

**A U T O R E F E R A T**  
**DOTYCZĄCY DOROBKU I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH**

Dr inż. Tomasz Stoch

Wydział Geodezji Górniczej i inżynierii Środowiska  
Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

Kraków, kwiecień 2019

Spis treści

1. Imię i nazwisko.....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe, nazwa, miejsce i roku ich uzyskania, tytuł rozprawy doktorskiej.....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego.....	3
4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego:.....	3
4.2 Autor, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy:.....	3
5. Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	3
5.1 Omówienie problemu badawczego.....	3
5.2 Cel naukowy badań.....	6
6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.....	12

## 1. Imię i nazwisko

**Tomasz STOCH**

## 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe, nazwa, miejsce i roku ich uzyskania, tytuł rozprawy doktorskiej.

- **Doktor nauk technicznych**, uzyskany w **Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie** w roku **2005** w dyscyplinie: **geodezja i kartografia**. Tytuł rozprawy doktorskiej „Wpływ warunków geologiczno-górnich eksploatacji złoża na losowość procesu przemieszczeń i deformacji powierzchni terenu”. Promotor Prof. dr. hab. inż. Edward Popiołek.
- **Magister inżynier**, uzyskany w **Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie** w roku **1997** w dyscyplinie: geodezja i kartografia, specjalność: geodezja górnicza

## 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

- 2003-2005 – AGH w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i inżynierii Środowiska, Katedra Ochrony Terenów Górniczych - **starszy referent techniczny**
- 2005-2006 – AGH w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i inżynierii Środowiska, Katedra Ochrony Terenów Górniczych – **asystent**
- 2006-2019 – AGH w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i inżynierii Środowiska, Katedra Ochrony Terenów Górniczych, Geoinformatyki i Geodezji Górniczej - **adiunkt**

## 4. Wskazanie osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe wynikające 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. 2017 r. poz. 1789):

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego:

**Opracowanie procedury bieżącej oceny oraz prognozowania deformacji na terenach górniczych z uwzględnieniem poziomych przemieszczeń punktów powierzchni terenu**

4.2 Autor, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy:

**Tomasz Stoch**, „Przemieszczenia poziome w ochronie terenów górniczych”, monografia 2019, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, recenzenci wydawniczy: Dr hab. inż. Zygmunt Niedojadło – prof. n. AGH, Prof. dr hab. inż. Edward Popiołek.

## 5. Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

5.1 Omówienie problemu badawczego

Moje zainteresowania badawcze w okresie od uzyskania stopnia doktora do chwili obecnej obejmują dwa główne zagadnienia. Pierwsze z nich dotyczy badań nad losowym charakterem procesu deformacji powierzchni terenu wywołanej podziemną eksploatacją górnich. Celem prowadzonych badań było ustalenie, czy istnieją zależności pomiędzy wielkością rozproszenia losowego procesu deformacji a wyselekcjonowanymi parametrami określanymi jako geologiczno-górnich. W badaniach tych opierałem się na metodach nieliniowej estymacji danych oraz wieloczynnikowej analizie regresji. Analizie poddanych zostało ponad 1200 zbiorów wartości przemieszczeń i deformacji powierzchni terenu wyznaczonych z wyników pomiarów geodezyjnych. Badania w tym kierunku prowadziłem do 2007 roku, w ich wyniku zostały opracowane tezy rozprawy doktorskiej.

Statystyczne analizy wyników geodezyjnych pomiarów przemieszczeń i deformacji powierzchni terenu, stały się powodem moich zainteresowań naukowych dotyczących wykorzystania nowoczesnych metod pomiarowych w celu pozyskiwania danych do przestrzennego obrazowania pogórnich przekształceń zaistniałych na powierzchni terenu. Tematyka ta stanowi drugie zagadnienie badawcze realizowane przeze mnie do chwili obecnej.

W praktyce geodezyjnych pomiarów deformacji w rejonach intensywnej eksploatacji górniczej posługiwano się sprawdzonymi od wielu lat metodami pomiarowymi, które w uproszczeniu nazywa się metodami klasycznymi. Polegają one na wykonywaniu w punktach sieci kontrolno-pomiarowych, występujących jako tzw. linie obserwacyjne, pomiarów niwelacji precyzyjnej lub technicznej, wyznaczając zmiany ich wysokości oraz pomiarów długości poszczególnych odcinków linii obserwacyjnej, wyznaczając zmiany ich długości. Pomiary te spełniały swoją rolę dostarczając danych wykorzystywanych zarówno w planach ruchu zakładu górniczego, jak i do celów naukowo-badawczych. Rozwój geodezyjnych technik pomiarowych, głównie wprowadzenie do powszechnego użycia satelitarnych metod pomiarowych (GNSS), umożliwił uzyskiwanie przestrzennych współrzędnych punktów powierzchni terenu i śledzenie ich zmian w czasie. Możliwe stało się wyznaczanie wektora przemieszczenia punktu, w którym prowadzono obserwacje. Pokrycie powierzchni terenu punktami sieci kontrolno-pomiarowej, które nie muszą być powiązane ze sobą obserwacjami kątowno-liniowymi i dla których nie jest wymagana wzajemna widoczność sąsiednich punktów sieci, umożliwiło poza tym wyznaczanie przestrzennych wektorów przemieszczeń w punktach sieci obserwacyjnej ze zbliżoną i stosunkowo wysoką dokładnością. Wynikiem pomiaru w takim przypadku jest uzyskanie wektorowego pola przemieszczeń nad aktywną lub zakończoną eksploatacją górniczą. Pomiary GNSS wspomagają również prace pomiarowe związane z nawiązaniem sieci obserwacyjnych na terenach podlegających górniczym ruchom powierzchni, umożliwiając eliminację dalekich nawiązań do punktów stałych. Dzięki połączeniu satelitarnych pomiarów GNSS z pomiarami kątowno-liniowymi (nazywanymi pomiarami hybrydowymi lub quasi-hybrydowymi) stało się możliwe wyznaczanie współrzędnych (X, Y, Z) punktów sieci obserwacyjnych oraz uzyskiwanie wektorów przemieszczeń w tych punktach.

Pomimo znacznych korzyści, wyniki pomiarów GNSS nie były dotychczas szerzej wykorzystywane do szczegółowych analiz zmierzających do uściślenia opisu procesu deformacji powierzchni terenu. Z tego względu celowym było podjęcie badań nad rozwiązaniami pomiarowymi, dającymi możliwości bardziej precyzyjnej przestrzennej rejestracji przemieszczeń na terenach górniczych. Wiąże się to z koniecznością projektowania sieci kontrolno-pomiarowych specjalnie do realizacji pomiarów z wykorzystaniem technik GNSS. Powyższe zagadnienia stały się tematem moich przemyśleń skutkujących prowadzeniem przeze mnie w latach 2008 – 2012 projektu badawczego pt. „Przestrzenny opis pogórnich zmian powierzchni terenu w aspekcie zagrożenia obiektów powierzchniowych”, finansowanego ze środków NCN. Realizacja projektu dostarczyła wielu doświadczeń odnoszących się do metodyki wykonywania pomiarów geodezyjnych na potrzeby oceny zagrożenia powierzchni i obiektów budowlanych deformacjami górniczymi. Zaprojektowałem i zrealizowałem w terenie dwa obiekty badawcze, sieci kontrolno-pomiarowe, na których testowałem zarówno klasyczne, jak i nowoczesne metody pomiarowe. Jedna z sieci została założona nad projektowaną eksploatacją górniczą w rejonie Jaworzna, natomiast druga, referencyjna, powstała na terenie stabilnym, nie objętym wpływami górniczymi na krakowskich Błoniach. Pierwsza z nich miała na celu rejestrowanie faktycznych wpływów prowadzonej eksploatacji górniczej, podczas gdy sieć referencyjna wykorzystana została do określenia faktycznych błędów wyznaczanych wybranymi metodami pomiarowymi przemieszczeń i deformacji. Zaprojektowana przeze mnie konfiguracja sieci obserwacyjnych stanowi nowość nie stosowaną dotąd w pomiarach deformacji. Ze względu na geometrię obu sieci można było je uznać jako geometrycznie regularne. Podczas projektowania konstrukcji tych sieci przyjąłem założenie, że wyniki pomiarów wykonanych w punktach kontrolnych umożliwią otrzymanie większej ilości danych o przemieszczeniach i deformacji powierzchni terenu, niż oferowały to dotychczas stosowane metody obserwacji.

Ponadto brałem udział w dwóch innych projektach badawczych, które dotyczyły pomiarów przemieszczeń i deformacji na terenach górniczych. W pierwszym z nich, zatytułowanym „Optymalizacja wyznaczania poziomych odkształceń z uwagi na ochronę obiektów na terenach

górnictwa” zajmowałem się wykonywaniem pomiarów w rozetach geodezyjnych, opracowywaniem i analizą wyników tych pomiarów. Natomiast w drugim („Monitoring wpływów eksploatacji górniczej na liniowe obiekty komunalne w aspekcie bezpieczeństwa powszechnego”) współpracowałem w zakresie tworzenia koncepcji sieci kontrolno-pomiarowych i metod pomiarów deformacji obiektów liniowych oraz opracowania wyników pomiarów. Uczestniczyłem również w zleceniach dla przemysłu górnictwa w zakresie tego typu pomiarów. Obiekty pomiarowe występujące w tych zleceniach zlokalizowane były w rejonach: Górnego Śląska (Jaworzno), Dolnego Śląska (LGOM - OUOW ”Żelazny Most”) oraz Lublina (LW Bogdanka S.A. - rejon Puchaczowa). Pomiarów wykonywanych były w punktach sieci obserwacyjnych zlokalizowanych zarówno na powierzchni terenu, jak również na obiektach hydrotechnicznych.

Prowadzone przeze mnie badania w pierwszym etapie polegały na wykonywaniu pomiarów obiektów badawczych metodami klasycznymi oraz metodami GNSS i hybrydowymi, stanowiącymi połączenie metod kątowno-liniowych i satelitarnych. Testowałem również zastosowanie nowych metod zdalnych do wyznaczania przestrzennych przemieszczeń powierzchni terenu takich, jak InSAR czy LiDAR. Ten etap został zakończony opracowaniem wniosków i zaleceń dla projektowania i wykonywania pomiarów deformacji, umożliwiających uzyskiwanie przestrzennych przemieszczeń punktów obserwacyjnych.

Drugi etap badań wynikał z analiz zgromadzonego przeze mnie materiału obserwacyjnego oraz przemyśleń na temat jego wykorzystania w zagadnieniach dotyczących ochrony terenów górniczych. Dalsze działania opierały się na stwierdzeniu, że wyniki pomiarów deformacji służą dwóm celom:

- 1) bieżącej ocenie deformacji powierzchni terenu wywołanej ciągłymi wpływami eksploatacji górniczej,
- 2) weryfikacji prognoz deformacji wykonywanych na potrzeby zakładów górniczych.

Obydwa zagadnienia są niezwykle istotne dla praktyki w dziedzinie ochrony terenów górniczych. Wyznaczenie aktualnego stanu deformacji powierzchni terenu pozwala na stwierdzenie stopnia zagrożenia obiektów budowlanych. Natomiast prognoza wpływu eksploatacji umożliwia projektowanie eksploatacji w sposób minimalizujący zagrożenia dla obiektów budowlanych oraz określenie ryzyka wystąpienia ich uszkodzeń.

Wymienione zagadnienia łączą się ze sobą, ponieważ wyniki pomiarów i prognoz deformacji powinny ze sobą korespondować. W takim przypadku, wykonana na podstawie wyników pomiaru, weryfikacja prognozy jest właściwa. Aktualnie stosowana procedura weryfikacyjna zakłada porównywanie wyników prognozy z wynikami pomiarów geodezyjnych wykonywanych w punktach sieci obserwacyjnych, występujących zwykle w formie linii pomiarowych. Deformację powierzchni przyjęło się określać na podstawie tzw. wskaźników deformacji, takich jak: odkształcenie poziome  $\varepsilon$ , nachylenie  $T$  oraz krzywizna  $K$ . Wartości tych wskaźników wynikające z pomiarów wyznacza się odmiennie niż wartości prognozowane lub modelowane. W przypadku wyznaczania wartości wskaźników deformacji na odcinku pomiarowym przypisuje się zwykle tę wartość środkowi odcinka. Prognoza wartości wskaźników deformacji odnosi się do punktu. Takie porównanie wartości wskaźników deformacji nie jest adekwatne. Problem ten jest znany w literaturze przedmiotu, lecz ze względu na brak możliwości jego rozwiązania oraz względną zgodność porównywanych wartości obserwowanych i prognozowanych przyjęło się, że taka procedura weryfikacji prognozy jest akceptowana i powszechnie stosowana.

W rejonach eksploatacji złóż surowców mineralnych w Polsce powszechnie stosuje się teorię Knothego-Budryka, w której deformację opisuje się poprzez odkształcenie poziome  $\varepsilon$ , wyznaczone na podstawie drugiej pochodnej przemieszczenia pionowego  $u_z$  (czyli krzywizny  $K$ ).

$$\varepsilon(x) = -B \cdot \frac{\partial^2 u_z}{\partial x^2}, \quad \varepsilon(y) = -B \cdot \frac{\partial^2 u_z}{\partial y^2}$$

Procedura obliczania wskaźników deformacji została ustalona na podstawie badań empirycznych prowadzonych w latach 40-tych i 50-tych ubiegłego stulecia. Polegała ona między innymi na przyjęciu proporcjonalności przemieszczeń poziomych do pierwszej pochodnej przemieszczeń pionowych ( $u \sim T$ ) – Awierszyn (1947). Przyjęta została również proporcjonalność pomiędzy odkształceniami

poziomymi a krzywiznami ( $\varepsilon \sim K$ ). Wartość współczynnika proporcjonalności  $B$  pierwotnie określił Budryk (1953). Natomiast dalsze badania korygujące wartość współczynnika  $B$ , ustaloną przez Budryka polegały na uwzględnieniu głównie większych głębokości eksploatacji (Popiołek, Ostrowski 1978) oraz jego zmienności przestrzennej (Niedojadło 1986, Tajduś K. 2015).

Model matematyczny Knothe'go w swojej pierwotnej postaci definiował odkształcenie poziome  $\varepsilon$  w punkcie jako pochodną przemieszczenia poziomego (Knothe 1953, 1984).

$$\varepsilon(x) = \frac{du(x)}{dx}$$

Ma to swoje uzasadnienie w mechanice ośrodków ciągłych, w których podstawą określania deformacji powierzchni ciała fizycznego jest stwierdzenie przemieszczeń punktów na jego powierzchni. Ze względu na brak możliwości weryfikacji uzyskiwanych teoretycznie wartości odkształceń poziomych  $\varepsilon$  poprzez wyznaczone pomiarami geodezyjnymi poziome przemieszczenia stosowane są zależności podane przez Awierszyna. Pomimo, iż procedura ta ma już ponad 60 lat, nie opracowano jeszcze innego rozwiązania, pozwalającego na wiarygodne porównywanie wartości deformacji prognozowanych lub modelowanych z wartościami wyznaczanymi na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych. Taka konieczność była nieistotna ze względu na zadowalającą dla praktyki zgodność wskaźników obserwowanych i prognozowanych lub modelowanych, którą wielokrotnie potwierdzały wyniki prowadzonych pomiarów. Również brak odpowiednich technologii pomiarowych uniemożliwiał bardziej precyzyjną weryfikację wyników prognoz na podstawie wyników obserwacji.

Ze względu na coraz powszechniejsze stosowanie metod pomiarowych, umożliwiających wyznaczanie współrzędnych (X,Y,Z) punktów kontrolowanych oraz ich zmian w czasie, możliwe staje się ich wykorzystanie do wyznaczenia lokalnych rozkładów odkształceń powierzchni terenu i weryfikacji prognoz opartych na przemieszczeniach poziomych. Warunkiem zastosowania proponowanej metodyki postępowania jest odpowiednio skonfigurowana geometria sieci kontrolno-pomiarowych oraz precyzyja wykonywanych pomiarów.

## 5.2 Cel naukowy badań

Ze względu na fakt, że teoria Knothe'go-Budryka nadal stanowi podstawę do sporządzania prognoz wpływu eksploatacji na powierzchnię terenu i obiekty budowlane, konieczne jest zwrócenie uwagi na świadome korzystanie z tego modelu. Biorąc powyższe stwierdzenia pod uwagę, celem prowadzonych przeze mnie badań, jest pokazanie słabych stron stosowanego modelu oraz kierunków poprawy wiarygodności wykonywanych prognoz. Zagadnienia te opierają się na wykorzystaniu możliwości jakie daje obecnie geodezyjny monitoring skutków oddziaływania podziemnej eksploatacji górniczej.

Wykazanie, że możliwe jest podniesienie wiarygodności prognoz deformacji terenu górniczego wykonywanych w oparciu o model Knothe'go-Budryka, oparłem na wykorzystaniu przemieszczeń poziomych punktów powierzchni terenu. Analiza danych obserwacyjnych pochodzących z zaprojektowanych przeze mnie obiektów badawczych, pozwoliła na sformułowanie następującej tezy monografii habilitacyjnej: **możliwe jest podniesienie wiarygodności prognoz deformacji powierzchni terenu poprzez wykorzystanie przemieszczeń poziomych  $u$  wyznaczanych na podstawie wyników pomiarów metodami GNSS lub hybrydowymi oraz obliczanie prognozowanych odkształceń poziomych  $\varepsilon$  w sposób, który byłby zgodny z ich wartościami obserwowanymi.** W moim przekonaniu takie postępowanie wpłynie pozytywnie na poprawność weryfikacji wyników prognoz odkształceń poziomych  $\varepsilon$ , jako wskaźnika stosowanego do oceny zagrożenia deformacjami powierzchni terenu oraz obiektów budowlanych. Przyczyni się tym samym do podniesienia wiarygodności wyników prognoz deformacji terenu górniczego.

Realizację celów oraz udowodnienie postawionej tezy przeprowadziłem w kolejnych etapach badań. Dysponując wynikami własnych obserwacji wykorzystałem wyznaczone przemieszczenia poziome do określenia lokalnego rozkładu odkształceń poziomych w tzw. rozetach modułowych, które powstały na bazie węzłów regularnej sieci obserwacyjnej w rejonie Jaworzna. Zgodnie z definicją liniowych odkształceń w sensie Cauchy'ego zdefiniowałem tzw. odkształcenia odcinkowe  $\varepsilon_d$ , które wyznaczone są na odcinku pomiarowym na podstawie poziomych składowych przemieszczeń jego punktów

końcowych. Traktując rozety modułowe jako złożenie dwóch rozet prostokątnych możliwe jest również określenie ekstremalnych wartości odkształceń poziomych w kierunkach głównych  $\varepsilon_{\min}$ ,  $\varepsilon_{\max}$ . Zaproponowałem rozwiązanie problemu niespójności obserwowanych i prognozowanych odkształceń poziomych poprzez zmianę koncepcji obliczania wartości odkształceń modelowanych<sup>1</sup>. Procedura polega na wyznaczaniu wartości prognozowanych odkształceń poziomych analogicznie jak czyni się to w przypadku wartości obserwowanych. Prognozowaną wartość odkształcenia poziomego  $\varepsilon$  wyznacza się na odcinku pomiarowym, wykorzystując wartości przemieszczeń poziomych  $u$  zamodelowanych w punktach końcowych tego odcinka. Wartości przemieszczeń poziomych  $u$  zarówno prognozowanych, jak i wynikających z pomiaru muszą być wyznaczone zgodnie z kierunkiem odcinka pomiarowo-obliczeniowego.

$$\varepsilon_d^{AB} = \frac{u_\alpha^B - u_\alpha^A}{|AB|}$$

W monografii przedstawiłem dwa sposoby bieżącej oceny deformacji powierzchni terenu, opartej na wyznaczaniu:

- 1) rozkładów zaobserwowanych odkształceń odcinkowych  $\varepsilon_d$ ,
- 2) wartości odkształceń ekstremalnych ( $\varepsilon_{\min}$ ,  $\varepsilon_{\max}$ ), na podstawie składowych płaskiego tensora odkształcenia ( $\varepsilon_{11}$ ,  $\varepsilon_{22}$ ,  $\varepsilon_{12}$ ) w punkcie.

Drugie z przedstawionych rozwiązań korzysta z wektorowego pola przemieszczeń poziomych wyznaczonego z wyników pomiarów geodezyjnych. Uzyskanie składowych tensora odkształcenia jest możliwe poprzez dekompozycję tzw. gradientu deformacji (gradientu przemieszczenia):

$$F = \begin{vmatrix} \frac{\partial u_1}{\partial X_1} & \frac{\partial u_1}{\partial X_2} \\ \frac{\partial u_2}{\partial X_1} & \frac{\partial u_2}{\partial X_2} \end{vmatrix}$$

z którego można uzyskać macierzową postać tensora odkształcenia:

$$T_\varepsilon = \begin{vmatrix} \frac{\partial u_1}{\partial X_1} & \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_1}{\partial X_2} + \frac{\partial u_2}{\partial X_1} \right) \\ \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_2}{\partial X_1} + \frac{\partial u_1}{\partial X_2} \right) & \frac{\partial u_2}{\partial X_2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} \end{vmatrix}$$

W przypadku dysponowania gęstym polem przemieszczeń możliwe jest wyznaczanie tensora odkształcenia w punkcie powierzchni na podstawie lokalnej aproksymacji funkcji przemieszczeń  $u_i(x_i)$  oraz wyznaczanie wartości składowych tensora odkształcenia w punkcie na podstawie obliczonych pochodnych funkcji przemieszczeń poziomych.

Pojęcie gęstości pola przemieszczeń odnosi się do przestrzennego rozmieszczenia punktów obserwacyjnych, których wzajemna odległość w najbliższym sąsiedztwie powinna być określana przez optymalizację długości bazy pomiarowej. Bazując na dotychczasowych doświadczeniach w tej tematyce (Milewski 1969, Szpetkowski 1969, Batkiewicz 1971, Klein 1973, Popiołek 1976, Sroka 1990, Zych 1998, Pielok 2005, Hejmanowski i Kwinta 2007, Szafarczyk 2013) przedstawiłem możliwość optymalizacji długości odcinka pomiarowego w zależności od głębokości eksploatacji.

Weryfikacja prognozy w pierwszym przypadku polega na porównaniu wartości teoretycznej odkształcenia poziomego  $\varepsilon$  wyznaczonego z prognozowanych wartości przemieszczeń poziomych  $u$  w punktach końcowych odcinka pomiarowego z wartością odkształcenia odcinkowego  $\varepsilon_d$  wyznaczonego z wyników pomiarów przemieszczeń końców bazy pomiarowej. Takie porównanie jest właściwe i nie przedstawia żadnych wątpliwości co do jego zasadności. W drugim przypadku następuje porównanie wartości poziomych składowych tensora odkształcenia wyznaczonych na podstawie obserwacji w punktach sieci obserwacyjnej z prognozowanymi wartościami odkształceń poziomych  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$ ,

<sup>1</sup> Problemem tym zajmowali się także inni badacze nie podając jednak szczegółowych rozwiązań

obliczonych w tych samych punktach. Również w takim przypadku weryfikacja prognozy jest poprawna i zasadna.

Przedstawiona jako część osiągnięcia naukowego propozycja metodyki pomiarów oraz prognozowania deformacji powierzchni terenu może być zastosowana dla dowolnych warunków geologiczno-górnicznych prowadzonej podziemnej eksploatacji złoża, przy założeniu ujawniania się deformacji terenu w postaci ciągłych wpływów górniczych. Wówczas cała procedura oceny deformacji powierzchni terenu pozostaje spójna i prowadzi do wiarygodnej oceny zagrożenia obiektów budowlanych deformacjami górniczymi.

W moim przekonaniu przeprowadzone badania dotyczące zarówno pomiarów przemieszczeń poziomych  $u$ , jak również wyznaczania ich obserwowanych i modelowanych wartości są przyczynkiem do rozwoju zagadnień ochrony terenów górniczych. Dysponując bowiem większym zbiorem danych obserwacyjnych możliwa byłaby modyfikacja teorii Knothego-Budryka lub opracowanie nowego modelu teoretycznego opartego na składowych przemieszczenia punktów powierzchni terenu.

Za osiągnięcia, które przyczyniają się do rozwoju dyscypliny naukowej: geodezja i kartografia uważam:

- 1) Opracowanie nowej koncepcji geometrycznie regularnej sieci kontrolno-pomiarowej do badań deformacji powierzchni poddanej wpływom podziemnej eksploatacji górniczej,
- 2) Opracowanie procedury pomiarowo-obliczeniowej, umożliwiającej wyznaczanie rozkładu odkształcenia poziomego odcinkowego  $\varepsilon_d$  w rozetach modułowych oraz poziomych składowych tensora odkształcenia na podstawie wektorów poziomych przemieszczeń punktów powierzchni terenu  $u$ ,
- 3) Opracowanie procedury prognozowania odkształceń poziomych spójnej z procedurą ich wyznaczania z wyników pomiarów geodezyjnych, w celu wiarygodnej weryfikacji prognozy na podstawie wartości obserwowanych.



## Literatura

- Awierszyn S. G., 1947 — Sdwiżenije gornych porod pri podziemnych razrabotkach. Ugliechizdat, Moskwa 1947
- Ballhaus N., Korittke N., Sroka A., 2000 — Einfluss von Hochleistungsstreben auf die Größe und zeitlichen Verlauf von Bodenbewegungen. 11th International Congress of the International Society for Mine Surveying, Cracow, September 4-9, 2000, Vol. 2, Kraków 2000
- Bals R., 931/32 — Beitrag zur Frage der Vorausberechnung bergbaulicher Senkungen Mitteilungen aus dem Markscheidewesen. Jg. 42/43, 1931/32
- Bałut A., Gocał J., 2001 — Zastosowanie GPS w geodezji inżynierskiej i pomiarach odkształceń. Mat. Konferencji Naukowej Nowoczesne technologie w geodezji górniczej i Inżynierii Środowiska, Kraków 21-22 września 2001
- Bałut A., Gocał J., 1996 — Wyznaczanie deformacji powierzchni terenów górniczych i osuwiskowych z wykorzystaniem zintegrowanych sieci obserwacyjnych. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja, Tom 2 Kraków 1996
- Batkiewicz W., 1971 — Odchylenia standardowe poeksploatacyjnych deformacji górotworu. PAN-Oddział Kraków. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej, Kraków 1971
- Białek J., 2008 — Uwagi o sporządzaniu prognoz ciągłych deformacji terenu górniczego. II Konferencja Naukowo-szkoleniowa Bezpieczeństwo i ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych, Ustroń 2008
- Białek J., 2003 — Algorytmy i programy komputerowe do prognozowania deformacji terenu górniczego. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003
- Brys H., Przewłocki S., 1998 — Geodezyjne metody pomiarów przemieszczeń budowli. Wyd. PWN Warszawa 1998
- Budryk W., 1953 — Wyznaczanie wielkości poziomych odkształceń terenu. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t.1, z.1 1953
- Budyk W., Knothe S., 1950 — Wpływ eksploatacji podziemnej na powierzchnię z punktu widzenia ochrony obiektów. Przegląd Górniczy Nr 18 1950
- Cacoń S., 1999 — Zastosowanie techniki satelitarnej GPS w obserwacjach deformacji górotworu KWB Turów. Mat. Konferencji nauk.-techn. V Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Szczyrk, 29.09-1-10.1999
- Cacoń S., 2003 — Problem wiarygodności geodezyjnych pomiarów deformacji powierzchni górotworu na terenach górniczych. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja, Tom 9, z. 2/1 Kraków 2003
- Chrzanowski A., Yong-qi C., Leeman R., Leal J., 1988 — Integration of the Global Positioning System with geodetic leveling surveys in ground subsidence studies. 5th FIG International Symposium on Deformation Measurements, Fredericton Canada 6-9.06.1988
- Chrzanowski A., Yong-qi J.M., Secord G.A., Thompson Z., Wroblewicz A., 1988 — Integration of geotechnical and geodetic observations in the geometrical analysis of deformation at the Mactaquac generating station. 5th FIG International Symposium on Deformation Measurements. Fredericton Canada 6-9.06.1988
- Czarnecki K., 1994 — Geodezja współczesna w zarysie. Wydawnictwo Wiedza i Życie. Warszawa 1994
- Dill Ellis H., 2007 — Continuum mechanics, elasticity, plasticity, viscoelasticity. CRC Press, Tylor & Francis Group 2007
- Gargula T., 2011 — Zintegrowane sieci modułarne w zastosowaniu do wyznaczania przemieszczeń. Zeszyty naukowe Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Nr 473, Seria Rozprawy, z. 350, Kraków 2011
- Gargula T., Kwinta A., 2005 — Zastosowanie technologii sieci modułarnych do pomiarów geodezyjnych na terenach górniczych. Materiały Konferencji VIII Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Ustroń 2005
- GiG (Główny Instytut Górnictwa), 1960 — Wytyczne dla prowadzenia obserwacji ruchów terenu i odkształceń obiektów pod wpływem eksploatacji górniczej. Przepisy z zakresu miernictwa górniczego t.3, Katowice 1960
- GiG (Główny Instytut Górnictwa), 2000 — Zasady oceny możliwości prowadzenia podziemnej eksploatacji górniczej z uwagi na ochronę obiektów budowlanych, Seria Instrukcje, Nr 12, Katowice 2000
- Gocał J., Gmyrek J., 1998 — Doświadczalne badania dokładności tyczenia punktów z wykorzystaniem tachymetrów elektronicznych i odbiorników satelitarnych. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja, Tom 4, z. 1, Kraków 1998
- Góral W., Maciaszek J., Szewczyk J., 1995 — Zintegrowana sieć obserwacyjna dla wyznaczania deformacji powierzchni terenu z wykorzystaniem pomiarów GPS na obszarze górniczym Wieliczki Mat. Konferencji nauk.-techn. III Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Ustroń-Zawodzie 24-26.09 1995, Ustroń 1995
- Góral W., Szewczyk J., 1997 — Efektywność technologii GPS w wyznaczaniu deformacji powierzchni. Mat. Konferencji nauk.-techn. IV Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Ryto 24-27.09 1997, Ryto 1997
- Góral W., Szewczyk J., 2004 — Zastosowanie technologii GPS w precyzyjnych pomiarach deformacji. Wydawnictwa AGH, Kraków, 2004
- Green A. E., Adkins J. E., 1960 — Large elastic deformation and non-linear continuum mechanics. Clarendon Press, Oxford 1960
- Gręń K., Popiołek E., 1983 — Wpływ eksploatacji na powierzchnię i górotwór. Wydawnictwa AGH, Skrypty Uczelniane Nr 889, Kraków 1983
- Gruszczyński W., Niedojadło Z., Mrocheń D., 2018 — Influence of model parameter uncertainties of forecasted subsidence. Acta Geodynamica at Geomaterialia vol. 15 no. 3, 2018
- Gustkiewicz J., 1980 — Metody tensometryczne i fleksimetryczne. Ochrona powierzchni przed uszkodzeniami górniczymi, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1980
- Gustkiewicz J., Trutwin W., 1961 — O pewnych metodach pomiaru deformacji powierzchni terenu. Przegląd Górniczy Nr 5, 1961
- Hegemann M., 2003 — Neue Erkenntnisse über horizontale Bodenbewegungen auf Grund von GPS - Messungen bei der Deutschen Steinkohle AG (DSK AG). Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja Tom 9, z. 2/1, Kraków 2003
- Hejmanowski R., Kwinta A., 1997 — Implementation of GPS satelitary technique for monitoring of point displacements on mining areas. Proceedings (of) Second World Mining Environment Congress, Vol.1, Katowice, 13-16 May 1997

- Hejmanowski R., Kwinta A., 2001a — Prognozowanie deformacji górotworu na podstawie uogólnionej teorii Knothe'go dla złóż surowców stałych, ciekłych i gazowych. Wyd. Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2001
- Hejmanowski R., Kwinta A., 2001b — Measurements of horizontal displacements in European coalfields. 10th FIG International Symposium on Deformation Measurements, Orange, California/USA, 19-22.03.2001
- Hejmanowski R., Kwinta A., 2001c — Uwagi na temat wyznaczania maksymalnych odkształceń poziomych w rejonie chronionych obiektów. Materiały Konferencji nauk.-techn. VI Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Ustroń 2001
- Hejmanowski R., Kwinta A., 2005a — Analiza dokładności wyznaczania odkształceń poziomych w oparciu o wyniki pomiarów geodezyjnych w sieciach pomiarowych w formie gwiadzy. Materiały Konferencji VIII Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Ustroń 2005
- Hejmanowski R., Kwinta A., 2005b — Dobór formy osnowy geodezyjnej do wyznaczania odkształceń poziomych na terenach górniczych. Mat. Konferencji IX Warsztaty Górnicze, Kazimierz Dln. 2005
- Hejmanowski R. i in., 2006 — Analiza przemieszczeń pionowych i poziomych terenu miasta Polkowice za okres 2000-2005 - mapa dynamiczna. Stowarzyszenie naukowe im. Stanisława Staszica Kraków 2006, opracowanie niepublikowane
- Hejmanowski R. i in., 2007 — Analiza przemieszczeń pionowych i poziomych terenu miasta Polkowice - mapa dynamiczna. Stowarzyszenie naukowe im. Stanisława Staszica, Kraków 2007, opracowanie niepublikowane
- Hejmanowski R., Kwinta A., 2007 — Odkształcenia poziome a długość odcinka pomiarowego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Górnictwo z. 278 (1752) 2007
- Kadań R., 1998 — Modele, metody i algorytmy obliczeniowe sieci kinematycznych w geodezyjnych pomiarach przemieszczeń i odkształceń. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Krakowie, Kraków 1998
- Kanciruk A., Stanisławski L., 1999 — Pomiar oddziaływania eksploatacji górniczej na powierzchnię. Materiały Sympozjum Warsztaty '99 - Zagrożenia naturalne w górnictwie. Sesja nt. Oddziaływanie górniczych zagrożeń na środowisko, Jaworz 26-28 maja 1999, Kraków 1999
- Keinhorst H., 1925 — Die Berechnung der Bodensenkungen im Ermschgebiet 25 Jahre der Ermschergenossenschaft 1900-25, 1925
- Klein G., 1975 — Długość bazy pomiarowej a wielkość fluktuacji odkształceń w ośrodku sypkim. Zeszyty problemowe górnictwa z.1. t.13, Warszawa 1975
- Knothe S., 1953 — Równanie profilu ostatecznie wykształconej niecki osiadania. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t. 1, z. 1, Warszawa 1953
- Knothe S., 1984 — Prognozowanie wpływów eksploatacji górniczej. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1984
- Koniczek P., Namieśnik J., 2007 — Ocena i kontrola jakości wyników pomiarów analitycznych. Wydawnictwa naukowo-Techniczne, Warszawa 2007
- Kowalski A., 2007 — Nieustalone górnicze deformacje powierzchni w aspekcie dokładności prognoz. Prace Naukowe GiG. Seria Studia – Rozprawy - Monografie, No. 871, Katowice 2007
- Kowalski A., 2008 — Przykłady porównania prognozowanych i pomierzonych wskaźników deformacji powierzchni. Materiały VII Konferencji naukowo-techn. Ochrona Środowiska na Terenach Górniczych, Szczyrk 2008
- Kowalski A., 2011 — Doświadczenia z oceny trafności prognozowania górniczych deformacji powierzchni. Miesięcznik WUG, Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie Nr 1. 2011
- Kowalski A., 2015 — Deformacje powierzchni terenu w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Wydawnictwa GiG, Katowice 2015
- Kratsch H., 2008 — Bergschadenkunde. Deutscher Markscheider Verein e.V., Bochum 2008
- Kwiatkiewicz J., 2007 — Obiekty budowlane na terenach górniczych. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2007
- Kwiatkiewicz J., 1997 — Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice 1997
- Kwinta A., 1998 — Próba porównania dokładności wyznaczania pogórnich odkształceń poziomych terenu z wykorzystaniem metod geodezyjnych. Geodezja i Kartografia s. Geodezja, tom 4, z.2, Kraków 1998
- Kwinta A., Hejmanowski R., Patykowski G., 2005 — Metoda wyznaczania współczynnika proporcjonalności przemieszczeń poziomych B dla rejonu O/ZG Lubin. Problemy eksploatacji górniczej pod terenami zagospodarowanymi. Wydawnictwa GiG, Katowice 2005
- Lamparski J., Świątek K., 2008 — GPS w praktyce geodezyjnej. Wydawnictwo Gall, Warszawa 2008
- Lazzarini T. i inni, 1990 — Geodezja. Geodezyjna osnowa szczegółowa. Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych, 1990
- Lazzarini T., 1977 — Geodezyjne pomiary przemieszczeń budowli i ich otoczenia. Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych. Warszawa 1977
- Litwiniszyn J., 1953 — Równanie różniczkowe przemieszczeń górotworu. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t. 1, z. 1, 1953
- Maciaszek J., Novak J., Schenk J., Smirnow S., Szewczyk J., Wiereszczagin G., Zemisew W., 1998 — Badania pogórnich deformacji powierzchni terenu z zastosowaniem nowoczesnych technologii. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja Tom 4, z. 2, Kraków 1998
- Malinowska A., 2009 — Ocena zagrożenia uszkodzeniami obiektów budowlanych na terenach górniczych z wykorzystaniem wniosku rozmytego. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Seria Studia, Rozprawy, Monografie z. 154, Kraków 2009
- Malinowska A., Witkowski W., Guzy A., Hejmanowski R., 2018 — Mapping ground movements caused by mining-induced earthquakes applying satellite radar interferometry. Engineering Geology vol. 246, 2018
- Mase G. Thomas, Mase George E., 1999 — Continuum mechanics for engineers. CRC Press 1999
- Milewski M., 1980 — Badania deformacji powierzchni terenu i górotworu. Ochrona powierzchni przed uszkodzeniami górniczymi. Wyd. Śląsk, Katowice 1980
- Milewski M., 1969 — O interpretacji wyników badań prowadzonych metodami geodezyjnymi na terenach pozostających pod wpływem eksploatacji górniczej. Materiały I Krajowego Sympozjum na temat: Ochrona powierzchni przed uszkodzeniami górniczymi, Katowice 1969

- Neimitz A., 2016 — Elementy mechaniki ośrodków ciągłych i ciała stałego. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2016
- Newman W. I., 2012 — Continuum mechanics in the Earth sciences. Cambridge University Press, Cambridge 2012
- Niedojadło Z., 1984 — Model funkcjonalny przemieszczania punktów nad eksploatacją górnictwem. Praca doktorska, niepublikowana, Kraków 1984
- Niedojadło Z., Gruszczyński W., 2015 — The impact of the estimation of the parameters values on the accuracy of predicting the impacts of mining exploitation. Archives of Mining Sciences vol. 60 no. 1, 2015
- Niedojadło Z., Jura J., 2013 — Przemieszczenia poziome w świetle ich modelowania a priori i a posteriori. Przegląd Górniczy Nr 8 2013
- Ostrowski J., 2001 — Ochrona środowiska na terenach górniczych. Wyd. Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2001
- Ostrowski J., 2015 — Deformacje powierzchni terenu górniczego. Wyd. Art.-tekst, Kraków 2015
- Pielok J. i inni, 2011 — Geodezja Górnicza. Wydawnictwa AGH, 2011
- Pielok J., 2002 — Badania deformacji powierzchni terenu i górotworu wywołanych eksploatacją górnictwem. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska. Kraków 2002
- Pielok J., Józwick M., Jaśkowski W., 2004 — Telemetryczne systemy pomiarów zmian długości z komputerową rejestracją wyników. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, Miesięcznik WUG Nr 5. (117), 2004
- Pielok J., Józwick M., Jura J., 2001 — Kompleksowe badania deformacji terenów górniczych. Materiały Konferencji Naukowej Nowoczesne technologie w Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska. Kraków 21-22 września 2001,
- Pielok J., Szafarczyk A., 2004 — Geodetic measurements of surface deformation with the use of tensometry methods. Das Markscheidewesen Jg. 111 nr. 3., 2004
- Pielok J., Pielok W., 2002 — Możliwości wyznaczania powierzchniowego tensora deformacji dla oceny wpływu eksploatacji górnictwem na powierzchnię terenu górniczego, Prace Głównego Instytutu Górnictwa. Seria Konferencje. No. 41, 2002
- Piwowarki W., Dżegniuk B., Niedojadło Z., 1995 Współczesne teorie ruchów górotworu i ich zastosowania. Wydawnictwa AGH, Kraków 1995
- Pluciński P., Warchała M., Jura J., 2003 — Ocena możliwości wykorzystania techniki GPS do nawiązań sieci wysokościowych na terenach górniczych. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja Tom 9, z. 2/1, Kraków 2003
- PN-74/N-02211, 2000 — Geodezyjne wyznaczanie przemieszczeń. Polski Komitet Normalizacyjny 2000
- Popiołek E., 2009 — Ochrona Terenów Górniczych. Wydawnictwa AGH Kraków 2009
- Popiołek E., 1976 — Rozproszenie statystyczne odkształceń poziomych terenu w świetle geodezyjnych obserwacji skutków eksploatacji górnictwem. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja z. 44 Kraków 1976
- Popiołek E., Ostrowski J., 1995 . Matematyczne modele procesu pogórnictwowych deformacji górotworu i możliwości ich weryfikacji przez pomiary geodezyjne. Mat. Konferencji nauk.-techn. Zastosowanie metod matematycznych w nauce i technice, Kraków 20-21.06.1995 Vol. 2, Kraków 1995
- Popiołek E., Ostrowski J., 1981 — Próba ustalenia głównych przyczyn rozbieżności prognozowanych i obserwowanych poeksploatacyjnych wskaźników deformacji. Ochrona Terenów Górniczych z. 58, Katowice 1981
- Popiołek E., Ostrowski J., 1978 — Zależność pomiędzy nachyleniami a przemieszczeniami poziomymi w ostatecznie wykształconych niekach obniżeniowych. Ochrona Terenów Górniczych Nr46. 1978
- Prószyński W., Kwaśniak M., 2006 — Podstawy geodezyjnego wyznaczania przemieszczeń. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006
- Ramsay J. G. , Lisle R., 2000 — The techniques of modern structural geology. Vol. 3, Applications of continuum mechanics in structural geology. Academic Press, San Diego 2000
- Rogowska J. i inni, 2004 — Wpływ przestojów frontu eksploatacji podziemnej na przebieg przemieszczeń i deformacji terenu. Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN Rozprawy, Monografie 6, Kraków 2004
- Ryczywolski M., Oruba A., Leończyk M., 2008 — The precise satellite positioning system ASG-EUPOS International Conference GEOS 2008. Proceedings, 27-28.02.2009, Praha 2008
- Ryncarz T., 1992 — Ruchy górotworu wywołane wyrobiskami podziemnymi. Wyd. AGH, Skrypty uczelniane Nr 1295, Kraków 1992
- Saustowicz A., 1955 — Mechanika górotworu - cz. 1. Wydawnictwo Górniczo-Hutnicze. Stalinogród 1955
- Skulich M., Pielok J., Jura J., 2003 — Ocena możliwości stosowania wybranych technologii pomiarowych dla wyznaczania deformacji obiektu budowlanego i jego otoczenia. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja Tom 9, z. 2/1, Kraków 2003
- Sroka A., 1978 — Teoria Knothe'go w ujęciu czasoprzestrzennym. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej PAN, Geodezja z. 24, Kraków 1978
- Sroka A., 1990 — Richtlinien für Anlage von Messlinien und zur Bestimmung des Zeitabstandes zwischen der Messepochen bei Senkung und Längenmessungen im Ruhrrevier, Interne Ausarbeitung der Bergbau Niederrhein A.G. Duisburg 1990
- Sroka A., Ballhaus N., Korittke N., 1997 — Dreidimensionale Messung von abbaubedingten Bodenbewegungen mit GPS. Mat. Konferencji nauk.-techn. IV Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Ryto 24-27.09 1997. Ryto 1997
- 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 Vol. 60 (2015), No 4
- Stoch T., 2009 — Przestrzenna sieć obserwacyjna dla pomiarów deformacji powierzchni na terenach górniczych. AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Wyd. Monograficzne Konferencji: X Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych: Kraków 28–29.05.2009
- Stoch T., 2010 — Metody geodezyjne w przestrzennym opisie deformacji na terenach górniczych Przegląd Górniczy t. 66 nr 10, S. 134-140
- Stoch T., Wójcik A., 2000 — Experience in the application of modern methods of geodetic measurements to

the description of vector field of relocations of points over mining exploitation. 11th International congress of the International Society for Mine Surveying, Cracow, September 4-9, 2000 Vol. 2Kraków 2000

Strzałkowski P., 2010 — Zarys ochrony terenów górniczych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej Gliwice 2010

Szafarczyk A., 2013 — Wyznaczanie odkształceń poziomych terenu górniczego przy zastosowaniu rozet geodezyjnych. Wydawnictwa AGH. Rozprawy Doktorskie. Monografie, Kraków 2013

Szafarczyk A., 2016 — Application of modern measurement technologies in the displacement determination. Transport Publishing House, ESASGD 2016, Hanoi 2016

Szafarczyk A., 2016 — The accuracy of strain tensor determined in the landslide areas. Geoinformatica Polonica vol. 15, 2016

Szafarczyk A., Borowiec W., Ulmaniec M., 2007 — An attempt to apply tensor calculus to evaluate the deformation condition of vertical upper embankment zones for a landfill located in mining area, based on satellite measurement results. Reports on Geodesy No. 1 (82), Warszawa 2007

Szpetkowski S., 1998 — Pomiary deformacji na terenach górniczych. Wyd. Śląsk, Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi, Katowice 1998

Szpetkowski S., 1969 — Określenie długości boków linii obserwacyjnych dla badań deformacji powierzchni. Ochrona Terenów Górniczych Nr 9. 1969

Tajduś K., 2014 — The nature of mining-induced horizontal displacement of surface on the example of several coal mines. Archives of Mining Sciences Vol. 59 (2014), No 4, 2014

Tajduś K., 2015 — Analysis of horizontal displacement distribution caused by single advancing longwall panel

excavation. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, Nr 7, 2015

Tajduś K., Tajduś A., 2015 — Some consideration on horizontal displacement and horizontal displacement coefficient B. Studia Geotechnica et Mechanica, vol. 37, nr. 4

Witkowski W., 2013 — Ein Beitrag zur Ermittlung der Modelparameter eines Vorauberechnungsverfahrens. 14. Geokinematischer Tag. Schriftenreihe des Institutes für Markscheidewesen und Geodäsie an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg 2013

Wolski B., 2001 — Monitoring geodezyjny podłoża gruntowego i konstrukcji zagłębionych. Mat. Konferencji Naukowej. Nowoczesne technologie w geodezji górniczej i Inżynierii Środowiska, Kraków 21-22 września 2001

Zych J., 1991 — Wpływ odległości punktów obserwacyjnych na błąd aproksymacji pomierzonych wskaźników deformacji. Zeszyty Naukowe AGH, Sozologia i Sozotechnika, z. 43. Kraków 1991

Zych J., 1993 — Wpływ odległości punktów obserwacyjnych na wartość i rozkład mierzonych wskaźników deformacji. Materiały konferencji II Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, 1993

Zych J., 1998 — Wpływ odległości punktów w liniach obserwacyjnych na wartość obliczanych z pomiarów odkształceń poziomych. Archiwum Górnicztwa z.2, t.43, Kraków 1998

Zych J., 1999 — Poziome odkształcenia terenu, ich prognoza i pomiar. Prace Naukowe GiG, Seria Konferencje Nr 30, Katowice 1999

Zych J., Drzęzła B., Strzałkowski P., 1993 — Prognozowanie deformacji powierzchni terenu pod wpływem eksploatacji górniczej, Politechnika Śląska, Skrypty Uczelniane Nr 1684, Gliwice 1993

## 6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.

Zestawienie całości dorobku naukowo-badawczego zawiera załącznik nr 5 do niniejszego Wniosku. Poniżej omówione zostaną szerzej zagadnienia znajdujące się „wykazie opublikowanych prac”.

### Publikacje

Po uzyskaniu stopnia doktora opublikowałem łącznie 30 publikacji, w tym:

- 20 publikacji zamieszczonych w czasopismach lub wydawnictwach recenzowanych, z czego 15 odnosi się do głównego nurtu badawczego, 3 do nurtu związanego z badaniem losowego charakteru procesu deformacji, a 2 do tematyki ochrony terenów górniczych,
- 6 publikacji stanowią referaty na konferencjach naukowo-technicznych i kongresach międzynarodowych publikowanych w wydawnictwach monograficznych lub materiałach konferencyjnych,
- 2 publikacje stanowią rozdziały wydawnictw monograficznych wydanych jako materiały krajowych konferencji naukowo-technicznych za zakresu miernictwa górniczego i ochrony terenów górniczych,
- 2 artykuły ukazały się w czasopismach niepunktowanych i dotyczą głównego nurtu badawczego.

Przed uzyskaniem stopnia doktora opublikowałem 4 artykuły zamieszczone w czasopismach i wydawnictwach recenzowanych.

Biorąc pod uwagę skład autorski większości moich publikacji, należy podkreślić, że rodzaj badań, którymi się zajmuję wymaga pracy zespołowej. Z tego powodu publikacje dokumentujące te badania z

natury rzeczy są w większości publikacjami zespołowymi. Przy dużej liczbie autorów udział procentowy wkładu poszczególnych osób w powstanie artykułu jest trudny do oszacowania.

### Statystyka publikacji po uzyskaniu stopnia doktora

Rodzaj publikacji	Liczba	Punktacja
Artykuły w czasopismach z bazy JCR	4	58
Artykuły konferencji i kongresów międzynarodowych	6	-
Artykuły w czasopismach z listy MNiSW	16	90
Artykuły w książkach lub monografiach	2	-
Artykuły w czasopismach niepunktowanych	2	-
Sumaryczna liczba publikacji	30	
Sumaryczna liczba punktów	148	
Sumaryczny IF	1,446	
Liczba cytowań według WoS	2/(5)*	
Indeks Hirscha według WoS	1/(2)*	

\* Raport Publish or Perish z bazy źródłowej Google Scholar

Poza głównym osiągnięciem do osiągnięć naukowo-badawczych po uzyskaniu stopnia doktora można zaliczyć:

- Wdrażanie koncepcji wieloprzestrzennych pomiarów GNSS na terenach górniczych.  
Opiniowanie projektów pomiarów przemieszczeń w LGOM: „Mapa dynamiczna miasta Polkowice” oraz „Przestrzenna mapa miasta Lubin” oraz opracowanie koncepcji pomiarów GNSS RTK na terenie górniczym LW Bogdanka S.A. wraz z realizacją.

#### Prace badawcze:

Moja praca badawcza opierała się na realizacji projektów finansowanych głównie ze środków na naukę (KBN, NCN). Kierowałem osobiście jednym projektem badawczym NCN Nr NN 524 1199 33 pt.: „Przestrzenny opis pogórnich zmian powierzchni terenu w aspekcie zagrożenia obiektów powierzchniowych” oraz brałem czynny udział w realizacji 5 innych projektów badawczych (wyszczególnionych w załączniku nr 5) w charakterze wykonawcy. Doświadczenia zdobyte w trakcie realizacji projektu oraz uzyskane dane obserwacyjne przyczyniły się do prezentowanego w moim dorobku osiągnięcia naukowego.

#### Udział w konferencjach i wygłoszone referaty

Brałem udział ogółem w 30 konferencjach i kongresach krajowych i międzynarodowych (w tym w 22 konferencjach krajowych oraz 8 konferencjach i kongresach międzynarodowych), podczas których wygłosiłem 13 referatów w języku polskim, niemieckim i angielskim.

W maju 2018 r. w ramach Seminarium Instytutu Mechaniki Górotworu PAN w Krakowie wygłosiłem referat pt. „Przemieszczenia poziome jako źródło danych o deformacji terenu górniczego”, będący prezentacją moich badań habilitacyjnych.

#### Udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych

Brałem czynny udział w organizacji 2 cyklicznych konferencji naukowo-technicznych tj. Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych w charakterze: przewodniczącego komitetu organizacyjnego w roku 2009, v-ce przewodniczącego komitetu organizacyjnego w roku 2015. Poza tym współpracowałem przy organizacji branżowego spotkania z cyku Forum Mierniczych Górniczych w roku 2012.

### Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych

Od 2010 roku jestem członkiem organizacji skupiających naukowców oraz inżynierów z zakresu miernictwa górniczego: International Society for Mine Surveying (Commission 4: Rock and Ground Movement, Subsidence Damages) oraz członkiem krajowej organizacji: Polskiego Komitetu Międzynarodowego Stowarzyszenia Miernictwa Górniczego. Brałem dotychczas udział w 4 Kongresach Międzynarodowego Stowarzyszenia Miernictwa Górniczego (ISM) oraz współorganizowałem 1 branżowe Forum Dyskusyjne Mierniczych Górniczych z ramienia PK ISM.

### Osiągnięcia dydaktyczne i popularyzatorskie, współpraca zagraniczna:

Opracowałem lub zmodyfikowałem programy nauczania 7 przedmiotów prowadzonych na I i II stopniu studiów (kierunki geodezja i kartografia oraz inżynieria środowiska) na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH (lista w załączniku nr 5).

Wielokrotnie brałem udział w organizacji Dni Otwartych AGH, w ramach których 21 kwietnia 2017 roku wygłosiłem wykład wprowadzający dotyczący pomiarów przemieszczeń powierzchni Ziemi.

Jestem pomysłodawcą oraz organizatorem wycieczek technicznych pod hasłem TechTour dla studentów specjalności Geoinformacja i Geodezja Górnicza II stopnia studiów Geodezja i Kartografia WGGiŚ AGH. Wyjazdy odbyły się dwukrotnie w 2017 (5 dni) i 2018 roku (4 dni). Ich celem było zaprezentowanie studentom środowiska pracy w zakładach górniczych odkrywkowych i podziemnych oraz dyskusja nad problemami i zadaniami techniczno-badawczymi jakie stoją przed mierniczymi górniczymi.

Od 12 lat jestem kierownikiem zagranicznej praktyki studenckiej z geodezji górniczej odbywającej się w kopalni doświadczalnej we Freibergu (Niemcy) realizowanej wspólnie z niemiecką uczelnią TU Bergakademie Freiberg. Za wieloletnią organizację tej praktyki w roku 2013 przyznano mi nagrodę Rektora AGH.

W roku 2015 zorganizowałem wyjazd grupy studentów do Niemiec w ramach wymiany finansowanej przez DAAD (Deutsche Akademische Austauschdienst – Niemiecka Centrala Wymiany Akademickiej). Celem wyjazdu było nawiązanie kontaktów z niemieckimi uczelniami, wymiana wiedzy i doświadczeń. Wyjazd trwał 9 dni, podczas których odwiedziliśmy 3 uczelnie wyższe (TU Bergakademie Freiberg, RWTH Aachen, TU München), niemiecki Urząd Geoinformacji i Pomiarów Krajowych Dolnej Saksonii (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen) oraz 2 firmy z branży geodezyjnej (Milan Geoservice GmbH) i satelitarnej (OHB System AG), kończąc wizytą w Niemieckiej Agencji Kosmicznej (DLR – das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt).

Byłem uczestnikiem wyjazdu do Niemiec (Berlin, Freiberg) w ramach programu „Leonardo da Vinci” związanego z wymianą myśli i doświadczeń w zarządzaniu wyższymi uczelniami w państwach Unii Europejskiej (11-18 września 2005).

### Opieka naukowa nad studentami, w przewodzie doktorskim

Jako promotor prac dyplomowych, prowadziłem 21 projektów inżynierskich oraz 23 prace magisterskie – łącznie 44 prace dyplomowe na kierunku geodezja i kartografia WGGiŚ AGH.

Jestem promotorem pomocniczym w 1 przewodzie doktorskim prowadzonym na Uniwersytecie Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji). Otwarcie przewodu doktorskiego odbyło się w 2013 roku. Tematyka jest zbliżona do moich zainteresowań naukowych.

### Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich

W latach 2000 – 2002 odbyłem staż w niemieckiej uczelni wyższej RWTH Aachen, w Instytucie Geodezji Górniczej, Szkód Górniczych i Geofizyki w Górnictwie (IFM Institut für Markscheidewesen, Bergschadenkunde und Geophysik im Bergbau) w ramach programu Erasmus+. Byłem zatrudniony przez okres 1 roku na stanowisku Wissenschaftliche Hilfskraft (pomoc naukowa) w dwóch projektach badawczych, z których jeden dotyczył pomiarów deformacji wzdłuż rurociągu paliw płynnych,

natomiast drugi opracowania metod zdalnego wykrywania pozostałości historycznego kopalnictwa na terenach zurbanizowanych.

#### Ekspertyzy i prace badawcze na zamówienie

W rozpatrywanym okresie wykonałem łącznie prawie 100 ekspertyz lub prac badawczych, w tym 3 opinie dla sądów, 3 ekspertyzy dla ośrodków naukowo-badawczych oraz 91 prac dla zakładów górniczych (kopalni miedzi, węgla kamiennego oraz soli kamiennej). Zestawienie prac znajduje się w załączniku nr 5.

Pełniłem rolę kierownika w 2 pracach, natomiast w pozostałych byłem członkiem zespołu wykonawców. Zajmowałem się między innymi przygotowaniem i wstępną analizą danych geologiczno-górniczych lub obserwacyjnych, tworzeniem baz danych do prognoz deformacji terenu i górotworu oraz wykonywaniem prognoz lub teoretycznego modelowania wpływu eksploatacji na powierzchnię terenu i obiekty powierzchniowe. Opracowywałem wyniki prognoz tworząc mapy deformacji i przemieszczeń a także dokonywałem analiz porównawczych i weryfikacji prognoz na podstawie wyników geodezyjnych pomiarów deformacji. Zajmowałem się także analizą danych o przemieszczeniach i deformacjach powierzchni terenu oraz wyrobisk podziemnych. Brałem udział w pracach dotyczących ruchowych aspektów zakładów górniczych oraz kampaniach pomiarowych prowadzonych w celu badania przemieszczeń i deformacji dużych obiektów hydrotechnicznych oraz powierzchni terenu górniczego.

#### Recenzje w czasopismach krajowych

W latach 2017 – 2019 recenzowałem ogółem 12 artykułów, w tym 2 recenzje w czasopiśmie z listy JCR oraz 10 recenzji dla czasopism krajowych punktowanych (lista MNiSW). Szczegółowy wykaz recenzowanych publikacji znajduje się w załączniku 5.

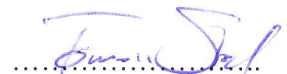
#### Inne nagrody i odznaczenia:

Tematyka mojej pracy naukowo-badawczej jest ściśle związana z przemysłem górniczym. Ze względu na moje dokonania i wspieranie sektora górniczego wiedzą z zakresu miernictwa górniczego i ochrony terenów górniczych zostały mi nadane stopnie górnicze:

- Dyrektor Górniczy III stopnia 2006
- Dyrektor Górniczy II stopnia 2008
- Dyrektor Górniczy I stopnia 2011

W grudniu 2012 roku zostałem odznaczony honorową odznaką „Zasłużony dla Górnictwa RP”.

W roku 2013 otrzymałem Nagrodę Rektora AGH, zespołową III stopnia za osiągnięcia organizacyjne (współpracę zagraniczną i organizowanie studenckiej praktyki z geodezji górniczej w Niemczech).



/Tomasz Stoch/