całej niecce osiadania. Także w teorii Budryka-Knothe'go przyjmuje się, że współczynnik odkształceń poziomych B ma tę samą wartość przy określaniu przemieszczeń poziomych i odkształceń poziomych właściwych w całej niecce osiadania.

Problemowi określania przemieszczeń poziomych w całej niecce poświęciłem 5 z 9 publikacji zamieszczonych w podrozdziale 4.2 a mianowicie publikacje: 1²⁰, 7²¹, 9²² oraz w części 4¹⁹ i 5²³.

- C. Ocenie postępu frontu ściany na przemieszczenia (poziome i pionowe) powierzchni terenu. Tym problemem zajmował się już Awierszyn²⁴, który pokazał w sposób jakościowy zmiany przemieszczeń powierzchni zachodzące wraz z rozwojem eksploatacji ściany znajdującej się na stosunkowo niedużej głębokości w warunkach zalegania w nadkładzie skał o niskich i średnich parametrach wytrzymałościowych.

¹⁸ **Tajduś K.** 2014: *The nature of mining-induced horizontal displacement of surface on the example of several coal mines.* Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 59 (2014), No. 4, pp. 971–986 (**IF. 0.608**; punktacja MNiSZW: **20**).

¹⁹ **Tajduś K.** 2015: *Analysis of horizontal displacement distribution caused by single advancing longwall panel excavation.* Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering (2015), Vol.7, Issue 4, p. 395–403 (**IF. 0.4715** wg. *International Institute for Research Impact Factor Journals*).

²⁰ **Tajduś K.** 2013: *Mining-induced surface horizontal displacement: The case of BW Prosper Haniel mine.* Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 58, No. 4, pp. 1037–1055 (**IF. 0.608**; punktacja MNiSZW: **20**).

²¹ **Tajduś K.**, Tajduś A., 2015: *Some considerations on horizontal displacement and horizontal displacement coefficient B .* Studia Geotechnica et Mechanica. vol.37, nr.4, 75–82 (punktacja MNiSZW: **12** na rok 2015).

²² **Tajduś K.** 2016: *Analysis of horizontal displacements measured over the mining operations in longwall No. 537 at the Girondelle 5 seam of the BW Friedrich Heinrich-Rheinland coal mine.* Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 61 (2016), No. 1, pp. 157–168 (**IF.**, MNiSZW - brak informacji na 2016r).

²³ Sroka A., Knothe S., **Tajduś K.**, Misa R. 2015: *Point movement trace vs. the range of mining exploitation effects in the rock mass.* Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 60 (2015), No. 4, pp. 921–929 (punktacja MNiSZW: **14**)

²⁴ Awierszyn S.G. 1947: *Sdwiżenije gornych porod pri podziemnych razrobotkach.* Ugletiechizdat, Moskwa

Problematyką wpływu postępu frontu ściany na przemieszczenia zajmowałem się w publikacji nr 6²⁵ oraz częściowo w publikacji nr 3²⁶ wg spisu publikacji w podrozdziale 4.2.

- D. Modelowanie numeryczne deformacji powierzchni terenu (a także górotworu) wywołanych podziemną eksploatacją górnictwem ze szczególnym uwzględnieniem przemieszczeń poziomych. Deformacje powierzchni terenu i górotworu zależą od wielu czynników górnictwo-geologicznych (w tym hydrogeologicznych) oraz technologicznych. Ogromny rozwój metod numerycznych w ostatnich latach pozwala wykorzystywać je dla celów prognozowania deformacji powstałych podczas eksploatacji złóż. Jednakże ciągle jeszcze są problemy z budową modeli numerycznych, doбором właściwych modeli konstytutywnych opisujących zachowanie się warstw skalnych i gruntowych, oraz przyjęciem odpowiednich wartości parametrów górotworu zarówno przed przeprowadzeniem eksploatacji jak również po jej zakończeniu.

Problemowi numerycznego określania deformacji na powierzchni terenu i w górotworze ze szczególnym uwzględnieniem przemieszczeń poziomych poświęciłem publikacje o numerach 2²⁷ i 8²⁸, których spis zamieściłem w podrozdziale 4.2.

A. Weryfikacja dla „dużych” głębokości hipotezy Keinhorsta²⁹ mówiącej o tym, że punkty powierzchni terenu przemieszczają się w kierunku środka ciężkości powierzchni wybranej części pokładu.

Naukowa wartość tego rozwiązania polega na:

- Opracowaniu wyników pomiarów przemieszczeń przy zastosowaniu oryginalnych procedur (publikacje 3, 4 wg spisu zamieszczonego w podrozdziale 4.2).
- Stwierdzeniu, że większość wektorów przemieszczeń analizowanych punktów powierzchni zmierza do bryły o kształcie elipsoidy, znajdującej się znacznie powyżej

²⁵ Tajduś K. 2015: Wpływ postępu frontu ściany na przemieszczenia powierzchni terenu. Przegląd Górniczy, nr.11, str. 106-116, 2015 (punktacja MNiSZW: 7 na rok 2015)

²⁶ Tajduś K. 2014: *The nature of mining-induced horizontal displacement of surface on the example of several coal mines*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 59 (2014), No. 4, pp. 971–986 (IF. 0.608; punktacja MNiSZW: 20).

²⁷ Tajduś K. 2013: *Numerical simulation of underground mining exploitation influence upon terrain surface*. Archives of Mining Sciences, Vol 58 No. 3, pp. 605-616 (IF. 0.608; punktacja MNiSZW: 20).

²⁸ Tajduś K. 2015: Numerical Modelling of the Mining Induced Horizontal Displacement. *Studia Geotechnica et Mechanica*, vol. 37, nr.4, 65-73 (punktacja MNiSZW: 12 na rok 2015).

²⁹ Keinhorst H. 1925: *Die Berechnung der Bodensenkungen im Emschergebiet*. 25 Jahre der Emschergenossenschaft 1900-1925, Essen

wyekspluowanej powierzchni (co wykazano w publikacji nr 4 wg spisu zamieszczonego w podrozdziale 4.2). Zatem dla dużych głębokości eksploatacji nie potwierdza się hipoteza Keinhorsta, że podczas eksploatacji punkty powierzchni terenu przemieszczają się w kierunku środka ciężkości powierzchni wybranej części pokładu.

- Ustaleniu, że wraz postępowaniem frontu eksploatacji i zwiększaniem się powierzchni wybranej zmianie ulega zarówno wartość wektora przemieszczenia poziomego jak i również kierunek jego działania, przy czym zmiany te następują z pewnym opóźnieniem w stosunku do postępu ściany. Dotyczy to zwłaszcza punktów znajdujących się bezpośrednio nad obszarem wybranym oraz w niedalekiej od niego odległości. W miarę postępu eksploatacji następuje obrót wektorów przemieszczeń poziomych w kierunku powierzchni wybranej. Na wielkość kąta obrotu wektora przemieszczeń poziomych wpływ ma: prędkość postępu eksploatacji, powierzchnia wyekspluowanego pola, lokalizacja frontu eksploatacji względem rozpatrywanego punktu (publikacja nr.3 wg spisu zamieszczonego w podrozdziale 4.2).
- Stwierdzeniu, że kierunki wektorów przemieszczeń poziomych przecinają się na powierzchni terenu nad wybranym w danej fazie eksploatacji polem w pewnej strefie w pobliżu jego środka. W miarę zwiększania się pola wybrania wektory przemieszczeń poziomych zmieniają kierunek w taki sposób aby nadal przecinać się w strefie w pobliżu środka nad wybraną powierzchnią (publikacja nr.3 wg spisu zamieszczonego w podrozdziale 4.2).

W rozdziale 4.3.4 przedstawiłem szczegółowy opis poniższych publikacji które upoważniają mnie do wysunięcia powyższych stwierdzeń.

Publikacja 3: Tajduś K. 2014: *The nature of mining-induced horizontal displacement of surface on the example of several coal mines*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 59 (2014), No. 4, pp. 971–986 (IF. 0.608).

Publikacja 4: Tajduś K. 2015: *Analysis of horizontal displacement distribution caused by single advancing longwall panel excavation*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering (2015), Vol.7, Issue 4, p. 395-403 (IF. 0.4715 wg. International Institute for Research Impact Factor Journals).

B. Określenie na podstawie pomiarów i przeprowadzonych obliczeń zależności pomiędzy przemieszczeniami poziomymi, a wartościami nachylenia w całej niecce osiadania.

Właściwe określenie wartości i rozkładu przemieszczeń poziomych jest bardzo istotne z punktu widzenia ochrony infrastruktury powierzchniowej przed szkodami górnictwami. Na bazie doświadczeń³⁰ uznaje się, że pochodna przemieszczeń poziomych, jaką jest odkształcenie poziome, jest najważniejszym wskaźnikiem oceny zagrożenia obiektu budowlanego.

Związek pomiędzy składowymi nachyleń profilu niecki a składowymi przemieszczeniami poziomymi (Awierszyn, 1948; Litwiniszyn, 1953) można zapisać w postaci:

$$u_x = \frac{B(x, y, z, t) \partial w}{\partial x} = B(x, y, z, t) \cdot T_x, \quad u_y = \frac{D(x, y, z, t) \partial w}{\partial y} = D(x, y, z, t) \cdot T_y \quad (1)$$

gdzie:

$D(x, y, z, t)$, $B(x, y, z, t)$ – współczynniki odkształceń poziomych zależne od współrzędnych punktu x , y , z , w którym określamy przemieszczenia poziome oraz czasu t .

Litwiniszyn (1953) w swoich badaniach założył, że górotwór jest jednorodny w płaszczyznach poziomych oraz niezmienny w czasie. Uznał, że dla danego górotworu współczynniki B i D są równe, niezależne od miejsca położenia punktu na powierzchni a zależne tylko od zmiennej z czyli głębokości.

$$B(z) = D(z), \quad (2)$$

z czego wynika, że $u_x = B(z) \cdot T_x$, $u_y = B(z) \cdot T_y$.

Z kolei Awierszyn określił współczynnik odkształceń poziomych B tylko dla wartości maksymalnych i przyjął, a za nim inni, że jest on taki sam w całej niecce osiadania. Także w teorii Budryka-Knothego przy określaniu przemieszczeń poziomych i odkształceń poziomych, przyjmuje się, że współczynnik odkształceń poziomych B ma stałą wartość, niezależnie od położenia punktu w niecce osiadania.

Naukowa wartość przedstawionych w publikacjach 1, 7, 9 oraz w części 4, 5 (wg spisu zamieszczonego w podrozdziale 4.2) rozwiązań polega na:

- Wykazaniu, że wartość współczynników D i B zmienia się w zależności od położenia rozpatrywanego punktu na powierzchni terenu, czyli są one funkcją położenia $D(x, y, z)$,

³⁰ Praca zbiorowa, 1980: *Ochrona powierzchni przed szkodami górnictwami*. Wyd. Śląsk. Przewodniczący komitetu redakcyjnego M. Borecki.

$B(x,y,z)$. Ponadto, ze względu na niejednorodność ośrodka skalnego spowodowaną między innymi przeprowadzoną eksploatacją, w wielu przypadkach nie występuje równość współczynników, czyli $B(z) \neq D(z)$. Zdarza się, że poza obrysem eksploatacji przemieszczenia poziome są większe niż przemieszczenia pionowe, co powoduje wzrost wartości współczynnika $B(x,y,z)$ lub $D(x,y,z)$ (nawet powyżej **1.0r**). Ponieważ budowle na powierzchni zwykle znajdują się poza obrysem eksploatacji, przy rozwiązywaniu zagadnień ochrony budowli należy zatem znać nie tylko maksymalne wielkości przemieszczeń poziomych i odkształceń, ale także wartości tych parametrów w dowolnym punkcie niecki osiadania.

Z publikacji nr 1 wynika, że w kopalni Prosper Haniel wartość współczynnika B w kierunku prostopadłym do wybiegu ściany jest o kilkanaście procent niższa od wartości współczynnika D obliczonego w kierunku równoległym do wybiegu ściany. Wartość współczynnika B wyznaczona prostopadle do kierunku wybiegu ściany w rejonie początku ściany jest o blisko 40% niższa a w rejonie końca ściany prawie 20% niższa niż wartość tego współczynnika w rejonie środka ściany. W kopalni Prosper Haniel (publikacja nr 1) wartość współczynnika B w kierunku prostopadłym do wybiegu ściany w pierwszej połowie eksploatowanego pola jest o blisko 20% niższa aniżeli wartość współczynnika B określonego dla drugiej połowy eksploatowanego pola, natomiast Friedrich Heinrich-Rheinland (publikacja nr 9) o ponad 30%. Zarówno w kopalni Prosper Haniel jak i w kopalni Friedrich Heinrich-Rheinland maksymalne różnice pomiędzy maksymalnymi i minimalnymi wartościami współczynników odkształceń poziomych B wynoszą około 40%. Wynika stąd, że przyjmowanie jednakowej, maksymalnej wartości współczynnika odkształceń poziomych B , niezależnie od położenia punktu w niecce osiadania prowadzi do istotnych błędów w określaniu wartości przemieszczeń poziomych a tym samym odkształceń poziomych. Wartości współczynników odkształceń poziomych B i D uzyskane z analiz omówionych w kilku publikacjach przedstawiłem w tabeli 2.

- Ustaleniu, że wartości i rozkład przemieszczeń poziomych zależą od szeregu czynników m.in. od:
 - budowy geologicznej i hydrogeologicznej nadkładu,
 - parametrów odkształceniowych i wytrzymałościowych warstw skalnych budujących nadkład w tym szczególnie warstw czwartorzędowych i warstw trzeciorzędowych o niskich parametrach wytrzymałościowych,

- głębokości eksploatacji,
- liczba wcześniej wyeksploatowanych pokładów,
- wielkości parceli wybranej.

Tabela 2: Charakterystyka analizowanych eksploatacji wraz z obliczonymi wartościami współczynników odkształceń poziomych.

Nazwa kopalni	H [m]	G [m]	D, B [m]	D, B (funkcja r)	D, B (funkcja H)	B/D	$tg\beta$	Uwagi
Prospel Haniel Łącznie ściany 697, 698 <i>Publikacja 1</i>	960	4	$B_{sr}=199,9$	$B_{sr}=0,35r$	$B_{sr}=0,21H$	0,87	1,7	wartości uśrednione
			$D_{sr}=229,0$	$D_{sr}=0,41r$	$D_{sr}=0,24H$			przez środek wybranego pola
			$B_m=212,4$	$B_m=0,36r$	$B_m=0,22H$	0,87		początek ściany
			$D_m=243,3$	$D_m=0,43r$	$D_m=0,25H$			środek ściany
			$B_{po}=134,0$	$B_{po}=0,24r$	$B_{po}=0,14H$			koniec ściany
			$B=212,4$	$B=0,38r$	$B=0,22H$			
			$B_{ko}=176,4$	$B_{ko}=0,31r$	$B_{ko}=0,18H$			
Friedrich Heinrich – Rheiland ściana 537 <i>Publikacja 9</i>	925	2,77	$B_{po}=143,6$	$B_{po}=0,22r$	$B_{po}=0,16H$		1,43	I połowa ściany
			$B_{ko}=196,4$	$B_{ko}=0,30r$	$B_{ko}=0,21H$			II połowa ściany
			$B=165,7$	$B=0,26r$	$B=0,18H$			wartości średnie
			$B_m=227,4$	$B_m=0,35r$	$B_m=0,25H$			wartość max
			$B_n=129,0$	$B_n=0,20r$	$B_n=0,14H$			wartość min
Prospel Haniel Ściana 698 <i>Publikacja 4</i>	960	4	$B_{po}=170,8$	$B_{po}=0,30r$	$B_{po}=0,18H$		1,7	I połowa ściany
			$B_{ko}=237,4$	$B_{ko}=0,42r$	$B_{ko}=0,25H$			II połowa ściany
			$B=205,7$	$B=0,36r$	$B=0,21H$			wartości średnie
			$B_m=323,2$	$B_m=0,57r$	$B_m=0,34H$			wartość max
			$B_n=151,2$	$B_n=0,27r$	$B_n=0,16H$			wartość min
Niemieckie kopalnie rudy <i>Publikacja 3</i>	170	1,8	$B=67,3$	$B=0,47r$	$B=0,40H$			wartości średnie
	205	1,45	$B=55,4$	$B=0,33r$	$B=0,28H$			wartości średnie

Analizując wpływ poszczególnych czynników zauważyłem, że:

- a) Im większy zakres eksploatacji (większa liczba wyeksploatowanych ścian w danym rejonie, znaczne naruszenie nadkładu przeprowadzoną eksploatacją, powstanie szczelin, spękań) tym większa zależność współczynników D i B od położenia punktu na powierzchni terenu (tabela 2).
- b) Jeżeli w nadkładzie zalegają warstwy skalne o wysokich parametrach wytrzymałościowych to współczynnik odkształcenia przyjmuje niższe wartości w porównaniu do sytuacji odwrotnej, w której w nadkładzie przeważają warstwy skalne o niskich i średnich parametrach wytrzymałościowych. Znaczny wpływ na wartość współczynnika odkształcenia B ma grubość warstw czwarto- i trzeciorzędowych o niskiej wytrzymałości h_m , a zwłaszcza stosunek ich grubości h_m do grubości całego nadkładu H . Akimow³¹ (1970) zauważył, że jeżeli nad eksploatowanym pokładem występują dużej grubości warstwy czwartorzędowe i trzeciorzędowe o niskiej wytrzymałości to wielkość przemieszczeń poziomych, nachyleń, krzywizn, odkształceń poziomych jest większa, niż gdy „warstwy słabe” stanowią nieduży ułamek grubości całego nadkładu H_g . Przy dużej grubości czwartorzędu i warstw trzeciorzędowych o niskiej wytrzymałości wartość współczynnika odkształcenia B może wzrosnąć nawet o ponad 50%. Kilku naukowców uważało, podobnie jak Awierszyn (m.innymi Akimow³², 1960r; Akimow³³, 1970r; Drzęźła³⁴; Sałustowicz³⁵), że w nadkładzie nad eksploatowanym pokładem znajduje się linia, wzdłuż której przemieszczenia poziome są równe zero i odległość tej linii od powierzchni terenu wyznacza wartość współczynnika B . Przyjęcie takiego założenia oznacza, że wartość współczynnika odkształcenia poziomego B zależy od własności odkształceniowych i wytrzymałościowych warstw nadkładu. Sałustowicz zbudował model, w którym uginający się pokład zastąpił płytą sprężystą spoczywającą na podłożu winklerowskim, podzielonym na dwie części - z jednej strony mającym własności złoża, a z drugiej własności zrobów. Dla tego modelu obliczył wskaźniki deformacji

³¹ Akimow A.G. i inni, 1970: Zdwirzenie gornych porod pri podziemnoij razrabotkie ugolnych i slancewych miestororzenij, Wyd. Niedra, Moskwa,

³² Akimow A.G., 1960: *K razczetu najbolszych goryzontalnych zdwirzenij ziemnoj powierchnosti pri razrabotkie pologich plastow*. Trudy WNIMI, sb. XXXIV, Gosgortechizdat,

³³ Akimow A.G. i inni, 1970: Zdwirzenie gornych porod pri podziemnoij razrabotkie ugolnych i slancewych miestororzenij, Wyd. Niedra, Moskwa,

³⁴ Drzęźła B., 1975: *Przybliżone rozwiązanie równań teorii sprężystości w zastosowaniu do mechaniki górotworu*. Archiwum Górnictwa, t. XX, z. 2,

³⁵ Sałustowicz A., 1953: Profil niecki osiadania jako ugięcie warstwy na sprężystym podłożu, Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, t. 1, z. 1,

powierzchni. Wyliczyłem omyłkowo, że wartość $B^* = r^4 \sqrt{\frac{2}{\pi^3}} \cong 0.50r$, gdy tymczasem

jak obliczyłem (publikacja 7) wzór ten powinien mieć postać $B^* = \frac{r}{\sqrt[4]{2\pi^3}} \cong 0.36r$. Jak

wskazują badania wartość $B^* = 0.36r$ lepiej opisuje wyniki obserwacji. Idąc tym tokiem rozumowania, w rozwiązaniu Sałustowicza uwzględniłem istnienie warstw czwartorzędowych i trzeciorzędowych o niskiej wytrzymałości oraz stref spękań oraz zawału i wówczas po prostych rozważaniach wyliczyłem, że współczynnik odkształcenia dla tego modelu wynosi:

$$B = \left\{ 0.36 + \frac{1}{H} [h_m (tg\beta - 0.36)] - 0.36(h_s + h_z) \right\} \cdot r \quad (3)$$

gdzie:

h_m – grubość czwartorzędu i warstw trzeciorzędu o niskich parametrach wytrzymałościowych,

h_s – wysokość strefy spękań,

h_z – wysokość strefy zawału.

Z przedstawionego wzoru wynika, że w miarę wzrostu grubości czwartorzędu i warstw trzeciorzędu o niskich parametrach wytrzymałościowych wzrasta wartość współczynnika B , natomiast ze wzrostem strefy zawału i strefy spękań ten współczynnik maleje. Wyniki te zgodne są z obserwacjami.

- c) Po analizie wielu publikacji i własnych przemyśleń wydaje się, że lepiej byłoby podawać wartość współczynnika odkształcenia B jako funkcję głębokości, a nie promienia zasięgu wpływów głównych r . Promień zasięgu wpływów głównych r zależy od głębokości, ale również od $tg\beta$, który z kolei istotnie zależy od własności warstw skalnych nadkładu. Często wartość $tg\beta$ ustala się w sposób uproszczony. Wydaje się, że wartość $tg\beta$ powinna być określana w powiązaniu z którąś z istniejących klasyfikacji górotworu (np. Bieniawskiego RMR, Bartona Q, GSI). W publikacji 9 zaproponowałem klasyfikację GSI, ale stosowanie jej do określania $tg\beta$ wymaga dalszych badań. W tabeli 3 podałem wartości współczynnika odkształcenia (określanego z wartości maksymalnych) dla kopalń z różnych rejonów Europy, w tym określone przeze mnie.

Tabela 3: Wartości współczynnika odkształcenia (określanego z wartości maksymalnych) dla różnych kopalń wraz z charakterystyką nadkładu.

Nazwa zagłębia	Średnie parametry wytrzymałościowe nadkładu	Grubość czwartorzędu	Współczynnik B	Uwagi
Donieck (Ukraina)	wysokie, $R_c=96\text{MPa}$	-	$B=0,13H$	$600<H<1000\text{m}$
Lwowsko-wołyńskie (Ukraina)	niskie, $R_c=25\text{MPa}$	średnio 20m	$B=0,19H$	$H<500\text{m}$
Kuźnieckie	średnie $R_c=38\text{MPa}$	35m - 75m	$B=0,10H$	$H<150\text{m}$
Karagandzkie (Rosja)	wysokie $R_c=50\text{MPa}$	średnio 10m	$B=0,13H$	
	średnie $R_c=30\text{MPa}$		$B=0,15H$	
	niskie $R_c=20\text{MPa}$		$B=0,16H$	
Kizelowskie (Rosja)	wysokie $R_c=110\text{MPa}$	5m – 20m	$B=0,13H$	
Pechorskie /Workuta (Rosja)	wysokie $R_c=70\text{MPa}$	100m-120m	$B=0,12H$	$H<200\text{m}$
			$B=0,23H$	$H>200$
Czelabińskie (Rosja)	niskie $R_c=20\text{MPa}$	100m-120m	$B=0,23H$	
Northern (Francja)	średnie i niskie	-	$B=0,28H$	
Zagłębie Ruhry (Niemcy)	wysokie $R_c=60\text{MPa}$	20m	$B=0,18H$	Prospel Haniel
			$B=0,20H$	Friedrich Heinrich Rheinland
Kopalnie rudy (Niemcy)	niskie	-	$B=0,40H$	$160\text{m}<H<180\text{m}$
			$B=0,28H$	$200\text{m}<H<210\text{m}$
Limberg (Holandia)	średnie i niskie	-	$B=0,36H$	
GZW (Polska)	średnie	10m – 20m	$B=0,16H$	wg. Popiołka, Ostrowskiego
Kopalnie siarki (Polska)	niskie	10m	$B=0,11H$	Kopalnia Jeziórko
			$B=0,21H$	Kopalnia Machów II
Kopalnie miedzi (Polska)	średnie i wysokie		$B=0,23H$	Odształcenia. rozciągające
			$B=0,28H$	Odształcenia. Ściskające

Problemowi określania przemieszczeń poziomych w całej niecce i wartości współczynnika odkształcenia B poświęciłem 5 z 9 publikacji zamieszczonych w podrozdziale 4.2 a mianowicie publikacje:

Publikacja 1 Tajduś K. 2013: *Mining-induced surface horizontal displacement: The case of BW Prosper Haniel mine*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 58, No. 4, pp. 1037-1055 (IF. 0.608).

Publikacja 7: Tajduś K., Tajduś A., 2015: *Some considerations on horizontal displacement and horizontal displacement coefficient B*. Studia Geotechnica et Mechanica, vol.37, nr.4, 75-82 [udział własny 50%].

Publikacja 9: Tajduś K. 2016: *Analysis of horizontal displacements measured over the mining operations in longwall No. 537 at the Girondelle 5 seam of the BW Friedrich Heinrich-Rheinland coal mine*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 61 (2016), No. 1, pp. 157–168 (IF., MNiSZW - brak informacji na 2016r).

oraz w części publikacje:

Publikacja 3: Tajduś K. 2014: *The nature of mining-induced horizontal displacement of surface on the example of several coal mines*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 59 (2014), No. 4, pp. 971–986 (IF. 0.608).

Publikacja 4: Tajduś K. 2015: *Analysis of horizontal displacement distribution caused by single advancing longwall panel excavation*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering (2015), Vol.7, Issue 4, pp. 395-403 (IF. 0.4715 wg. International Institute for Research Impact Factor Journals).

W rozdziale 4.3.4 przedstawiłem szczegółowy opis wyżej wymienionych publikacji:

C. Wpływ postępu frontu ściany na przemieszczenia (poziome i pionowe) powierzchni terenu.

W rozdziale 5.3.2 Autoreferatu opisałem teorię Keinhorsta pozwalającą na obliczanie wartości przemieszczenia poziomego wywołanego eksploatacją górnictwem. Została ona sformułowana na podstawie obserwacji in situ prowadzonych w warunkach kopalń niemieckich, gdzie dla stosunkowo małych pól eksploatacyjnych rzuty mierzonych wektorów przemieszczenia poziomego na płaszczyznę poziomą były skierowane do środka wybranych obszarów. Kierując się tymi obserwacjami Keinhorst przyjął, że ślad przemieszczenia punktu położonego na powierzchni terenu przebiega wzdłuż prostej łączącej ten punkt ze środkiem ciężkości powierzchni eksploatacji „elementarnej”. Później Sroka, Schober³⁶ założyli, że ślad przebiegu przemieszczenia punktu jest krzywoliniowy (tzw. krzywoliniowy model punktu środka ciężkości powierzchni wybranej).

Udowodnienia przedstawionego założenia o krzywoliniowości śladu przemieszczeń podjąłem się analizując zarówno przyczyny tego ruchu jak i trajektorię śladu przemieszczenia

³⁶ Sroka A. Schober F. 1982: Die Berechnung der maximalen Bodenbewegungen über kavernenartigen Hohlräumen unter Berücksichtigung der Hohlraumgeometrie. Kali und Steinsalz August 1982.

się punktu. Krzywoliniowość śladu przemieszczeń wynika z faktu, że podczas eksploatacji górniczej zachodzą zmiany objętości w obrębie deformowanego górotworu a suma wszystkich odkształceń poziomych i pionowych nie jest równa zeru ($\frac{\Delta V}{V} = 0$) jak przyjmował m. innymi Keinhorst lecz zmienia się zgodnie z zależnością $\frac{\Delta V}{V} = \left(1 - \frac{m}{n}\right) \cdot \varepsilon_{zz}$ (gdzie: n - współczynnik powierzchni zasięgu wpływów w górotworze, m - parametr opisujący kształt rozchodzenia się śladu przemieszczenia). Jest to równocześnie dodatkowy dowód, że w górotworze naruszonym eksploatacją następuje zmiana własności skał z izotropowych na anizotropowe.

Awierszyn (jak opisałem w rozdziale 5.3.2 Autoreferatu), odmiennie niż Keinhorst, wartość przemieszczeń poziomych określał przyjmując założenie, że przemieszczenia poziome są proporcjonalne do wartości nachylenia. Interesowało Go również zagadnienie jak zmienia się wartość przemieszczeń punktów powierzchni wraz z postępowaniem frontu eksploatacji. Analizy takie wykonywał dla eksploatacji ścianowych prowadzonych na stosunkowo niedużych głębokościach przy nadkładzie charakteryzującym się niskimi i średnimi parametrami wytrzymałościowymi. W wyniku tych prac uzyskał paraboliczną trajektorię przemieszczeń punktu pomiarowego nad wybieraną ścianą opisaną w sposób jakościowy. Pełną trajektorię przemieszczenia punktu powierzchni znajdującego się nad wybraną parcelą wg. Awierszyna można podzielić na cztery części (Awierszyn³⁷): I (zbliżanie się frontu ściany do analizowanego punktu), II (przechodzenie ściany pod punktem), III (oddalenie się punktu od ściany w zakresie promienia zasięgu wpływów głównych), IV (punkt znajduje się poza promieniem zasięgu wpływów głównych). W publikacji nr 6 (wg. spisu podanego w 4.2) zająłem się opisaniem jakościowym i ilościowym trajektorii przemieszczeń wybranych punktów powierzchni, znajdujących się zarówno nad wybieraną parcelą jak również poza nią podczas postępującego frontu eksploatacji. Odmiennie niż Awierszyn analizę przeprowadziłem dla eksploatacji ścianowych prowadzonych w dwóch kopalniach na dużej głębokości ($H=925\text{m}$ i $H=960$) przy nadkładach, których warstwy mają średnie i wysokie parametry wytrzymałościowe. Naukowa wartość tego rozwiązania polega na wykazaniu, że punkty znajdujące się na powierzchni terenu w obrębie obrysu postępującej ściany mają paraboliczną trajektorię ruchu punktu i jakościowo ich zachowanie zgodne jest z opisem podanym przez Awierszyna dotyczącym części I, II, III. Natomiast w odróżnieniu od prognozy Awierszyna trajektorie tych punktów praktycznie nie

³⁷ Awierszyn S.G.: Sdwiżenije gornych parod pri podziemnych razrabotkach, Ugletiechizdat, Moskwa 1948

mają części IV. Punkty powierzchni terenu znajdujące się nad wybraną parcelą przed czołem ściany w pierwszym okresie przemieszczają się przeciwnie do kierunku postępu czoła ściany (część I), a następnie, gdy czoło ściany znajduje się bezpośrednio pod danym punktem ulegają obniżeniom (część II). Po przejściu czoła ściany pod danym punktem on nadal osiada i dopiero gdy czoło ściany znajdzie się w pewnej odległości od rozpatrywanego punktu, ten punkt zaczyna się przemieszczać zgodnie z kierunkiem postępu czoła ściany (część III). Reakcja punktu na przemieszczające się czoło przodka nie jest natychmiastowa jak przewidywał Awierszyn, lecz przejście do części III trajektorii zachodzi z pewnym opóźnieniem wynoszącym od kilku metrów nawet do 200m. To zachowanie jest spowodowane dużą głębokością eksploatacji oraz budową nadkładu, który w znacznej części składa się z mocnych i wytrzymałych skał.

Punkty powierzchni terenu znajdujące się poza obrysem eksploatacji i gdy od nich front ścianowy się oddala, przemieszczają się w kierunku przestrzeni wybranej, zgodnie z przebiegiem części III trajektorii. Przemieszczenia poziome punktów znajdujących się poza obrysem eksploatowanej parceli w miarę oddalania się frontu ścianowego od tych punktów nieliniowo wzrastają od zera do wartości maksymalnej. Natomiast punkty powierzchni terenu znajdujące się poza obrysem eksploatacji i gdy do nich front ścianowy się przybliży, przemieszczają się w kierunku przestrzeni wybranej, zgodnie z przebiegiem części I trajektorii opisanej przez Awierszyna.

Przedstawione powyżej wnioski naukowe są wynikiem dwóch następujących publikacji.

Publikacja 5: Sroka A., Knothe S., Tajduś K., Misa R. 2015: *Point movement trace vs. the range of mining exploitation effects in the rock mass*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 60 (2015), No. 4, pp. 921–929 [udział własny 30%] (punktacja MNiSZW: 14)

Publikacja 6: Tajduś K. 2015: *Wpływ postępu frontu ściany na przemieszczenia powierzchni terenu*. Przegląd Górniczy, nr.11, str. 106-116, 2015 (punktacja MNiSZW: 7)

W rozdziale 4.3.4 przedstawiłem szczegółowy opis obu publikacji:

D. Modelowanie numeryczne deformacji powierzchni terenu (a także górotworu) wywołanych podziemną eksploatacją górniczą ze szczególnym uwzględnieniem przemieszczeń poziomych.

Aktualnie na świecie do celów prognozowania deformacji powierzchni terenu najczęściej stosuje się metody opracowane w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku, z których wyróżnić można: metody oparte na normalnym rozkładzie wpływów Gaussa (m.in. Ruhrkohle, Knothego), metody empiryczne (NCB) lub metody związane ze środkiem ciężkości powierzchni wybranej (Keinhorsta, Balsa, Beyera, itp.). Najszerze zastosowanie znalazły metody oparte na normalnym rozkładzie wpływów Gaussa, które do dzisiaj są stosowane powszechnie w wielu krajach między innymi w Europie, USA, Kanadzie, Chinach, Indiach. Wymienione metody mają wiele zalet, jednak zastosowane w nich uproszczenia powodują nieuwzględnienie wielu istotnych cech budowy górotworu, jego struktury, jakości warstw skalnych, ich parametrów odkształceniowych i wytrzymałościowych, zawodnienia itp. i mogą niejednokrotnie prowadzić do otrzymania wyników obliczeń znacznie odbiegających od wyników pomiarów. Tymczasem deformacje powierzchni terenu i górotworu zależą od wielu czynników górniczo-geologicznych (w tym hydrogeologicznych) oraz technologicznych. Ogromny rozwój metod numerycznych w ostatnich latach (metody elementów skończonych, metody różnic skończonych, metody elementów odrębnych itp.) pozwala wykorzystywać je dla celów prognozowania deformacji powstałych podczas podziemnej eksploatacji złóż. Jednakże ciągle, ze względu na problemy jakie występują przy budowie modeli numerycznych, doborze właściwych modeli konstytutywnych opisujących zachowanie się warstw skalnych i gruntowych, przyjęciu wiarygodnych wartości parametrów górotworu zarówno przed przeprowadzeniem eksploatacji jak również po przejściu eksploatacji, liczba prac związanych z prognozowaniem deformacji z wykorzystaniem metod numerycznych nie jest zbyt wielka.

W swojej pracy naukowej przez kilka lat zajmowałem się problemem numerycznego określania wpływu eksploatacji podziemnej na powierzchnię terenu. Jednym z podstawowych problemów jaki udało mi się rozwiązać, było opracowanie metodyki modelowania numerycznego dla prawidłowego prognozowania wpływów eksploatacji podziemnej na powierzchnię terenu. Po przeprowadzeniu wielu obliczeń i analiz wyników wybrałem model, w którym zachowanie się warstw skalnych opisuje model transwersalnie izotropowy o odpowiednio dobranych wartościach parametrów odkształceniowych. Parametry modelu transwersalnie izotropowego przyjmują inne wartości w rejonie zaburzonym eksploatacją a

inne w rejonie niezaburzoną eksploatacją. Do określenia wartości parametrów wykorzystałem klasyfikację geomechaniczną³⁸ GSI Hoeka-Browna, która umożliwia uwzględnienie wielu różnych właściwości górotworu. Przeprowadziłem szereg obliczeń w celu dostosowania klasyfikacji GSI Hoeka-Browna do warunków górniczo-geologicznych panujących w otoczeniu 11 ścian eksploatowanych w polskich kopalniach węgla kamiennego (Tajduś³⁹). Wstępne wartości parametrów odkształceniowych warstw skalnych doбираłem za pomocą klasyfikacji GSI wykorzystując laboratoryjne wartości parametrów warstw skalnych. Po wykonaniu obliczeń numerycznych otrzymane wyniki obniżeń powierzchni terenu porównywałem z wynikami obniżeń otrzymanymi z pomiarów geodezyjnych. Gdy występowały istotne różnice, zmniejszałem proporcjonalnie wartości parametrów odkształceniowych modelowanych warstw skalnych. Schemat ten powtarzałem aż do uzyskania dobrego dopasowania kształtu i wartości przemieszczeń niecki obliczonej z niecką pomierzoną. W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskałem wartości modułów sprężystości modelu transwersalnie izotropowego dla warstw skalnych występujących w rozpatrywanych polskich kopalniach. W celu weryfikacji poprawności wykonanych obliczeń w wybranych punktach powierzchni porównywałem nie tylko wyniki obniżeń ale także wyniki nachyleń pomierzonych z otrzymanymi z obliczeń. W tak przygotowanym modelu badałem wpływ różnych czynników górniczo-geologicznych na deformacje powierzchni. W publikacji nr 2 (wg spisu zamieszczonego w rozdziale 4.2) pokazałem wpływ grubej warstwy o wysokich parametrach odkształceniowych i wytrzymałościowych znajdującej się w nadkładzie na deformacje powierzchni terenu. Następnie obliczyłem deformacje powierzchni i wewnątrz górotworu powstałe po wybraniu dwóch ścian w kopalni „Siersza”. Wykorzystałem do tego przestrzenne obliczenia numeryczne. Porównanie wyników obliczeń z wynikami pomiarów wykazało, w wybranych punktach niecki osiadania wysoką zgodność przemieszczeń pionowych i nachyleń.

W publikacji nr 8 (wg spisu zamieszczonego w rozdziale 4.2) przedstawiłem wyniki obliczeń metodą elementów skończonych deformacji powierzchni terenu dla ściany eksploatowanej w kopalni Prospel-Haniel. W wyniku obliczeń uzyskałem dobrą zgodność wartości pomierzonych i obliczonych osiadania oraz nachylenia wybranych punktów. Większe różnice pojawiły się natomiast pomiędzy pomierzonymi a obliczonymi wartościami przemieszczeń poziomych. W

³⁸ Tajduś K. 2009: *New method for determining the elastic parameters of rock mass layers in the region of underground mining influence*. International Journal of Rock Mechanics & Mining Science, Elsevier, Vol. 46, No. 8, pp. 1296-1305.

³⁹ Tajduś K. 2010: *The determination of the approximate value of a GSI index for Hoek's rock mass classification for the rocks in the area of Polish coal mines*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Tom. 55, nr. 4, str. 879-890.

celu uzyskania lepszej zgodności wykonałem kilkadziesiąt obliczeń, których celem było określenie wpływu różnych czynników górnico-geologicznych na deformacje powierzchni a szczególnie przemieszczenia poziomego powierzchni. W obliczeniach zmieniałem wartości: współczynników Poissona warstw skalnych, modułów Kirchhoffa, pierwotnych naprężeń poziomych, wymiarów modelu i analizowałem ich wpływ na deformacje powierzchni w tym przemieszczenia poziome. Ponadto dla warstw trzeciorzędowych zmieniłem model konstytutywny z modelu transwersalnie izotropowego na model sprężysto-plastyczny z warunkiem Coulomba-Mohra. Stosując różne sposoby modelowania zdobyłem duże doświadczenie w modelowaniu wpływu eksploatacji na deformacje powierzchni i górotworu, które może być wykorzystane także przez innych badaczy zajmujących się tym problemem. Wykorzystując te doświadczenia wykonałem również powtórne obliczenia przestrzenne dla dwóch ścian eksploatowanych w kopalni „Siersza” (opisanych w publikacji 2). Tym razem głównym celem obliczeń była szczegółowa analiza przemieszczeń poziomych i odkształceń poziomych (oprócz wcześniej przeprowadzonej analizy przemieszczeń pionowych i nachyleń). W przekrojach biegnących przez środki ścian porównywałem uzyskane wyniki obliczeń przemieszczeń poziomych, przemieszczeń pionowych, odkształceń poziomych z wynikami otrzymanymi z obliczeń metodą Budryka-Knothe'go. Porównanie to wykazało dużą zbieżność wyników, co wskazuje na poprawność przyjętego modelu numerycznego.

Reasumując, naukowa wartość przedstawionego rozwiązania polega na opracowaniu metodyki budowy wiarygodnych modeli numerycznych dla metody elementów skończonych, pozwalających na określenie rozkładu i wartości deformacji powierzchni terenu powstałych w wyniku podziemnej eksploatacji górnictwa. Z przeprowadzonych obliczeń wynika również wniosek, że dla prawidłowego określenia deformacji powierzchni i górotworu, w tym przemieszczeń i odkształceń poziomych konieczna jest budowa przestrzennych modeli numerycznych a nie modeli płaskich.

Szczegółowy opis tych rozwiązań przedstawiłem w dwóch następujących publikacjach:

Publikacja 2: Tajduś K. 2013: *Numerical simulation of underground mining exploitation influence upon terrain surface*. Archives of Mining Sciences, Vol 58 No. 3, pp. 605-616 (IF. 0.608).

Publikacja 8: Tajduś K. 2015: Numerical Modelling of the Mining Induced Horizontal Displacement. *Studia Geotechnica et Mechanica*, vol. 37, nr.4, 75-82 (MNiSZW: 12).

W rozdziale 4.3.4 przedstawiłem szczegółowy opis dwóch powyższych publikacji.

4.3.4 Szczegółowy opis publikacji stanowiących podstawę pracy habilitacyjnej wraz z komentarzem autorskim.

Poniżej przedstawiłem szczegółowy opis publikacji stanowiących podstawę pracy habilitacyjnej. Prace te zostały przypisane do grup, odpowiadającym celowi prowadzonych przeze mnie badań określenia wartości oraz rozkładu przemieszczeń poziomych powierzchni terenu, zgodnie z rozdziałem 4.3.3.

A. Weryfikacja dla „dużych” głębokości hipotezy Keinhorsta mówiącej o tym, że punkty powierzchni terenu przemieszczają się w kierunku środka ciężkości powierzchni wybranej części pokładu.

Poniżej przedstawiłem szczegółowy opis publikacji, które upoważniają mnie do wysunięcia powyższych stwierdzeń.

Publikacja 3: Tajduś K. 2014: *The nature of mining-induced horizontal displacement of surface on the example of several coal mines*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 59 (2014), No. 4, pp. 971–986 (IF. 0.608).

Praca składa się z dwóch części, z której pierwszą omówiłem poniżej. W pierwszej części pracy opisałem metody obliczania przemieszczenia punktu w kierunku środka ciężkości powierzchni wybranego elementu pokładu (teorie m.in. Keinhorsta, Balsa, Beyera, Sanna). Następnie przeprowadziłem analizę przebiegu kierunków wektorów punktów przemieszczeń poziomych dla eksploatacji przeprowadzonej w kopalni Heinrich/Rheinland, w pokładzie Mathilde, ścianą nr 204 o długości 255m i wybiegu 1260m⁴⁰, w okresie od 03.1995 do 10.1995. Średnia miąższość pokładu wynosiła 1.40m, a jego głębokość mieściła się w przedziale $H=760\div 900$ m. Na powierzchni terenu, w trakcie postępu eksploatacji, wykonano pomiary przemieszczeń punktów. W celu zobrazowania zmian wektorów przemieszczeń poziomych wraz z postępującym frontem eksploatacji przeprowadziłem analizę dla czterech wybranych etapów postępów frontów ściany 204. Analizy te wykazały, że wraz postępowaniem frontu eksploatacji i zwiększaniem się powierzchni wybranej zmianie ulegają zarówno wartości wektorów przemieszczeń poziomych jak i również kierunki ich działania. W miarę postępu eksploatacji

⁴⁰ Korittke N., Kalz U., Palte G. 1996: Dreidimensionale Erfassung von abbaubedingten Bodenbewegungen mit satellitengestützten Meßmethoden (GPS). Schlußbericht für Deutsche Steinkohle AG. Praca niepublikowana. DMT.

następuje obrót wektora przemieszczeń poziomych w kierunku powierzchni wybranej. Wielkość kąta obrotu wektora przemieszczeń poziomych determinowana jest przez prędkość postępu eksploatacji, wielkość wybranego pola, lokalizację frontu eksploatacji względem rozpatrywanego punktu. Przeprowadzone obserwacje wskazują, że punkty znajdujące się bezpośrednio nad obszarem wybranym oraz w niedalekiej od niego odległości, ulegają pewnemu opóźnieniu w zmianie kierunku wektora przemieszczenia poziomego w stosunku do postępującego frontu, co pokazałem dla kilkunastu przykładowych punktów pomiarowych. Opóźnienie spowodowane jest ciągłymi ruchami górotworu nad wcześniej wyeksploatowaną partią ściany 204, własnościami odkształceniowymi nadkładu oraz zaburzeniami jego struktury (spękaniem, pustkami) powstałymi na skutek prowadzenia eksploatacji.

W celu zobrazowania wpływu środka ciężkości powierzchni wyeksploatowanej na przebieg kierunków wektorów przemieszczeń poziomych, dla czterech położenia czoła ściany i wybranych punktów powierzchni przedstawiłem kierunki wektorów przemieszczeń poziomych. Z analizy wynika, że każdorazowo kierunki wektorów przemieszczeń poziomych przecinają się nad wybranym w danej fazie eksploatacji polem jednakże nie w samym jej środku lecz w pewnej strefie w pobliżu jego środka. Problemem wpływu postępu eksploatacji ścianowej na deformacje terenu zajmował się Sroka⁴¹, który bazując na teorii Knothego zbudował model uwzględniający stały postęp eksploatacji ścianowej.

Publikacja 4: Tajduś K. 2015: *Analysis of horizontal displacement distribution caused by single advancing longwall panel excavation*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering (2015), Vol.7, Issue 4, p. 395-403 (IF. 0.4715 wg. International Institute for Research Impact Factor Journals).

W publikacji tej jednym z głównych tematów była analiza mająca na celu potwierdzenie hipotezy Keinhorsta, zgodnie z którą, podczas eksploatacji punkty powierzchni terenu przemieszczają się w kierunku środka ciężkości powierzchni wybranej części pokładu.

W tym celu dla różnych etapów eksploatacji ściany 698 kopalni Prospel-Haniel pokładu O/N, znajdującej się na głębokości 960m, o miąższości od 3.6m do 4.3m, przeanalizowałem w przestrzeni trójwymiarowej przebieg kierunków wektorów przemieszczeń 40 punktów. Z analizy tej wynika, że tylko część punktów powierzchni przemieszcza się w kierunku środka

⁴¹ Sroka A. 1978: Teoria S. Knothego w ujęciu czasoprzestrzennym. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej PAN. Geodezja, z. 24, Kraków.

wybranej pustki, która powstała po wybraniu pola, natomiast większość kierunków wektorów przemieszczeń przebija powierzchnię wybieranego pokładu poza wyeksploatowaną pustką, niektóre w dosyć znacznej odległości. Analiza w przekroju płaszczyzną yz , przechodzącą przez środek wybranego pola równoległe do wybiegu wskazuje, że większość kierunków przemieszczeń punktów powierzchni skupia się i przechodzi przez pewną powierzchnię znajdującą się na głębokości od 150m do 350m, a więc znacznie powyżej wyeksploatowanej przestrzeni. Analiza miejsca przebicia kierunków wektorów przemieszczeń punktów powierzchni z płaszczyznami poziomymi xy na głębokościach 200m, 250m, 300m wskazuje, że najczęściej kierunki wektorów przemieszczeń powierzchni przebiegają przez bryłę o kształcie elipsoidy, która w osi pionowej ma wymiar około 100m, zaczyna się od głębokości blisko 200m i sięga do głębokości 300m, przy średniej głębokości eksploatacji 960m. Dla wybranego pola eksploatacji o wymiarach 270m x 294m na głębokości ok. 250m największa ilość kierunków wektorów przemieszczeń skupia się na określonej powierzchni (większość punktów przebicia powierzchni xy kierunkami wektorów przemieszczeń mieści się wewnątrz wyznaczonej elipsy). Rozpatrywano trzy wielkości powierzchni elipsy na średniej głębokości 250m. Wewnątrz I elipsy o powierzchni 7667m² mieści się około 13 kierunków wektorów przemieszczeń, wewnątrz elipsy II o powierzchni 28203m² - 20 kierunków wektorów przemieszczeń a wewnątrz elipsy III o powierzchni 70418m² - 31 kierunków wektorów przemieszczeń z analizowanych 40. Prowadzone (przez habilitanta) dalsze badania (nie zamieszczone w publikacji 5, artykuł w przygotowaniu) wykazały, że wraz z postępem frontu ściany wyznaczona elipsoida w niewielkim zakresie przemieszcza się płaszczyźnie pionowej. I tak po wyeksploatowaniu pola o wymiarach 270m x 430m największa ilość kierunków wektorów (30) mieści się wewnątrz elipsy III na głębokości ok. 270m, po wyeksploatowaniu pola o wymiarach 270m x 600m - na głębokości 280m, a dla całkowitego wybrania ściany czyli po wyeksploatowaniu pola o wymiarach 270m x 970m - na głębokości 330m.

Przeprowadzone obserwacje dla eksploatacji pokładu na dużej głębokości ($H = 960m$) i ich analiza nie potwierdzają więc hipotezy Keinhorsta, zgodnie z którą, podczas eksploatacji punkty powierzchni terenu przemieszczają się w kierunku środka ciężkości powierzchni wybranej części pokładu.

B. Określenie na podstawie pomiarów i przeprowadzonych obliczeń zależności pomiędzy przemieszczeniami poziomymi, a wartościami nachylenia w całej niecce osiadania.

Publikacja 1: Tajduś K. 2013: *Mining-induced surface horizontal displacement: The case of BW Prosper Haniel mine*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 58, No. 4, pp. 1037-1055 (IF. 0.608).

W publikacji tej omówiłem dotychczasowe przykładowe krajowe i zagraniczne metody określania wartości parametru B , a następnie bazując na wynikach pomiarów deformacji wywołanych eksploatacją w kopalni BW Prosper Haniel (Niemcy) przeprowadziłem analizę przemieszczeń poziomych powierzchni terenu oraz rozkładu współczynnika odkształcenia poziomego B . Kopalnia BW Prosper Haniel dokonała eksploatacji w pokładzie O/N ścianami 698 i 697 długościach ok. 270m i zmiennej wysokości od 3,6m do 4,3m, leżących na średniej głębokości 960m. Na powierzchni terenu kopalnia założyła sieć pomiarową GPS składającą się z rozproszonych punktów geodezyjnych dla których wykonano pomiary przemieszczeń poziomych oraz obniżeń. Jak wynika z przedstawionej w artykule analizy, minimalne wartości stosunku $|u_{\max}|/w$ dla eksploatacji ścian 697 i 698 pokładu O/N, osiągane są w centralnej części wyeksploatowanej przestrzeni, natomiast wraz ze wzrostem odległości od krawędzi wartość stosunku wzrasta do wartości powyżej jedności. W pewnej odległości od pola eksploatacji wartość przemieszczenia poziomego jest ponad dwukrotnie większa niż wartość przemieszczenia pionowego. W celu analizy rozkładu wartości współczynnika B dla rejonu kopalni Prosper Haniel wykonałem dwanaście przekrojów prostopadłych do wybiegu ścian 697 i 698 z których każdy przekrój posiadał 60 punktów obliczeniowych. Następnie dla przekrojów tych sporządziłem wykres, wartości przemieszczeń poziomych na kierunku przekroju $u(\alpha)$, w funkcji nachylenia przekroju $T(\alpha)$. Dla każdego z przekrojów wykorzystując metodę regresji liniowej, określiłem zależność pomiędzy przemieszczeniami poziomymi a nachyleniami. Następnie obliczyłem średnie wartości B dla przekrojów znajdujących się w rejonie początku biegu ścian do połowy eksploatacji ($B=205,7$) oraz od połowy wybiegu ściany do ich końca ($B=192,7$). Średnia wartość współczynnika odkształcenia wynosi $B=199,9m$, czyli $B = 0.34r$ ($B = 0.2H$). Analizując wyniki szczegółowe dla przekrojów prostopadłych do wybiegu można zauważyć, że najmniejsze wartości współczynnika przemieszczeń B osiąga na krawędziach eksploatacji, a zbliżając się do środka wybranej przestrzeni eksploatacyjnej - rośnie. Maksymalną wartość $B=216m$ ($B=0.23H$ lub $B=0.37r$) uzyskałem dla przekroju

przechodzącego przez środek pola eksploatacji. Najniższe wartości parametru wystąpiły dla przekrojów, w których ściana zaczynała swój bieg - $B=134\text{m}$ ($B=0.14H$ lub $B=0.24r$). Przeprowadziłem również analizę rozkładu wartości współczynnika D dla trzech przekrojów równoległych do wybiegu ścian 697 i 698, przechodzących przez środki ścian 697, 698 i ich wspólną krawędź. Średnia wartość współczynnika odkształcenia dla przekrojów równoległych do wybiegu wynosi $D=229\text{m}$ ($D=0.41r$ lub $D=0.24H$). Natomiast dla przekroju przebiegającego wzdłuż krawędzi wspólnej dla obu ścian uzyskano wartość współczynnika odkształcenia $D=243,3\text{m}$ ($D=0.43r$ lub $B=0.25H$). Stosunek średniej wartości współczynnika odkształcenia B uzyskanego dla przekrojów prostopadłych do wybiegu ścian do średniej wartości współczynnika odkształcenia D uzyskanego dla przekrojów równoległych do wybiegu ścian wynosi 0,87 co świadczy o zależności współczynników od kształtu wybranej przestrzeni. Szczegółowe wyniki zamieszczono w tabeli 2.

Publikacja 3: Tajduś K. 2014: *The nature of mining-induced horizontal displacement of surface on the example of several coal mines*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 59 (2014), No. 4, pp. 971–986 (IF. 0.608).

W publikacji nr.3, w której większa jej część dotyczy problematyki omówionej w pkt A, zająłem się również określeniem wartości współczynnika odkształceń B . W publikacjach o nr. 1, 4, 9 określiłem wartość współczynnika B dla eksploatacji prowadzonych na dużych głębokościach i stwierdziłem, że wynosi ona w granicach od $0.20r$ do $0.43r$. Natomiast, w prezentowanym artykule wybrałem dwie przykładowe eksploatacje ścianowe prowadzone na niewielkich głębokościach na terenie Niemiec. Przykład pierwszy dotyczył kopalni rudy, która prowadziła eksploatację na głębokości od 160m do 180m, o miąższości $g=1.80\text{m}^{42}$, podczas której równocześnie na powierzchni terenu przeprowadzono pomiary geodezyjne wzdłuż dwóch linii - prostopadłej do postępu frontu i równoległej do postępu frontu. Analiza wyników obserwacji wskazuje, że stosunek wartości przemieszczenia pionowego do poziomego mieści się w przedziale $0 < \frac{|u|}{w} \leq 1.57$. Wartości stosunku większa od jedności uzyskano dla punktów znajdujących się poza obrysem eksploatacji, a ich maksimum wypada w punkcie odległym od krawędzi eksploatacji o ok. 70m. Bazując na wynikach pomiarów wyliczyłem, że dla ww. przykładu współczynnik odkształcenia wynosi $B=0.47r$ (dla $\text{tg}\beta=1.2$) lub $B=0.40H$.

⁴² Lehmann K., Wüster R., Hagen R., 1956. *Vermessungs- und Risswesen Bergschäden (Markscheidewesen II)*. Der Deutsche Steinkohlebergbau Technisches Sammelwerk. Band 2. Verlag Glückauf GmbH. Essen.

Podobną analizę przeprowadzono dla eksploatacji w kopalni niemieckiej¹⁶, w której przeprowadzono eksploatację rudy ścianą na głębokości od 200m do 210m o wysokości furty eksploatacyjnej $g=1.45m$. Na powierzchni prowadzono pomiary geodezyjne osiadania i przemieszczenia poziomego. Bazując na zależności Awierszyna pomiędzy przemieszczeniami poziomymi a nachyleniami obliczyłem wartość współczynnika przemieszczenia B , która wynosi $B=0.33r$ (dla $tg\beta=1.2$) lub $B=0.28H$.

Z porównania przebiegu krzywych u oraz w dla przedstawionych przykładów wynika, że w pewnej odległości od krawędzi eksploatacji przemieszczenia poziome zaczynają przyjmować większe wartości osiadania (40m dla przykładu pierwszego oraz 50m dla przykładu drugiego). Fakt ten jest zgodny z wzorami teorii Knothego.

Publikacja 4: Tajduś K. 2015: *Analysis of horizontal displacement distribution caused by single advancing longwall panel excavation*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering (2015), Vol.7, Issue 4, p. 395-403 (IF. 0.4715 wg. International Institute for Research Impact Factor Journals).

Publikacja ta dotyczy głównie analizy kierunków przemieszczeń punktów powierzchni terenu. W końcowej jej części przeprowadziłem również analizę rozkładu wartości współczynnika B dla rejonu eksploatacji ściany 698 kopalni Prosper Haniel. Ściana ta eksploatowana była w pokładzie O/N leżącym na średniej głębokości 960m. Długość wyeksploatowanej ściany wynosiła 270m, wybieg 970m, a jej wysokość od 3.6m do 4.3m. Na powierzchni terenu kopalnia Prosper Haniel założyła sieć pomiarową składającą się z rozproszonych punktów geodezyjnych GPS. Wyniki pomiarów geodezyjnych przeprowadzonych dla punktów pomiarowych wykazały, że maksymalne obniżenia pomierzone dla centralnej części niecki osiągnęły stan ustalony. Jedynie w rejonie zakończenia biegu eksploatacji ściany 698 punkty wykazały przebieg nieustalony. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, że występująca nad pokładem O/N warstwa mocnego piaskowca o miąższości ok. 90m oraz małe wymiary eksploatowanej ściany 698 spowodowały powstanie na powierzchni niecki niepełnej charakteryzującej się niższymi o 50% wartościami wskaźników deformacji niż w niecce pełnej.

W celu analizy rozkładu wartości współczynnika B dla rejonu eksploatacji ściany 698 kopalni Prosper Haniel wykonano dwanaście przekrojów obliczeniowych prostopadłych do wybiegu ściany, a następnie dla wymienionych przekrojów sporządzono wykres wartości przemieszczeń poziomych na kierunku przekroju $u(\alpha)$ w funkcji nachylenia przekroju $T(\alpha)$.

Dla przedstawionych przekrojów określono zależności funkcyjne pomiędzy przemieszczeniami poziomymi a nachyleniami metodą regresji liniowej. Analiza rozkładu współczynnika przemieszczeń poziomych B , wykazała istnienie proporcjonalności między wektorem przemieszczenia poziomego, a wektorem nachylenia profilu niecki osiadania. Dla przekrojów prostopadłych do wybiegu ściany średni współczynnik odkształcenia wyniósł $B=205\text{m}$ ($B=0.363r$ lub $B=0.21H$), natomiast dla I połowy wybiegu ściany był niższy i wynosił $B=170\text{m}$ ($B=0.3r$ lub $B=0.18H$), a dla drugiej połowy wybiegu ściany wyższy i wynosił $B=237,4\text{m}$ ($B=0,42r$ lub $B=0.25H$) (tabela 2).

Publikacja 7: Tajduś K., Tajduś A., 2015: *Some considerations on horizontal displacement and horizontal displacement coefficient B*. *Studia Geotechnica et Mechanica*, vol.37, nr.4, 75-82 [udział własny 50%].

Mój współudział w publikacji będącej podsumowaniem badań dotyczących określenia zależności pomiędzy przemieszczeniami poziomymi, a wartościami nachylenia wyniósł 50% i polegał na wykonaniu na analizie zależności pomiędzy nachyleniem, a przemieszczeniem poziomym, zebraniu i analizie europejskich doświadczeń w obliczaniu nachyleń i odkształceń poziomych, udziale w napisaniu publikacji

W artykule dokonano próby podsumowania dotychczasowej wiedzy na temat prognozowania przemieszczeń poziomych a w szczególności współczynnika odkształcenia B na podstawie doświadczeń europejskich, głównie rosyjskich, ukraińskich, polskich. Większość wniosków zamieszczonych w publikacji 7 została opisana w punkcie **B pt. Określenie na podstawie pomiarów i przeprowadzonych obliczeń zależności pomiędzy przemieszczeniami poziomymi, a wartościami nachylenia w całej niecce osiadania**. Z tego względu nie przedstawiam dokładnie tej publikacji.

Publikacja 9: Tajduś K. 2016: *Analysis of horizontal displacements measured over the mining operations in longwall No. 537 at the Girondelle 5 seam of the BW Friedrich Heinrich-Rheinland coal mine*. *Archives of Mining Sciences*, ISSN 0860-7001, Vol. 61 (2016), No. 1, pp. 157–168 (IF., MNiSZW - brak informacji na 2016r).

W artykule przedstawiłem analizę rozkładu wartości parametru odkształcenia B dla eksploatacji ściany 537 w pokładzie Girondelle 5 kopalni niemieckiej Friedrich Heinrich-Rheinland. W artykule opisałem sytuację górniczą oraz geologiczną rejonu eksploatacji

($H=925\text{m}$, $g=2,5\div 3,1\text{m}$, długość 430m, a wybieg 2003m). Na powierzchni terenu kopalnia założyła sieć pomiarową składającą się z rozproszonych punktów geodezyjnych GPS, dokonując pomiary obniżeń i przemieszczeń poziomych na kierunkach x i y . Jak wynika z przedstawionej w artykule analizy, minimalne wartości stosunku $(|u_{max}|/w_{max})=0,2$ dla eksploatacji ściany 537, osiągane są w centralnej części wyeksploatowanej przestrzeni, natomiast wraz z odległością od krawędzi wartość stosunku wzrasta, do wartości powyżej jedności. W pewnej odległości od pola eksploatacji wartość przemieszczenia poziomego jest ponad dwukrotnie większa niż wartość przemieszczenia pionowego. W celu analizy rozkładu wartości współczynnika B dla rejonu kopalni BW Friedrich Heinrich-Rheinland wykonałem jedenaście przekrojów obliczeniowych prostopadłych do wybiegu ściany 537, a następnie sporządziłem wykresy wartości przemieszczeń poziomych na kierunku przekroju $u(\alpha)$ w funkcji nachylenia przekroju $T(\alpha)$. Dla tych przekrojów określiłem zależności funkcyjne pomiędzy przemieszczeniami poziomymi a nachyleniami metodą regresji liniowej otrzymując wzory uwzględniające oszacowaną wartość parametru B . Analiza ta wykazała istnienie proporcjonalności między wektorem przemieszczenia poziomego, a wektorem nachylenia profilu niecki osiadania. Wynika z niej, że średni współczynnik przemieszczenia wynosi $B=0.26r$ lub $B=0.18H$ (przy założeniu że $\tan\beta=1.43^{43}$). Natomiast pośrednie wartości współczynnika B dla różnych przekrojów kształtują się w granicach od $B=0.20r$ do $B=0.37r$. Wartość współczynnika B zależy od właściwości wytrzymałościowych skał górotworu i jego struktury. Aktualnie skomplikowaną budowę nadkładu uwzględnia jedynie parametr β , często szacując wartość $\text{tg}\beta$ w sposób uproszczony. Pod koniec publikacji zasugerowałem, że wartość $\text{tg}\beta$ powinna być określana w powiązaniu z klasyfikacją GSI, ale stosowanie jej do określania $\text{tg}\beta$ wymaga dalszych szczegółowych badań.

We wnioskach podałem również informację, że obliczona średnia wartość współczynnika odkształcenia $B=166\text{m}$ jest w przybliżeniu równa głębokości, na której znajduje się granica pomiędzy warstwą czwartorzędu i trzeciorzędu, a karbonem. Potwierdzałoby to wniosek, że wartość współczynnika B można wyznaczyć jako odległość powierzchni terenu od granicy znajdującej się pomiędzy warstwami o niskiej wytrzymałości, a warstwami o średniej i wysokiej wytrzymałości.

⁴³ Ballhaus N., Korittke N., Sroka A. 2000: *Einfluss von Hochleistungsstreben auf die grösse und den Zeitlichen Verlauf von Bodenbewegungen*. 11th International Congress of the International Society for Mine Surveying. Craców, September 4-9, 2000, pp.507-526.

C. Wpływ postępu frontu ściany na przemieszczenia (poziome i pionowe) powierzchni terenu.

Publikacja 5: Sroka A., Knothe S., Tajduś K., Misa R. 2015: *Point movement trace vs. the range of mining exploitation effects in the rock mass*. Archives of Mining Sciences, ISSN 0860-7001, Vol. 60 (2015), No. 4, pp. 921–929 [udział własny 30%] (punktacja MNiSZW: 14)

Mój współudział w publikacji będącej podsumowaniem badań dotyczących określenia kształtu krzywej zgodnie z którą przebiegają przemieszczenia w nadkładzie eksploatowanego pokładu wyniósł 30% i polegał na przeglądzie dostępnej literatury i jej krytycznej analizie a także określeniu zależności zmian objętości w górotworze poddanych eksploatacji oraz udział w pisaniu publikacji.

W artykule przeanalizowano zachowanie się punktów w rejonie eksploatacji górniczej, które wykazały, że założenie Keinhorsta co do liniowego przebiegu przemieszczenia się punktu w kierunku powierzchni wybranej jest nieprawidłowe. Kształt przebiegu przemieszczenia się punktu nazywany jest „śladem przemieszczenia punktu”. Wg. Sroki i Schobera⁴⁴ ślad przebiegu przemieszczenia punktu nie jest liniowy lecz krzywoliniowy i może zostać opisany wzorem:

$r(z) = r \cdot \left(\frac{z}{H}\right)^m$, (gdzie: z - pionowa odległość od stropu wyrobiska, m - parametr opisujący

kształt rozchodzenia się śladu przemieszczenia). W prezentowanej pracy, bazując na teorii Budryka po odpowiednich przekształceniach podano wzór na wartość m w postaci $m = \sqrt{2\pi} \cdot \tan \beta$. We wcześniejszych pracach wartość ta została błędnie przypisana współczynnikowi n określającemu powierzchnię zasięgu wpływów w górotworze. To błędne przyjęcie wynikało z dominującego wówczas założenia, że w procesie deformacji górotworu

suma odkształceń jest równa zero: $\sum_{i=1}^{i=3} \varepsilon_{ii} = 0$, czyli: $\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz} = 0$ zatem w nadkładzie nie

następuje zmiana objętości podczas deformacji spowodowanej eksploatacją. Natomiast, jak wykazują pomiary, wartość odkształceń pionowych jest od 5 do 12 razy mniejsza niż suma odkształceń poziomych. Dla powierzchni terenu stosunek ten można opisać wzorem:

$\left| \frac{\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}}{\varepsilon_{zz}} \right| = \frac{1 - \nu}{\nu}$, (gdzie: ν - współczynnik Poissona). Przedstawiona analiza wykazała, że

⁴⁴ Sroka A. Schober F. 1982: *Die Berechnung der maximalen Bodenbewegungen über kaverenartigen Hohlräumen unter Berücksichtigung der Hohlraumgeometrie*. Kali u. Steinsalz, Band 8 (1982), Heft 8.

eksploatacja górnicza prowadzi do zmian objętości w obrębie deformowanego górotworu, a

wartość tej zmiany można określić wzorem: $\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz} = \left(1 - \frac{m}{n}\right) \cdot \varepsilon_{zz}$.

Publikacja 6: Tajduś K. 2015: *Wpływ postępu frontu ściany na przemieszczenia powierzchni terenu*. Przegląd Górniczy, nr.11, str. 106-116, 2015 (punktacja MNiSZW: 7)

Artykuł przedstawia analizę trajektorii przemieszczeń poziomych i pionowych wybranych punktów powierzchni wraz z postępującym frontem eksploatacyjnym. Przedstawiłem próbę odpowiedzi na pytanie, czy zmiany przemieszczeń powierzchni podczas rozwoju eksploatacji na dużych głębokości i w warunkach zalegania w nadkładzie warstw skalnych o średnich i wyższych parametrach wytrzymałościowych są podobne do przebiegu przedstawionego przez Awierszyna dla eksploatacji płytkich, gdzie nadkład stanowiły skały o średnich lub niskich parametrach wytrzymałościowych. W celu odpowiedzi na pytanie dokonałem analizy pomierzonych przemieszczeń powierzchni terenu dla punktów rozproszonych nad prowadzoną eksploatacją dwóch wybranych kopalń głębokich uwzględniając postęp frontu. Analizę wykonałem dla: a) kopalni BW Friedrich Heinrich-Rheinland, która przeprowadziła eksploatację ścianą 537 leżącą na głębokości 925m i średniej miąższości $g=2,8m$. Długość wyeksploatowanej ściany wynosiła 430m, a wybieg 2003m. Promień zasięgu wpływów głównych wyniósł $r=646m$; b) kopalni Prosper Haniel, która przeprowadziła eksploatację ściany nr 698 na średniej głębokości 960m. Długość wyeksploatowanej ściany wynosiła 270m, wybieg 970m, a jej wysokość zmieniała się od 3,6m do 4,3m.

Przeprowadzona analiza wykazała, że punkty znajdujące się poza obrysem pola eksploatacji przemieszczają się po liniach względnie prostych natomiast punkty znajdujące się nad polem ulegają przemieszczeniu po trajektoriach parabolicznych. Ruchy tych punktów zostały opisane w funkcji $u(w)$, jednak opis ten nie uwzględniał zmiany położenia frontu eksploatacji. Dlatego w dalszej analizie przedstawiłem, zależność pomiędzy wskaźnikami przemieszczenia u i w oraz lokalizacją frontu ściany. Po przeanalizowaniu 21 wybranych punktów znajdujących się w rejonie osi ściany dla tych dwóch kopalń węgla stwierdzono, że wartość przemieszczeń poziomych w zależności od położenia frontu eksploatacji można opisać z pewnym przybliżeniem wzorami funkcji dynamicznych w postaci podanej w publikacji Sroka⁴⁵.

⁴⁵ Sroka A.: Teoria S. Knothego w ujęciu czasoprzestrzennym. Prace komisji Górniczo-Geodezyjnej, Geodezja 24. Polska Akademia Nauk – oddział w Krakowie 1978.

D. Modelowanie numeryczne deformacji powierzchni terenu (a także górotworu) wywołanych podziemną eksploatacją górniczą ze szczególnym uwzględnieniem przemieszczeń poziomych.

Publikacja 2: Tajduś K. 2013: *Numerical simulation of underground mining exploitation influence upon terrain surface*. Archives of Mining Sciences, Vol 58 No. 3, pp. 605-616 (IF. 0.608).

Głównym celem tej publikacji było opracowanie zasad budowy modeli numerycznych MES dla uzyskania wiarygodnych prognoz deformacji na skutek eksploatacji podziemnej. W tym celu przeprowadziłem szereg symulacji numerycznych, których celem była analiza wpływu różnych czynników takich jak wymiary modelu, budowa geologiczna, własności poszczególnych warstw, tektonika i ciśnienie pierwotne górotworu itp. Na tej podstawie określiłem zasady doboru wymiarów modelu, które pozwoliły uwzględnić czynniki górnicze takie jak wymiary przestrzenne eksploatacji, istnienie starych zrobów, itp. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że decydujący wpływ na wartość przemieszczeń ma występowanie w nadkładzie warstw mocnych o wysokich wartościach parametrów wytrzymałościowych, które znacznie zmniejszają wartość przemieszczeń na powierzchni, w porównaniu do górotworu jednorodnego o średnich i niskich parametrach. Obliczenia wykazały również że uskoki istniejące w rejonie eksploatacji zasadniczo wpływają na rozkład przemieszczeń prowadząc niejednokrotnie do deformacji nieciągłych. Przy modelowaniu zjawiska deformacji powierzchni niezwykle ważny jest dobór odpowiedniego modelu konstytutywnego. Z dotychczasowych moich doświadczeń wynika, że modelem, który dobrze opisuje zachowanie się nadkładu w rejonie eksploatacji, jest model transwersalnie izotropowy o odpowiednio dobranych wartościach parametrów odkształceniowych. Dobór własności dla modelu transwersalnie izotropowego dokonałem za pomocą klasyfikacji GSI Hoeka-Browna.

Opracowaną metodykę budowy modeli numerycznych wykorzystałem do obliczeń deformacji powierzchni i górotworu dla dwóch ścian eksploatowanych w kopalni „Siersza” na głębokości od 325m do 330m. Górna część nadkładu w eksploatowanym rejonie zbudowana jest z cienkiej warstwy czwartorzędu (4-8m) w postaci piasku drobnoziarnistego przewarstwionego gliną żółtą zapiaszczoną o charakterze lessowym. Poniżej znajdują się warstwy skał triasowych zalegających do głębokości ok. 80 m, w postaci dolomitów, margli dolomitycznych oraz wapieni dolomitycznych. Karbon zalegający poniżej skał triasowych, w

którym znajduje się eksploatowany pokład węgla, zbudowany jest z grubych pakietów warstw piaskowców drobnoziarnistych i średnioziarnistych, których miąższość sięga kilkudziesięciu metrów z przewarstwieniami łupków ilastych i węgla.

Na powierzchni, nad eksploatowanymi ścianami prowadzono pomiary geodezyjne. W okresie trwania pomiarów geodezyjnych kopalnia wyeksploatowała całkowicie ścianę 501 o miąższości od 2.5m do 3.1m, oraz część ściany 502 o miąższości 3.1m. Ponieważ prowadzenie pomiarów geodezyjnych zaprzestano w trakcie trwania eksploatacji ściany 502, przeprowadziłem obliczenia metodą Knothego dla sytuacji gdy obie ściany zostały wybrane w całości. Wykorzystałem w tym celu wartości parametrów teorii Knothego otrzymane z dopasowania niecki obniżeń do wartości obniżeń pomierzonych (kąąt zasięgu wpływów głównych $\beta=54.5^\circ$ oraz współczynnik eksploatacji $a=0.42$). Za pomocą teorii Knothego obliczyłem wskaźniki deformacji powierzchni terenu dla wybranych w całości ścian 501 i 502. W wybranych punktach niecki osiadania uzyskałem wysoką zgodność przemieszczeń pionowych i nachyleń obliczonych za pomocą metody Knothego z obliczonymi numerycznie.

Publikacja 8: Tajduś K. 2015: Numerical Modelling of the Mining Induced Horizontal Displacement. *Studia Geotechnica et Mechanica*, vol. 37, nr.4, 75-82 (punktacja MNiSZW: 12).

Metodykę omówioną w pracy 2 wykorzystałem do płaskich obliczeń deformacji powierzchni MES kopalni Prospel-Haniel. Porównanie wyników obliczeń numerycznych i obserwacji wykazało dobrą zgodność osiadań i nachyleń oraz większe różnice pomiędzy pomierzonymi i obliczonymi wartościami przemieszczeń poziomych. W celu znalezienia przyczyn rozbieżności wykonałem kilkadziesiąt obliczeń, których celem było określenie wpływu różnych czynników górniczo-geologicznych na deformacje, a szczególnie przemieszczenia poziome powierzchni. W obliczeniach zmieniałem wartości: współczynników Poissona warstw skalnych, modułów Kirchhoffa, pierwotnych naprężeń poziomych, wymiarów modelu i analizowałem ich wpływ na deformacje powierzchni w tym przemieszczenia poziome. Ponadto dla warstw trzeciorzędowych zmieniłem model konstytutywny z modelu transwersalnie izotropowego na model sprężysto-plastyczny z warunkiem Coulomba-Mohra. Uzyskane wyniki pozwoliły mi wprowadzić korekty do modelu numerycznego i zbliżyć wartości przemieszczeń poziomych obliczanych do mierzonych. Pomimo wprowadzenia korekt uzyskane wyniki nie były jednak w pełni satysfakcjonujące. Wykorzystując te doświadczenia wykonałem również powtórne obliczenia przestrzenne dla dwóch ścian

eksploatowanych w kopalni „Siersza” (opisanych w publikacji 2). Tym razem celem obliczeń była szczegółowa analiza przemieszczeń poziomych i odkształceń poziomych oprócz wcześniej przeprowadzonej analizy przemieszczeń pionowych i nachyleń. W przekrojach biegnących przez środki ścian porównywałem uzyskane wyniki obliczeń przemieszczeń poziomych, przemieszczeń pionowych, odkształceń poziomych z wynikami otrzymanymi z metody Budryka-Knothego. Porównanie to wykazało dużą zbieżność wyników, co wskazuje na poprawność przyjętego modelu numerycznego. Wypływa z tego bardzo ważny wniosek, że w celu prawidłowego określania deformacji powierzchni i górotworu a szczególnie przemieszczeń poziomych należy budować przestrzenne a nie płaskie modele numeryczne.

4.3.5 Podsumowanie

Przedstawione publikacje dotyczące określania przemieszczeń poziomych powierzchni terenu spowodowanych eksploatacją podziemną potwierdzają naukowe i praktyczne znaczenie prowadzonych przeze mnie badań. Problem, którym zająłem się w swoich badaniach jest istotny w kwestii właściwego określania wskaźników deformacji powierzchni terenu wywołanych podziemną eksploatacją powierzchni terenu, a co za tym idzie określanie potencjalnych szkód górniczych w obiektach budowlanych. W celu realizacji tego zadania wykorzystałem zarówno metody analityczne jak również nowoczesne metody numeryczne bazujące na metodzie elementów skończonych. Sądzę, że rozwiązania inżynierskie przedstawione pod wspólnym tematem „Określenia przemieszczeń poziomych powierzchni terenu spowodowanych eksploatacją podziemną” wnoszą wiele cennych informacji z punktu widzenia geologii inżynierskiej jak i również mogą wesprzeć procedury budowlane na terenach górniczych.

5 OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ W PRACY NAUKOWO – BADAWCZEJ.

Swoją karierę naukowo-badawczą rozpocząłem w Instytucie Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk, gdzie od początku zajmowałem się zagadnieniami szeroko rozumianej mechaniki górotworu. W celu rozwiązania zagadnień z tym związanych wykorzystuję zarówno metody analityczne, empiryczno-analityczne jak i również metody numeryczne oparte na metodzie elementów skończonych. W pierwszych etapach swojej pracy skupiłem się na zastosowaniu metod numerycznych do celów określenia wpływów eksploatacji podziemnej na powierzchnię terenu,

górotwór i na budynki powierzchniowe (m.in. prace: ⁴⁶; ⁴⁷; ⁴⁸; ⁴⁹) oraz problemem makro skali w geomechanice. Zwłaszcza ten drugi problem rozwijałem w dalszych latach starając się określić w sposób właściwy parametry górotworu w rejonie zaburzonym eksploatacją górnictwem. Prace nad tym zagadnieniem kontynuowałem także podczas stażu na TU Bergakademie Freiberg, czego wynikiem było kilka publikacji, których byłem autorem lub współautorem, m.in. ⁵⁰. Podsumowaniem badań nad określeniem własności odkształceniowych górotworu naruszonego eksploatacją górnictwem był podwójny doktorat pt. „Określenie wartości parametrów odkształceniowych górotworu uwarstwionego w rejonie wpływów eksploatacji górnictwem”, który obroniłem w 2008 roku na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, a następnie na TU Bergakademie Freiberg (Niemcy). Następnie, uwzględniając uwagi w recenzjach, w 2009r wydałem monografię w języku angielskim pt. *Determination of the value of the strain parameters for strata rock mass in the region of underground mining influence*. VGE Verlag GmbH, Essen, Issue. 2, 2009.

W dalszych latach brałem czynny udział w pracach nad określaniem stanu naprężenia odkształcenia i wyężenia w górotworze będącego wynikiem eksploatacji górnictwem. W ramach tych prac wzięłem udział w projekcie badawczym pt. Numeryczna analiza stanu zagrożenia tąpnięciami w rejonie zaburzeń tektonicznych oraz byłem współautorem kilku publikacji z tego tematu m.in. ⁵¹; ⁵².

Przez kolejne lata rozwijałem swoje badania naukowe i umiejętności związane zarówno z modelowaniem numerycznym wykorzystując metodę elementów skończonych jak również z zastosowaniem metod empiryczno-całkowych do określenia deformacji całego górotworu w rejonie podziemnych prac górnictwem zarówno złóż stałych (systemy ścianowe m.in. ⁵³, filarowo-

⁴⁶ Tajduś A., Tajduś K. *Próba wykorzystania sprężystego uwarstwionego modelu górotworu dla oszacowania wpływu eksploatacji na powierzchnię*. Geotechnika i Budownictwo Specjalne. XXVIII Zimowa Szkoła Mechaniki Górotworu, str. 519-528, 2005

⁴⁷ Florkowska L., Cygan J., Leśniak J., Tajduś K., Walaszczyk J. *Metody analizy numerycznej współdziałania budynku z podłożem deformującym się wskutek działania eksploatacji podziemnej*. Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN, Tom.8, nr.1-4, str. 129-140, 2006

⁴⁸ Tajduś K. *Numeryczne określanie metodą elementów skończonych, wpływu eksploatacji na powierzchnie terenu*. Przegląd Górniczy, Tom.63, nr.5, str.36-42, 2007

⁴⁹ Tajduś K., Tajduś A. *Wykorzystanie submodelingu do modelowania zachowania się budowli poddanej wpływom eksploatacji*. Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 31, Zeszyt 3/1, str. 1-13, 2007

⁵⁰ Tajduś K. *Determining mechanical parameters of strata under the influence of underground mining using „back analysis*. 8.Geokinematisher Tag, Verlag Glückauf GmbH, ISBN 978-3-7739-1512-2, pp. 238-253, 2007

⁵¹ Sroka A., Cała M., Tajduś K. *Rockburst prognosis - using 3D stress analysis software*. Markscheidewesen, Vol. 116, No. 2, pp. 28-34, 2009

⁵² Tajduś A., Cieślík J., Tajduś K. *Rockburst hazard assessment in bedded rock mass*. Archives of Mining Sciences, Vol. 59, No. 3, pp. 591-608, 2014

⁵³ Raport: Expert report on the planned mining activities in LW #401 304 on the air conditioner hall. OKD a.s. Republika Czeska

komorowe m.in.⁵⁴), fluidalnych (eksploatacja ropy i gazu^{55,56}), ich wpływu na obiekty budowlane znajdujące się w górotworze (m.in. prace: ^{57,58}) oraz powierzchni terenu (m.in.: ^{59, 60}). Metody te wykorzystałem również w pracach nad zagadnieniami eksploatacji częściowej w filarach prowadzonej w różnych warunkach górniczo-geologicznych, oceniając zarówno stabilność filarów jak i również ochronę powierzchni terenu (m.in. prace: ^{61, 62, 63}).

W międzyczasie, wraz z rozwojem swoich zainteresowań, rozpocząłem prace nad zagadnieniem budownictwa tunelowego. Jest to zagadnienie istotne z uwagi na ciągły rozwój infrastruktury drogowej w głównych aglomeracjach miejskich. Po wieloletnich pracach została wydana książkę pt. „*Geomechanika w budownictwie podziemnym. Projektowanie i budowa tuneli*”, której jestem współautorem. Książka w szerokim zakresie ujmuje problemy geomechaniczne wiążące się z rozpoznaniem, projektowaniem, wykonywaniem wyrobisk podziemnych w tym szczególnie drażeniem tuneli. Może służyć zarówno jako podręcznik uzupełniający wiedzę z zakresu tunelowania dla inżynierów budownictwa ale także dla studentów budownictwa. W 2013r autorzy książki zostali uhonorowani nagrodą Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za osiągnięcia dydaktyczne. Rok później miałem zaszczyt prowadzić autorskie wykłady na stanowisku profesora gościnnego na Uniwersytecie Binh Duong w Wietnamie (Wydział Konstrukcji Budowlanych). Po powrocie w Polsce dalej prowadziłem badania nad zagadnieniem budownictwa tunelowego czego wynikiem są publikacje z tego zakresu (m.in.: ^{64, 65} oraz ⁶⁶)

⁵⁴ Raport: Estimation of safety rules and recommendations to introduce new excavation technologies in OKD. Republika Czeska

⁵⁵ Sroka A., Tajduś K. *Obliczanie osiadania powierzchni terenu przy eksploatacji złóż ropy i gazu*. Nafta-Gaz, AGH Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Tom. 26, nr. 1-2, str.327-334, 2009

⁵⁶ Raport: Gutachterliche Stellungnahme zu bergbaubedingten Bodenbewegungen am Tagebaurand Hambach in Elsdorf-Bereich Holzgasse. Niemcy

⁵⁷ Sroka A., Knothe S., Tajduś K., Misa R. *Underground exploitations inside safety pillar shafts when considering the effective use of a coal deposit*. Mineral Resources Management, Vol. 31, Issue. 3, pp. 93-110.

⁵⁸ Sroka A., Knothe S., Tajduś K., Misa R. *Mining exploitation planning in protective pillars of mine shafts*. Proceedings of 34th International Conference on Ground Control in Mining, China, pp. 145-151, 2015

⁵⁹ Tajduś K., Misa R. *Wpływ podziemnej eksploatacji górniczej na drogi szybkiego ruchu- doświadczenia krajowe oraz zagraniczne*. Przegląd Górniczy, nr. 5, str. 39-47, 2014

⁶⁰ Tajduś K., Sroka A., Tajduś A., Preusse A *Three dimensional modeling of surface displacements as a result of underground longwall panel extraction*. 29th Ground Control in Mining, ISBN 978-0-9789383-3-8, pp. 105-110, Morgantown, USA, 2010

⁶¹ Sroka A., Tajduś K *Partial excavation on the great depth considering a surface protection and coal pillars stability*. 11.Geokinematischer Tag, ISBN 978-3-86797-099-0, No.1 pp. 62-76, Freiberg, Germany, 2010

⁶² Tajduś K., Sroka A., Preusse A *Calculation of subsidence for room and pillar and longwall panel methods of coal exploitation*. Underground Coal Operator Conference, Wollongong, Australia ISBN: 978-1-921522-16-1, pp. 83-90, 2011

⁶³ Tajduś K., Sroka A *Stochastic interpretations of safety factor: Determining the size of coal pillars in room and pillar mining system*. Markscheidewesen, Vol.118, Issue 1, pp. 25-27, 2011

⁶⁴ Tajduś A., Tajduś K. *The use of Tunnels to development of transport in mountain areas*. Geomatics, Landmanagement and Landscape, No.4 pp. 89-98, 2013

⁶⁵ Tajduś A., Tajduś K. *Aktualne problemy budownictwa tunelowego*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, Tom 247, nr. 3, str. 3-9, 2015

⁶⁶ Tajduś K., Misa R., Sroka A. *Metody określania zmian deformacji górotworu i powierzchni terenu w rejonie drążonego tunelu*. Praca w przygotowaniu

Zagadnienie określania wpływu działalności górniczej na powierzchnię terenu oraz obiekty budowlane jest ściśle związane z metodami zabezpieczania obiektów budowlanych. Zabezpieczenia te możemy podzielić na: wzmacniające i upodatniające obiekt lub też podłoże budowlane. Z uwagi na zainteresowanie geotechniką badałem metody ingerujące w grunt. W latach 2009-2012 brałem udział w projekcie naukowym na temat wykorzystania metod geotechnicznych w celu ograniczenia wpływów eksploatacji podziemnej na obiekty budowlane. W wyniku tych badań powstało wiele publikacji (m.in.: ⁶⁷; ⁶⁸), a w roku 2015 oddana została praca doktorska mgr inż. Rafała Misy opisująca ten problem oraz różne metody obliczania redukcji deformacji w rejonie obiektów budowlanych stosując rowy geotechniczne i transzeje, której pracy jestem promotorem pomocniczym.

Doświadczenie na temat zachowania się skał w różnych warunkach górniczych i geologicznych poszerzałem również pracując nad zagadnieniami stateczności długotrwałej komór solnych, oraz innych wyrobisk górniczych. Wiedzę nabytą wykorzystywałem w licznych pracach naukowo-badawczych lub ekspertyzach, gdzie pełniłem rolę kierownika projektu lub kierowałem zespołem ds. opinii geomechanicznych. Nabyte doświadczenie pozwoliło mi na rozszerzenie zainteresowania o zagadnienia stabilności kawern solnych przeznaczonych do składowania ropy i gazu oraz ich wpływu na otaczający górotwór uwzględniając zarówno procesy technologiczne ich ługowania, jak i również fazy produkcyjne kawern (fazę: ługowania, dosalania, napełnienia cieczą, opróżniania itp.), które wykorzystałem w następujących pracach ⁶⁹; ⁷⁰.

⁶⁷ Tajduś K., Misa R *Review of geotechnical methods of building object protection against the impact of underground mining exploitation*. 12. Geokinematischer Tag, ISBN 978-3-86797-099-0 Freiberg, Germany, Vol. 1, pp. 274-284, 2011

⁶⁸ Tajduś K., Sroka A., Misa R *Numeryczna analiza metod geotechnicznych minimalizujących wpływ przemieszczeń terenu wywołanych podziemną eksploatacją górniczą*. Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN, Tom 13, nr 1-4, str. 81-93, 2011

⁶⁹ Raport: Untersuchung von konvergenzbedingten Gebirgsbewegungen entlang der Verrohrung der Ölspeicherkaverne S5. Niemcy

⁷⁰ Raport: Gutachterliche Stellungnahme zur Bestimmung der konvergenzbedingten Bodenbewegungen entlang der Leitungstrassen der Wasser- und Soleleitung Epe-Borth sowie der Ölleitung Ochtrup-Epe in der Berechtsame des Steinsalzbergwerkes Epe. Niemcy

6 INFORMACJA O DOROBKU PUBLIKACYJNYM HABILITANTA

Sumaryczne zestawienie opublikowanego dorobku naukowego

Rodzaj osiągnięcia	Samodzielne		Współautor		Razem		Suma
	w. j. polskim	w. j. angielskim	w. j. polskim	w. j. angielskim	w. j. polskim	w. j. angielskim	
Monografie	-	1	-	-	-	1	1
Książki	-	-	1	-	1	-	1
Rozdziały w monografiach	-	-	2	-	2	-	2
Rozdziały w pracach zbiorowych pokonferencyjnych wydanych w formie monografii	-	2	1	6	1	8	9
Publikacje – lista JCR	-	7	-	3	-	10	10
Publikacje spoza bazy JCR	2	2	16	6	18	8	26
Publikacje w materiałach konferencyjnych	-	1	1	4	1	5	6
Razem	2	13	21	19	23	32	55

* szczegółowa lista artykułów została przedstawiona w załączniku 6, podpunkty 2, 3.

Sumaryczne zestawienie referatów wygłoszonych*

Rodzaj osiągnięcia	Samodzielne		Współautor		Razem		Suma
	w. j. polskim	w. j. angielskim	w. j. polskim	w. j. angielskim	w. j. polskim	w. j. angielskim	
Konferencje zagraniczne	-	3	-	6	-	9	9
Konferencje krajowe	-	-	2	-	2	-	2
Referaty wygłoszone w jednostkach naukowych/Seminaria**	1	1	6	-	7	1	8
Razem	-	4	8	6	9	10	19

* szczegółowa lista referatów wygłoszonych została przedstawiona w załączniku 6, podpunkt 7.

** w tabeli uwzględniono referaty wygłaszane cyklicznie na seminarium w IMG PAN oraz referaty TU Bergakademie Freiberg i AGH w Krakowie przed uzyskaniem stopnia doktora.

Sumaryczne zestawienie udziałów w realizacji projektów badawczych

Rodzaj projektu	Wykonawca	Kierownik	Suma
Projekty badawcze europejskie	1	-	1
Projekty badawcze krajowe NCN	2	2	4
Projekty badawcze krajowe NCBiR	4	-	4
Prace statutowe	2	2	4
Razem	9	4	13

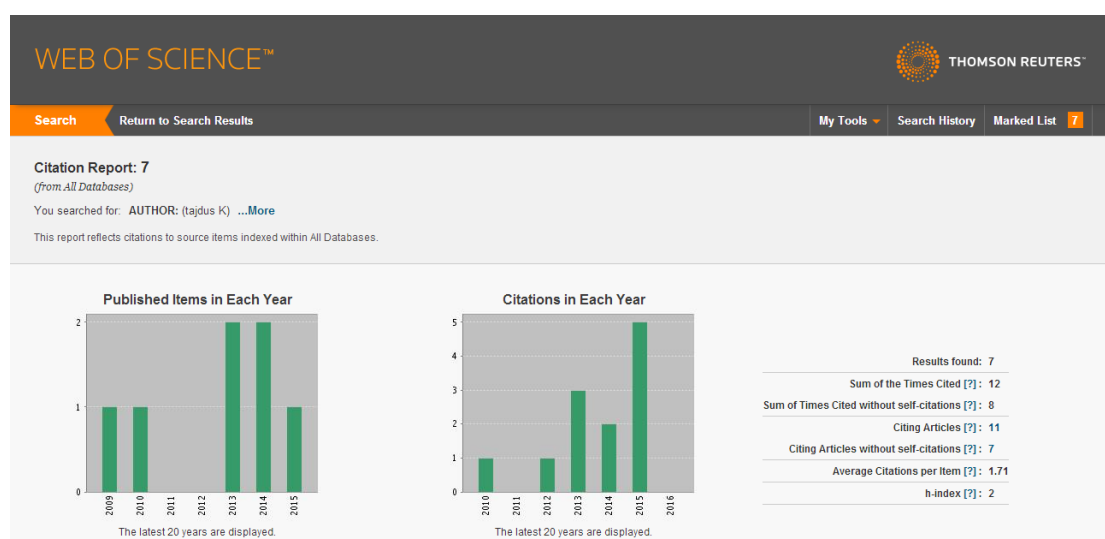
* szczegółowo lista projektów badawczych została przedstawiona w załączniku 6, podpunkt 6.

Sumaryczny Impact Factor i liczba cytowań

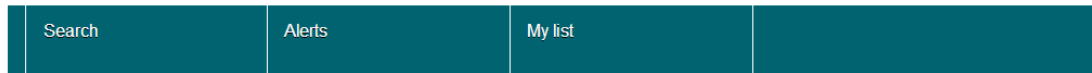
Rodzaj bazy danych	Liczba publikacji	Liczba cytowań	Indeks Hirscha
Web od Science	7	8	1
Scopus	8	7	1
Google Scholar**	20	54	4

* szczegółowa lista artykułów została przedstawiona w załączniku 6, podpunkt 4.

** lista Google Scholar zawiera autocytowania



Scopus

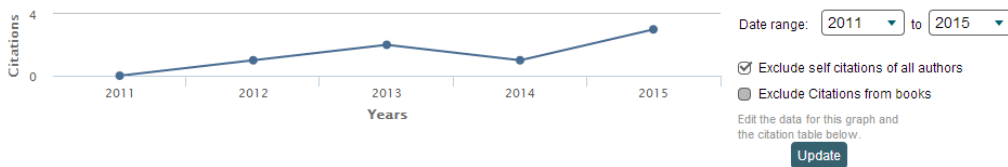


Self citations of all authors are excluded.

Citation overview This is a overview of citations for the documents you selected

8 cited documents [Back to document results](#) | [+ Save these documents to My list](#)

Document h-index : 1 Scopus does not have complete citation information for articles published before 1996. [View h-graph](#) ?



Documents

Citations

Sort on: [Date \(newest\)](#) [Citation count \(descending\)](#) ...

		<2011	2011	2012	2013	2014	2015	Subtotal	>2015	Total
	Total	0	0	1	2	1	3	7	0	7
1	Underground exploitations inside safety pillar shafts when c...	2015						0		0
2	The nature of mining-induced horizontal displacement of surf...	2014						0		0
3	Numerical simulation of underground mining exploitation infl...	2013				1		1		1
4	Mining-induced surface horizontal displacement. The case of ...	2013						0		0
5	Determination of approximate value of a GSI index for the di...	2010						0		0
6	Three dimensional modelling of a surface displacements as a r...	2010						0		0
7	New method for determining the elastic parameters of rock ma...	2009		1	2		3	6		6
8	The numerical plastic model of bedding strata for estimate i...	2005						0		0



Krzysztof tajdus

Nieznane powiązanie
Brak zweryfikowanego adresu e-mail
Mój profil jest publiczny

[Edytuj](#) [Obserwuj](#)

Zmień zdjęcie

Tytuł Scal Usuń Eksportuj

Cytowane przez Rok

Google Scholar



Sumaryczne zestawienie wykonanych promocji

Rodzaj promotorstwa	Imię nazwisko doktoranta/magistra	Okres sprawowanej opieki	Nazwa jednostki kształcącej	Suma
Prace doktorskie (w roli promotora pomocniczego)	Rafał Misa	02.2013-01.2016	AGH	1
Prace magisterskie	Dariusz Gaworucha	2014	AGH	1
Razem				2

Sumaryczne zestawienie recenzowanych publikacji*

Rodzaj czasopisma		Liczba recenzji	Suma wykonanych recenzji
Czasopisma znajdujące się na liście JCR	Wydawnictwo polskie	6	8
	Wydawnictwo zagraniczne	2	
Czasopisma z poza listy JCR	Wydawnictwo polskie	7	7
	Wydawnictwo zagraniczne	-	
Razem			15

* szczegółowo recenzje zostały przedstawione w załączniku 7, podpunkt 6.

Sumaryczne zestawienie wykonanych prac badawczo-usługowych

Rodzaj czasopisma	Wykonawca	Kierownik	Suma
Prace badawczo-usługowe wykonywane w Polsce	21	3	24
Prace badawczo-usługowe wykonywane zagranicą	16	-	16
Razem	36	3	40

* szczegółowo zestawienie zostało przedstawione w załączniku 6, podpunkt 5.

Spis otrzymanych nagród:

- Nagroda Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za osiągnięcia dydaktyczne zespołowe za podręcznik „Geomechanika w budownictwie podziemnym. Projektowanie i budowa tuneli”.

Przynależność do zespołów eksperckich oraz konkursowych

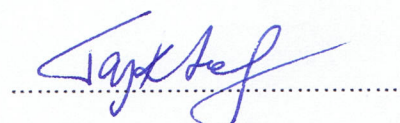
- **Członek komisji Komisji Wyższego Urzędu Górniczego (WUG) ds. Opiniowania stanu zagrożenia wodnego i zawałowego oraz podjęcia niezbędnych działań profilaktycznych dla zapewnienia bezpiecznego funkcjonowania Kopalni Soli „Wieliczka” S.A. w Wieliczce.** – od 2009 do 2010.
- **Członek komisji Komisji Wyższego Urzędu Górniczego (WUG) ds. Ochrony Powierzchni** – od 2010 do nadal.

Należę do następujących organizacji:

- **Członek Zespołu Sekcji Mechaniki Górotworu i Budownictwa Górniczego, Komitetu Górnictwa PAN** (od 2011),
- **Członek Rady Naukowej Wydziału Konstrukcji Budowlanych na Uniwersytecie Binh Duong w Wietnamie (Department of Construction)** (od 2014),
- International Society for Rock Mechanics (ISRM),
- International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering (od 2006-2014).

Posiadam następujące odznaczenia i stopnie górnicze:

- Nadany stopień górniczy: Dyrektor Górniczy II Stopnia. (Nadający: Sekretarz Stanu, Vice Minister Gospodarki),
- Nadany stopień górniczy: Dyrektor Górniczy I Stopnia. (Nadający: Sekretarz Stanu, Vice Minister Gospodarki).



.....
(podpis)