

**dr inż. Lucyna Florkowska**  
Instytut Mechaniki Górotworu  
Polska Akademia Nauk

## **AUTOREFERAT**

Kraków, listopad 2012

**1. Imię i nazwisko:** Lucyna Florkowska

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytuł rozprawy doktorskiej**

Stopień naukowy: <b>doktor nauk technicznych</b> Nadany Uchwałą Rady Naukowej Instytutu Mechaniki Górotworu PAN z dnia 18.12.2002 r. Rozprawa doktorska pt.: <i>Numeryczne modelowanie współdziałania budowli z górotworem poddanym eksploatacji górniczej</i>
Tytuł zawodowy: <b>magister inżynier</b> w zakresie specjalności Teoria Konstrukcji Inżynierskich Wydział Inżynierii Łądowej Politechniki Krakowskiej - 12.11.1997 r. Praca magisterska pt.: <i>Stan naprężenia w ścianach tarczowych budynków posadowionych na terenach szkód górniczych</i>

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

<b>Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk</b>	
1999 – do chwili obecnej	Pracownia Odkształceń Skał
1997-1999	Pracownia Przepływów w Ośrodkach Porowatych

**4. Wskazane osiągnięcia 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. nr 65, poz. 595)**

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

**Zastosowanie numerycznej mechaniki nieliniowej  
w zagadnieniach ochrony budynków na terenach górniczych**

b) Autor, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa

Lucyna Florkowska	<i>Zastosowanie numerycznej mechaniki nieliniowej w zagadnieniach ochrony budynków na terenach górniczych</i>	Archives of Mining Sciences Monografia•2011•Numer 11 ISSN 0860-7001	Kraków 2010
-------------------	---	---	----------------

c) Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, wskutek intensywnej eksploatacji surowców naturalnych, zwłaszcza węgla kamiennego, warunki geotechniczne na obszarach prowadzenia wydobywania uległy bardzo poważnym zmianom. Silne naruszenie pierwotnej struktury górotworu spowodowało, że prognozowanie skutków kolejnych eksploatacji staje się coraz trudniejsze. W przypadku istniejącej, zwłaszcza historycznej zabudowy, dodatkowym aspektem jest naruszenie konstrukcji obiektu następujące w wyniku wielokrotnego oddziaływania robót górniczych. Stąd ocena wpływu projektowanej eksploatacji na konkretny obiekt wymaga coraz częściej indywidualnej analizy.

Prowadzone przeze mnie badania naukowe ukierunkowane są na rozpoznawanie zachowania układu budynek – podłoże, poddanego oddziaływaniu podziemnej eksploatacji górniczej, w aktualnych warunkach naruszenia górotworu.

Moja koncepcja badawcza polega na:

- zastosowaniu modelowania matematycznego i symulacji numerycznych w analizie wpływu eksploatacji na obiekt budowlany,
- ciągłym monitorowaniu stanu obiektu w trakcie trwania oddziaływań górniczych,
- powiązaniu symulacji numerycznej z pomiarami deformacji powierzchni i odkształceń budynku.

Rezultaty prowadzonych przeze mnie w tym zakresie badań zawarte zostały w większości w monografii pt. *Zastosowanie numerycznej mechaniki nieliniowej w zagadnieniach ochrony budynków na terenach górniczych*.

**Cel naukowy** pracy stanowiło opracowanie metodyki prowadzenia indywidualnej analizy oddziaływania eksploatacji podziemnej na budynek w kontekście jego ochrony. Podstawę metodyki stanowiły w założeniu:

- oparte na modelowaniu matematycznym symulacje numeryczne,
- pomiary zmian stanu deformacji budynku i podłoża.

Tworzenie modelu matematycznego układu budynek – podłoże oparte zostało na matematycznych metodach mechaniki nieliniowej z uwagi na możliwość wystąpienia zarówno nieliniowości typu geometrycznego, jak fizycznego. Procedura opracowywania modelu matematycznego otrzymała z założenia charakter indywidualny, aby umożliwić uwzględnienie specyficznych dla konkretnego obiektu warunków konstrukcyjnych, geotechnicznych i górniczych. Powiązana ona została ze szczegółowymi studiami wstępnymi istniejącej dokumentacji technicznej, geologicznej i górniczej oraz realizacją programu badań laboratoryjnych i *in situ* w celu wyłonienia najistotniejszych czynników mogących wpłynąć na zachowanie się budynku oraz optymalne odtworzenie cech układu w modelu matematycznym.

Istotny element naukowego rozpoznania problemu stanowiły obserwacje zmian stanu odkształcenia budynku zachodzące w trakcie oddziaływania eksploatacji górniczej. Dla prowadzenia tych badań zaprojektowano i wykonano system zdalnego, ciągłego monitorowania obiektu powiązany z modelem numerycznym obserwowanego układu.

Rezultaty wieloletnich badań pozwoliły na wypracowanie metodyki badawczej, której zastosowanie umożliwia prowadzenie analizy oddziaływania podziemnej eksploatacji górniczej na budynek. Najważniejsze osiągnięcia w tym zakresie stanowią:

1. **Metodyka wyznaczania wpływu eksploatacji na stan budynku** opracowana z zastosowaniem modelowania matematycznego metodami mechaniki nieliniowej. Poddane analizie zagadnienie sformułowane zostało jako problem kontaktowy z więzami jednostronnymi i znaną strefą kontaktu. Ciągły model matematyczny sprowadzono następnie do postaci wariacyjnej, pozwalającej na zastosowanie do jego rozwiązania metody elementów skończonych. W obliczeniach numerycznych wykorzystano pakiet MES Abaqus. Do solvera Abaqusa dodany został własny program, pozwalający na symulowanie oddziaływań górniczych, zadawanych jako jedne z warunków brzegowych modelu matematycznego. Dzięki temu rozwiązaniu uzyskano możliwość wyznaczania stanu przemieszczeń, odkształceń i naprężeń obiektu w zmieniających się w czasie i przestrzeni warunkach deformacji podłoża. Zastosowanie tak sformułowanej metodyki stwarza możliwość prowadzenia analizy oddziaływania:
  - planowanej eksploatacji – wykorzystując prognozowanie deformacji podłoża w oparciu o teorię Budryka – Knothego,
  - trwającej lub zakończonej eksploatacji – przy wykorzystaniu wyników pomiarów rzeczywistych deformacji podłoża.
2. **Metodyka ciągłego monitorowania zmian stanu budynku w trakcie oddziaływania eksploatacji** opracowana z wykorzystaniem tensometrycznych przetworników strunowych do pomiarów odkształceń oraz popularnego standardu telefonii komórkowej GSM do transmisji danych. System pomiarowy powiązany został z modelem numerycznym obiektu, w którym umieszczono odpowiadającą rzeczywistości sieć wirtualnych czujników.

Zastosowanie tej metodyki umożliwia zdalną obserwację zachowania obiektu w trakcie trwania oddziaływań górniczych. Pomiary tego rodzaju stanowią cenne źródło danych w badaniach naukowych ukierunkowanych na ochronę obiektów budowlanych na terenach objętych wpływami eksploatacji górniczej. Wypracowana metodyka może również stanowić narzędzie wspomagania oceny bezpieczeństwa konstrukcji i jej monitorowania podczas ujawniania się skutków eksploatacji.

Prace naukowe prowadzone w zakresie badania wpływu eksploatacji kopalni na podłoże i konstrukcję obiektów budowlanych mają istotne znaczenie w kontekście ochrony zabudowy na terenach górniczych oraz wypracowywania optymalnych metod profilaktyki górniczej i budowlanej. Zaproponowana metodyka zarówno poszerza możliwości badawcze

w dziedzinie diagnozowania wpływu eksploatacji podziemnej na budynki, jak również może zostać zastosowana w praktycznych aspektach związanych z ochroną zabudowy i zapewnieniem bezpieczeństwa budynków na terenach górniczych.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

---

Główny temat mojej pracy naukowej i badawczej stanowią zagadnienia związane z oddziaływaniem podziemnej eksploatacji górniczej na obiekty budowlane. Moje zainteresowanie problematyką oddziaływania deformacji podłoża na obiekty budowlane oraz modelowaniem numerycznym rozpoczęło się w trakcie studiów na Politechnice Krakowskiej, gdzie (w latach 1992-1997), na Wydziale Inżynierii Łądowej, studiowałam Teorię Konstrukcji Inżynierskich. Znalazło to odzwierciedlenie w pracy dyplomowej pt. "*Stan naprężenia w ścianach tarczowych budynków posadowionych na terenach szkód górniczych*" którą przygotowywałam pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Gwidona Szefera. Niektóre z uzyskanych w ramach tej pracy rozwiązań opublikowane zostały w następnie w czasopiśmie *Archives of Mining Sciences*<sup>1</sup>.

### 5.1 Okres pracy naukowej przed doktoratem

Bezpośrednio po ukończeniu studiów rozpoczęłam pracę w Instytucie Mechaniki Górnotworu PAN w Krakowie, w pracowni Przepływów w Ośrodkach Porowatych. Zajmowałam się wówczas tematyką matematycznego modelowania procesów związanych z przepływem gazów sorbujących i niesorbujących przez węgiel kamienny, uczestnicząc równocześnie w badaniach laboratoryjnych. Prowadzone w pracowni eksperymenty filtracji azotu, metanu i dwutlenku węgla na tzw. dużych próbkach węglowych były unikatowe w dziedzinie badań nad procesami przepływu gazów przez struktury węgla zawierające naturalne mikro- i makrospękania<sup>2</sup>.

W roku 1999 zostałam przeniesiona do Pracowni Odkształceń Skał, kierowanej wówczas przez prof. dr hab. inż. Jerzego Gustkiewicza. Tematyka moich badań skierowana została wówczas w stronę mechaniki skał i mechaniki górnotworu<sup>3</sup>. Jednocześnie, nawiązując współpracę z Akademickim Centrum Komputerowym *Cyfronet*, zajęłam się zastosowaniem nowoczesnych technik obliczeniowych w modelowaniu deformacji górnotworu oraz oddziaływania deformacji podłoża na konstrukcję obiektów budowlanych. Wtedy też zapoznałam się ze specyfiką prowadzenia obliczeń na superkomputerach, klastrach i stacjach graficznych wspomagających pracę zaawansowanych aplikacji typu CAE (*Computer Aided Engineering*) i CAD (*Computer Aided Design*). W tym okresie rozpoczęłam pracę z pakietem programów Metody Elementów Skończonych Abaqus, którego uniwersalność i szerokie

---

<sup>1</sup> Florkowska L., *Numerical Determination of the State of Stress in a Wall of a Building under the Influence of Discontinuous Ground Deformations*. *Archives of Mining Sciences*. 45. 2. 2000. str.: 221-236

<sup>2</sup> Dyrga L., Krzykowska L., Skawiński R., Sławomirski M., Żółcińska J.: *Numeryczny model niestacjonarnego przepływu w węglu traktowanym jako ośrodek szczelinowato – porowaty oraz jego korelacja z wynikami eksperymentalnymi*, w: Materiały Konferencji Naukowej pt.: „Zjawiska fizyczne w wielofazowym ośrodku skalnym”. IMG PAN. 1998

<sup>3</sup> Nowakowski A., Walaszczyk J., Florkowska L.: *Wykorzystanie charakterystyk naprężeniowo – odkształceniowych wybranych skał do modelowania stanu naprężenia w górnotworze. Mechaniczny model górnotworu poddanego filarowo – komorowemu systemowi eksploatacji (cz.II)*. *Prace IMG PAN*. 2. 3 – 4. 2000. str.: 319-352

możliwości w zakresie modelowania matematycznego wykorzystuję do dzisiaj<sup>4</sup>. Efektem tych prac była m.in. rozprawa doktorska pt. "*Numeryczne modelowanie współdziałania budowli z górotworem poddanym eksploatacji górniczej*", którą w roku 2002 obroniłam z wyróżnieniem w IMG PAN. Promotorem mojej pracy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Jan Walaszczyk, zaś recenzentami prof. dr hab. inż. Jerzy Gustkiewicz (IMG PAN) i prof. dr hab. inż. Roman Kinasz (AGH.)

## 5.2 Okres pracy naukowej po doktoracie

Po uzyskaniu stopnia doktora rozpoczęłam pracę na stanowisku adiunkta realizując program badań statutowych Instytutu oraz uczestnicząc w projektach badawczych. Moje naukowe zainteresowania nadal dotyczyły głównie różnych aspektów oddziaływania eksploatacji podziemnej na górotwór i obiekty budowlane. Prowadziłam numeryczne badania modelowe i rozwijałam rozwiązania uzyskane w pracy doktorskiej. Opublikowana na ich podstawie monografia pt. „*Wybrane problemy współdziałania budowli z górotworem*”<sup>5</sup> uzyskała w roku 2004 nagrodę Wydziału VII PAN - Nauk o Ziemi i Nauk Górniczych im. W. Budryka.

W latach 2005-2010 kierowałam zespołem realizującym w ramach działalności statutowej IMG PAN zadanie "*Budowa oraz weryfikacja matematycznego modelu współdziałania deformującego się górotworu z posadowionymi na nim konstrukcjami*". Praca tego zespołu skupiała się wokół tematyki modelowania matematycznego deformacji górotworu oraz ich oddziaływania na obiekty budowlane. Deformacje górotworu przekazywane są na naziemne obiekty budowlane poprzez warstwy przypowierzchniowe, stanowiące bezpośrednie podłoże budowli, stąd szczególnym obszarem badań pozostało zachowanie się podłoża gruntowego oraz wzajemne współoddziaływanie fundament - podłoże. Modelowanie matematyczne tych zagadnień prowadzone było na gruncie mechaniki nieliniowej z dwoma typami nieliniowości. Rozwiązania poszukiwane były na drodze numerycznej, z zastosowaniem pakietu metody elementów skończonych Abaqus<sup>6,7</sup>.

Po nawiązaniu współpracy naukowej z Kompanią Węglową S.A. prace zespołu skoncentrowały się na adaptacji uzyskanych rozwiązań do specyfiki problemów szkód górniczych. Udostępnione przez KW S.A. rezultaty wieloletnich obserwacji geodezyjnych powierzchni oraz budynków poddanych oddziaływaniom górniczym stały się podstawą studiów i analiz zmierzających do naukowego rozpoznania zjawisk towarzyszących eksploatacji górniczej prowadzonej w warunkach silnie naruszonego górotworu i ich oddziaływania na zbudowaną powierzchnię obszarów miejskich oraz na same budynki.

---

<sup>4</sup> Florkowska L., Walaszczyk J., Nowakowski A.: *Matematyczne modelowanie współdziałania obiektów naziemnych z górotworem*. Prace IMG PAN. 3. 3-4. 2001. str.: 303-316

<sup>5</sup> Florkowska L.: *Wybrane problemy współdziałania budowli z górotworem*. Prace Instytutu IMG PAN. Rozprawy, monografie. 3. Kraków 2003

<sup>6</sup> Florkowska L., Walaszczyk J.: *O możliwościach komputerowego modelowania współpracy budowli z deformującym się podłożem górniczym*. Archives of Mining Sciences. 49. Special Issue. 2004. str.: 83 - 98

<sup>7</sup> Florkowska L.: *Modelowanie numeryczne w prognozowaniu wpływu eksploatacji na podłoże i konstrukcję budynków*. Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko. Special Edition: Bezpieczeństwo Obiektów Budowlanych na Terenach Górniczych – Szkody Górnicze. Wyd. GIG. Katowice 2006. str.: 61 – 71

Poza badaniami statutowymi moja działalność naukowa związana była także z prowadzonymi równolegle projektami badawczymi. W latach 2002-2004 uczestniczyłam w realizacji projektu "Określenie rozkładu przemieszczeń w górotworze i na powierzchni dla potrzeb zabezpieczenia zabytkowych kopalń soli". Program badawczy tego projektu skoncentrowany był głównie na prowadzeniu pomiarów geodezyjnych, które w połączeniu z rozpoznaniem geologicznym prowadziły do oceny rozkładu deformacji górotworu wokół wyrobisk solnych.

W latach 2004-2006 kierowałam projektem badawczym „Współpraca budowli z górotworem uwarstwionym deformującym się na skutek eksploatacji”. Celem projektu badawczego było opracowanie metod prognozowania kształtu niecki osiadania powstającej na skutek eksploatacji podziemnej oraz wpływu tego rodzaju deformacji powierzchni na obiekty budowlane. Obliczenia realizowane były metodami modelowania numerycznego MES a ich rezultaty porównywano z dostępnymi wynikami pomiarów geodezyjnych. Modelowanie numeryczne oparto na sprężystym, transwersalnie izotropowym prawie materiałowym, którego parametry wyznaczano metodą „back analysis”. Analizę współpracy budowli ze zdeformowanym, wskutek podziemnej eksploatacji podłożem, prowadzono według dwóch koncepcji. Koncepcja I polegała na modelowaniu całego procesu eksploatacji złoża i analizowaniu jego oddziaływania na obiekt budowlany z zastosowaniem techniki tzw. *submodellingu*. W koncepcji II oddziaływanie eksploatacji zastąpiono (przebiegającym według teorii Budryka – Knothe) procesem kształtowania się niecki górniczej.

W latach 2006-2008 uczestniczyłam w pracach Naukowej Sieci Tematycznej, kierowanej przez Instytut Nafty i Gazu pt. "Nowe aplikacje w zakresie udostępniania i eksploatacji złóż węglowodorów otworami kierunkowymi i poziomymi". W ramach projektu zajmowałam się modelowaniem numerycznym zagadnienia stateczności ścian otworów kierunkowych, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu anizotropii masywu skalnego. Interesujące rozwiązania, uzyskane z zastosowaniem kilku rodzajów modeli materiałowych, zawarte zostały m.in. w opublikowanej w roku 2008 monografii<sup>8</sup>. Uzyskane wówczas wyniki stały się podstawą szerszych studiów naszego zespołu nad powiązaniem wyników eksperymentów laboratoryjnych z modelowaniem numerycznym. Rezultaty tych prac przedstawione zostały na III Krajowej Konferencji Mechaniki Skał, która odbyła się w listopadzie 2009 r. na Politechnice Śląskiej w Gliwicach<sup>9</sup>.

Procesy niszczenia masywu skalnego towarzyszące eksploatacji złóż stanowiły także przedmiot moich badań podczas realizacji projektu "Matematyczny model niszczenia struktury wewnętrznej górotworu uwarstwionego z uwzględnieniem ciśnienia porowego metanu" (2007-2010). Dodatkowym czynnikiem była w tym przypadku obecność metanu, który często

---

<sup>8</sup> Florkowska L., Nowakowski A., Tajduś K.: Rozdz. II *Stateczność ściany otworów kierunkowych i poziomych w funkcji mechanicznych właściwości skał i ciśnień*; w monografii: *Nowe aplikacje w zakresie udostępniania i eksploatacji złóż węglowodorów otworami kierunkowymi i poziomymi*. Praca zbiorowa p. red. prof. dr hab. Urszuli Woźnickiej. Prace Instytutu Nafty i Gazu. nr 152. Kraków 2008. str.: 55 - 98

<sup>9</sup> Florkowska L. i Nowakowski A.: *Zastosowanie wyników badań laboratoryjnych w modelowaniu numerycznym stateczności otworów kierunkowych*. Referat na III Krajowej Konferencji Mechaniki Skał pt.: *Wykorzystanie wyników badań eksperymentalnych do modelowania matematycznego skał i górotworu*. Gliwice. 29 listopada 2009 r.

towarzyszy pokładom węgla kamiennego. Efektem prac było opracowanie modelu matematycznego (i numerycznego) pozwalającego na symulację przepływu węgla w eksploatowanym pokładzie. W modelu tym wykorzystano teorię przepływu ściśliwego płynu w ośrodku porowatym. Dodatkowym elementem była symulacja migracji metanu z pokładu metanowego do wyższych warstw stropowych przez powstające wyniki niszczenia struktury skalnej szczeliny. Uzyskane wyniki opublikowane zostały m.in. w wydanej w roku 2010 monografii<sup>10</sup> pt. „*Matematyczny model zniszczenia struktury wewnętrznej górotworu uwarstwionego z uwzględnieniem ciśnienia porowego metanu*”.

Uczestnicząc w projekcie rozwojowym pt. *"Narzędzia wspomaganie służb wentylacyjnych kopalń w zwalczaniu zagrożenia metanowego i wyrzutowego, oparte na wiedzy i doświadczeniu eksperckim"* pracowałam nad metodyką modelowania filtracji metanu w pokładzie węgla i jego wypływu do wyrobiska. Prowadzone przeze mnie eksperymenty numeryczne realizowane w powiązaniu z testami laboratoryjnymi wykonywanymi w Pracowni Mikromerytyki IMG PAN. W rezultacie przeprowadzonych w ramach projektu prac sformułowana została metodyka wyznaczania rozkładu ciśnienia metanu w eksploatowanym pokładzie węgla kamiennego z uwzględnieniem parametrów filtracyjnych węgla oraz prędkości wybierania.

Lata 2007-2010 to okres, w którym kierowałam projektem pt. *"Prognozowanie stanu budowli poddanej oddziaływaniu podziemnej eksploatacji górniczej w oparciu o modelowanie numeryczne"*. W ramach tego projektu zrealizowany został program badań naukowych, którego rezultaty poznawcze i użytkowe stały się podstawą opracowania monografii pt. *"Zastosowanie numerycznej mechaniki nieliniowej w zagadnieniach ochrony budynków na terenach górniczych"*<sup>11</sup>. Monografię tę chciałabym przedłożyć, jako moją rozprawę habilitacyjną.

Jak zostało to powiedziane, przedmiotem wymienionej powyżej pracy jest zastosowanie mechaniki nieliniowej do modelowania wpływu górniczych deformacji terenu na budynek w kontekście jego ochrony. W pracy sformułowana została metodyka indywidualnej analizy wpływu eksploatacji na podłoże i konstrukcję obiektu. Jej istotę stanowi połączenie modelowania matematycznego z systemem pomiarowym oraz programem badań laboratoryjnych. Sformułowany na gruncie mechaniki nieliniowej model zagadnienia rozwiązywany jest za pomocą modelowania numerycznego, opartego na metodzie elementów skończonych.

Obecnie, od roku 2011, w ramach prac statutowych IMG PAN kieruję realizacją zadania *"Badanie wpływu podziemnej eksploatacji górniczej na budynki w warunkach silnie naruszonego górotworu"*, w którym rozwijane są opracowane przez zespół IMG PAN metody badawcze. Prace zespołu skierowane są w głównej mierze na doskonalenie systemu

---

<sup>10</sup> Walaszczyk J., Florkowska L.: *Matematyczny model niszczenia struktury wewnętrznej górotworu uwarstwionego z uwzględnieniem ciśnienia porowego metanu*. Archives of Mining Sciences. Monografia. Nr 10. Kraków 2010

<sup>11</sup> Florkowska L.: *Zastosowanie numerycznej mechaniki nieliniowej w zagadnieniach ochrony budynków na terenach górniczych*. Archives of Mining Sciences. Monografia. Nr 11. Kraków 2010



pomiarowego i jego rozbudowę. Jednocześnie wciąż dopracowywana jest metodyka modelowania oraz realizacja współpracy pomiędzy systemami: pomiarowym i obliczeniowym. Opracowany system monitorowania poszerzony został o nowoczesny inklinometr strunowy pozwalający na przestrzenny pomiar wychylenia obiektu. Rezultaty obserwacji prowadzonych na zabytkowym budynku sakralnym w Bytomiu opublikowane zostały w monografii „*Ochrona obiektów na terenach górniczych*”<sup>12</sup> a także zaprezentowane na organizowanej przez Główny Instytut Górnictwa cyklicznej konferencji poświęconej bezpieczeństwu i ochronie obiektów budowlanych.

Poza pracą naukową w IMG PAN współpracuję także z innymi ośrodkami naukowymi, do których należą m.in.: Instytut Geoniki Akademii Nauki Republiki Czeskiej w Ostrawie, Akademia Górniczo - Hutnicza oraz Politechnika Krakowska.

Rezultaty prowadzonych przeze mnie badań publikowane są w formie monografii oraz artykułów naukowych w wydawnictwach związanych tematycznie z problematyką oddziaływania eksploatacji górniczej na górotwór jak również z problematyką geotechniczną i budowlaną. Z opracowywanymi przeze mnie zagadnieniami można się również zapoznać poprzez artykuły popularnonaukowe<sup>13,14</sup>. Efekty prac naukowo – badawczych prezentowane są także w postaci referatów i posterów konferencyjnych.

---

12 Florkowska L., Kanciruk A.: *System zdalnego monitorowania deformacji obiektów budowlanych* w: *Bezpieczeństwo i ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych*. Praca pod redakcją A. Kowalskiego. Wyd. GIG. 2012. str.: 53-61

<sup>13</sup> Florkowska L.: *To Much to Bear*. Academia. The magazine of the Polish Academy of Sciences. Nr. 1 (5). 2005. str.: 32-33.

<sup>14</sup> Florkowska L.: *Application of modern computer aided methods in assessment of effects of subsidence in the mining industry regions*. Polish Academy of Sciences Annual Report 2004. str.: 82-85

### 5.3 Podsumowanie osiągnięć w pracy naukowo - badawczej

**5.3.1 Najważniejsze osiągnięcia naukowo badawcze** dotyczą zagadnień związanych z ochroną obiektów budowlanych podlegających wpływom deformacji podłoża, ze szczególnym uwzględnieniem deformacji powodowanych przez podziemną eksploatację górnictwem. Zostały one w większości zawarte w monografii pt. *„Zastosowanie numerycznej mechaniki nieliniowej w zagadnieniach ochrony budynków na terenach górniczych”*. Są to:

- 1. Opracowanie metodyki prowadzenia indywidualnej analizy oddziaływania podziemnej eksploatacji górnictwem na budynki.**
- 2. Opracowanie metodyki monitorowania stanu budynku w trakcie oddziaływania eksploatacji górnictwem.**

**5.3.2 Pozostałe, istotne osiągnięcia naukowe** związane są głównie z modelowaniem numerycznym procesów zachodzących w górotworze wskutek prowadzenia podziemnej eksploatacji górnictwem, zwłaszcza w zakresie problemów towarzyszących eksploatacji węgla kamiennego. Zostały one m. in. zawarte we wspólnej monografii pt. *„Matematyczny model zniszczenia struktury wewnętrznej górotworu uwarstwionego z uwzględnieniem ciśnienia porowego metanu”*. Należą do nich:

1. Sformułowanie koncepcji wyznaczania stanu naprężenia wokół wyrobiska ścianowego z uwzględnieniem przepływu metanu w eksploatowanym pokładzie.
2. Sformułowanie metody modelowania przepływu metanu w pokładzie węgla oraz migracji metanu do pokładów niemetalowych poprzez spękania warstw skalnych.

Uzyskane rezultaty prac naukowo – badawczych umożliwiają zastosowanie ich zarówno w dalszych badaniach nad charakterem oddziaływania podziemnej eksploatacji górnictwem na górotwór i zabudowę, jak też w analizach naukowych i technicznych dotyczących praktycznych aspektów tego zagadnienia.