

Autoreferat

1. Imię i nazwisko.

Maciej Mendecki

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

Dyplom doktora nauk o Ziemi w zakresie geologii nadany przez Radę Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, 9 grudnia 2014r.,

Tytuł: *Związki widma szumu sejsmicznego z rodzajem i miąższością strefy przypowierzchniowej*

promotor: prof. dr hab. inż. Wacław Zuberek

Dyplom magistra geologii, specjalność geofizyka nadany przez komisję egzaminacyjną Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, 8 lipca 2009r.

Tytuł: *Wykorzystanie metody IP do lokalizacji zanieczyszczeń ropopochodnych w Bornym Sulinowie*

promotor: prof. dr hab. inż. Wacław Zuberek

Dyplom magistra fizyki, specjalność geofizyka nadany przez komisję egzaminacyjną Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, 1 lipca 2009r.

Tytuł: *Pomiar naturalnej promieniotwórczości stałych prób środowiskowych metodą spektrometrii gamma*

promotor: dr hab. Beata Kozłowska

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

01.10.2019 - obecnie, jednostka: Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Śląski w Katowicach, stanowisko: adiunkt, pełny etat.

01.10.2016 - 30.09.2019, jednostka: Katedra Geologii Stosowanej/Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach stanowisko: adiunkt, pełny etat.

01.10.2014 - 30.09.2016, jednostka: Katedra Geologii Stosowanej/Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach stanowisko: asystent, pełny etat.

11.03.2013 - 30.09.2014, jednostka: Katedra Geologii Stosowanej/Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach stanowisko: asystent, połowa etatu.

- 4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej.**

Osiągnięcia, które prezentuję we wniosku habilitacyjnym stanowią cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych oraz dodatkowych znaczących artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

Tytuł cyklu:

Rekonstrukcja historii geodynamicznej górotworu oraz poprawa skuteczności prognozowania zjawisk sejsmicznych w kopalniach i ich negatywnych skutków na powierzchni

I. Wprowadzenie:

Problem sejsmiczności w obszarach objętych eksploatacją górnictwem jest badany od wielu lat i stanowi istotne zagrożenie dla ludzi oraz infrastruktury, zarówno górniczej, jak i cywilnej na powierzchni. Wstrząsy górnicze zagrażają bezpieczeństwu pracowników w kopalni. Ponadto, wstrząs może powodować zjawisko tąpnięcia, towarzyszące wyładowaniu energii sejsmicznej w górotworze, i skutkować zawaleniem stropu oraz ścian wyrobiska, zniszczeniem obudowy górniczej, uszkodzeniami chodników, tuneli, szybów i urządzeń wydobywczych. Silne wstrząsy górnicze mogą prowadzić do powstania zniszczeń na powierzchni terenu, takich jak pęknięcia budynków czy uszkodzenia infrastruktury drogowej i kolejowej, oraz innych szkód materialnych, a tym samym zakłócić

normalne funkcjonowanie w pobliskich obszarach zamieszkałych, przemysłowych lub rolniczych,

a nawet stanowić zagrożenie dla mieszkańców i użytkowników tych obiektów. Ponadto, zjawiska sejsmiczne w kopalniach mogą mieć negatywny wpływ na środowisko naturalne, poprzez doprowadzenie do zmian w ośrodku geologicznym, hydrogeologii i mechaniczne uszkodzenie ekosystemów. W celu minimalizowania negatywnych skutków wstrząsów górniczych i zapewnienia bezpieczeństwa w działalności górniczej oraz w otaczających obszarach, istotne jest:

- poznanie informacji związanych z sejsmicznością antropogeniczną, w tym:
 - dokładnych przyczyn powstawania wstrząsów górniczych,
 - historii geodynamicznej górotworu,
- monitorowanie oraz prognozowanie wystąpienia wstrząsów górniczych i ewentualnych niebezpiecznych efektów na powierzchni.

W mojej pracy badawczej skupiłem się na wybranych aspektach poznania historii geodynamicznej górotworu, poprawy bezpieczeństwa w kopalniach i ochrony powierzchni terenu. Przedmiotowy cykl artykułów składa się z siedmiu prac, spełniających wymogi ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.), w których omawiam:

- rozwiązania tensora momentu sejsmicznego,
- parametrów spektralnych źródła,
- zastosowanie metod statystycznych i probabilistycznych,

w celu rekonstrukcji historii geodynamicznej górotworu i poprawy analizy zjawisk sejsmicznych towarzyszących pracom górniczym w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Analizując powyższe, w trakcie badań nad sejsmicznością, skupiałem się na lepszym poznaniu przyczyn jej występowania poprzez poznanie procesów zachodzących w źródle i ich związków z lokalną geologią. Badania te zostały uzupełnione o metody i modele statystyczne oszacowujące:

- sposoby wyzwalań odkształceń Benioffa (*Benioff strain release*, BSR),
- prognozowania silnych zjawisk sejsmicznych w kopalniach,
- szczytowych amplitud drgań na powierzchni.

Dopełnieniem omówionych powyżej badań jest zaprezentowany kompleksowy przegląd wszystkich dotychczasowych modeli statystycznych, prognozujących drgania na

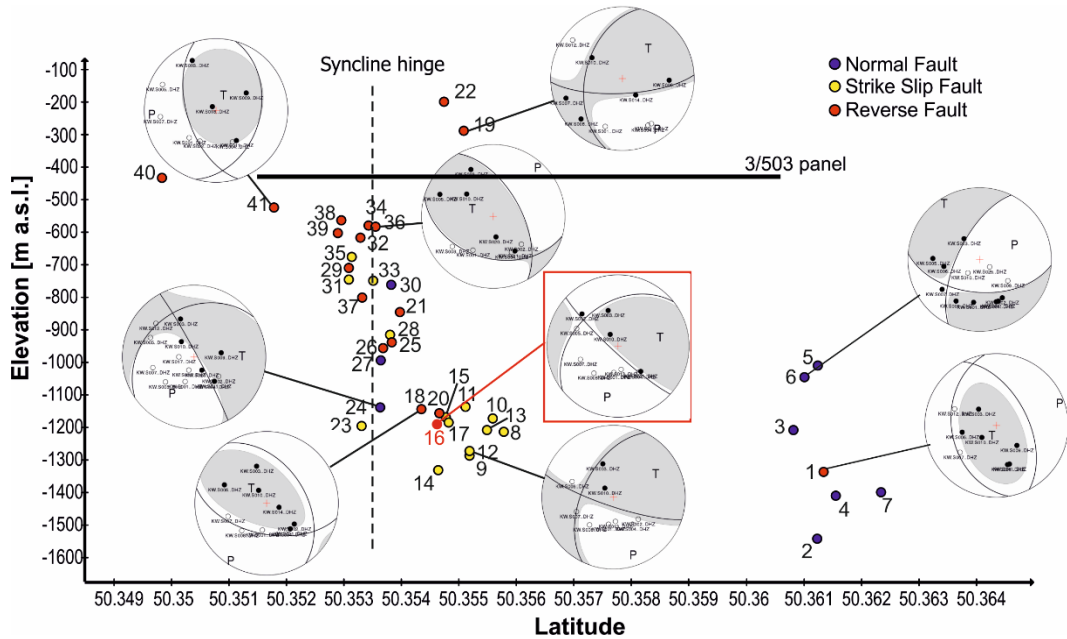
powierzchni, opracowanych dla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i dla poszczególnych obszarów tego regionu.

II. Wykorzystanie analizy mechanizmów i parametrów spektralnych źródła sejsmicznego

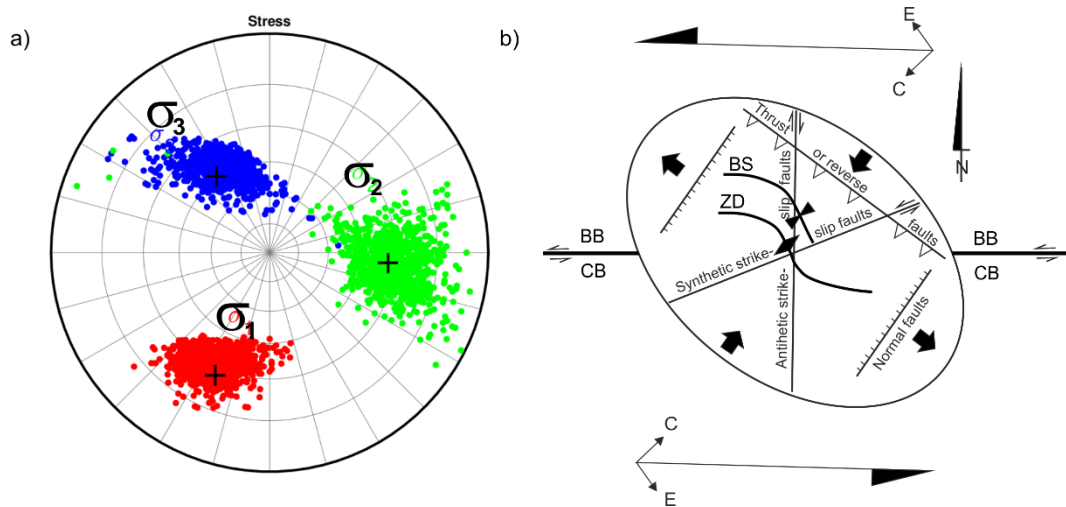
Zadanie lepszego zrozumienia i poprawy interpretacji przyczyn zjawisk sejsmicznych wykonałem wraz ze współautorami dla wybranych pokładów kopalni Bobrek w Bytomiu oraz kopalni Ruda w Rudzie Śląskiej. Wyniki prac zostały opublikowane w artykułach (wchodzących w skład cyklu) Mendecki i in., (2020a); Wojtecki i in., (2020); Mendecki i in., (2021b); Wojtecki i in., (2021).

W pracy Mendecki i in., (2020) przeanalizowałem mechanizmy wstrząsów górniczych oraz kierunki głównych naprężeń występujących w górotworze, w celu porównania charakterystyk zdarzeń sejsmicznych oraz panujących reżimów naprężeń z uwarunkowaniami tektonicznymi w synklinie bytomskiej, położonej w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Na potrzeby badań wykonałem inwersję tensora momentu sejsmicznego dla 41 zdarzeń sejsmicznych o magnitudzie większej niż $M_{2,0}$ zarejestrowanych w kopalni Bobrek. Ogólnie, tensor momentu sejsmicznego odnosi się do rozkładu momentów sił wewnątrz Ziemi, powstałych w wyniku trzęsienia ziemi, a tym samym wstrząsu górniczego. Reprezentuje się go za pomocą macierzy symetrycznej 3×3 , a elementy tej macierzy odpowiadają momentom sił wzdłuż trzech wzajemnie prostopadłych osi. Diagonalne elementy macierzy reprezentują momenty sił wzdłuż głównych osi, podczas gdy pozadiagonalne elementy reprezentują momenty sił generujące ruchy skrętne. Innymi słowy, tensor momentu sejsmicznego to obiekt matematyczny, który opisuje dystrybucję momentów sił w górotworze. W omawianej pracy dekompozycja tensora sejsmicznego pozwoliła na śledzenia zmian w typach mechanizmów (normalne, przesuwowe, odwrócone) wraz z postępem wydobywania ścian nr 3, w pokładzie węgla 503, kopalni Bobrek. Zapisy drgań potrzebne do obliczenia tensorów momentu sejsmicznego uzyskałem z platformy IS-EPOS (IS EPOS, 2017), która jest infrastrukturą danych otwartych do badania zagrożeń antropogenicznych związanych z eksploatacją złóż. Badane ogniska wstrząsów znajdowały się poniżej pokładu węgla i towarzyszyły eksploatacji ścianowej (Ryc. 1). W toku analiz wyodrębniłem trzy skupiska reprezentujące trzy różne etapy reżimów naprężeń. Obliczone osie głównych naprężeń wskazały główne kierunki naprężeń (Ryc. 2a), umożliwiając mi opisanie lokalnego modelu wzorca deformacji neotektonicznych na badanym obszarze (Ryc. 2b). W artykule wykazałem, że reżim

zmieniał się od poziomej tensji w obrębie skrzydła synkliny (pierwsze skupisko), poprzez transpresję (drugie skupisko), aż do dominującej kompresji w przegubie synkliny (trzecie skupisko), co skutkowało powstawaniem uskoków odwróconych.



Ryc. 1. Lokalizacja głębokości wstrząsów górniczych wzdłuż osi szerokości geograficznej. Dla wybranych wstrząsów zaprezentowano rozwiązania pełnego tensora sejsmicznego (Mendecki i in., 2020)



Ryc. 2. Wyniki interpretacji inwersji tensora momentu sejsmicznego: a) orientacja osi głównych naprężeń; b) opracowany lokalny model deformacji neotektonicznych (Mendecki i in., 2020) – szczegółowe wyjaśnienie znajduje się w przedmiotowym artykule.

Ostatecznie wyniki pozwoliły na lepsze poznanie przyczyny sejsmiczności występującej w badanym obszarze i potwierdziły jej charakter jako triggerowanej. Wstrząsy triggerowane to zjawiska sejsmiczne, które wystąpiły na istniejących, ale nieaktywnych lub słabo aktywnych uskokach lub spękaniach i w wyniku działalności górniczej ulegają destabilizacji. Moje wnioski z omawianej pracy są zbieżne z pracami Marcak i Mutke

(2013) oraz Kozłowska i in., (2016). Zaprezentowane wyniki moich badań umożliwiły przedstawienie historii geodynamicznych procesów aktywujących, działających na nieciągłości obecne w podłożu skał karbońskich. Na podstawie mechanizmów ogniskowych i wyników inwersji naprężeń, opisałem szczegółowo rolę lokalnych systemów uskokowych i dostosowałem do nich wzorzec strukturalny. Innymi słowy, analizując obecne mechanizmy wstrząsów górniczych udało się odtworzyć typy uskoków w obrębie synkliny bytomskiej i tym samym odnieść się do regionalnego układu tektonicznego. Asymetria synkliny bytomskiej jest efektem mechanizmu fałdowania opisanego przez Tepera (2000), który wskazuje, że fałdowanie w północnej i wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego było odpowiedzią na ruchy przesuwcze wzdłuż głęboko zakorzenionych uskoków w podłożu.

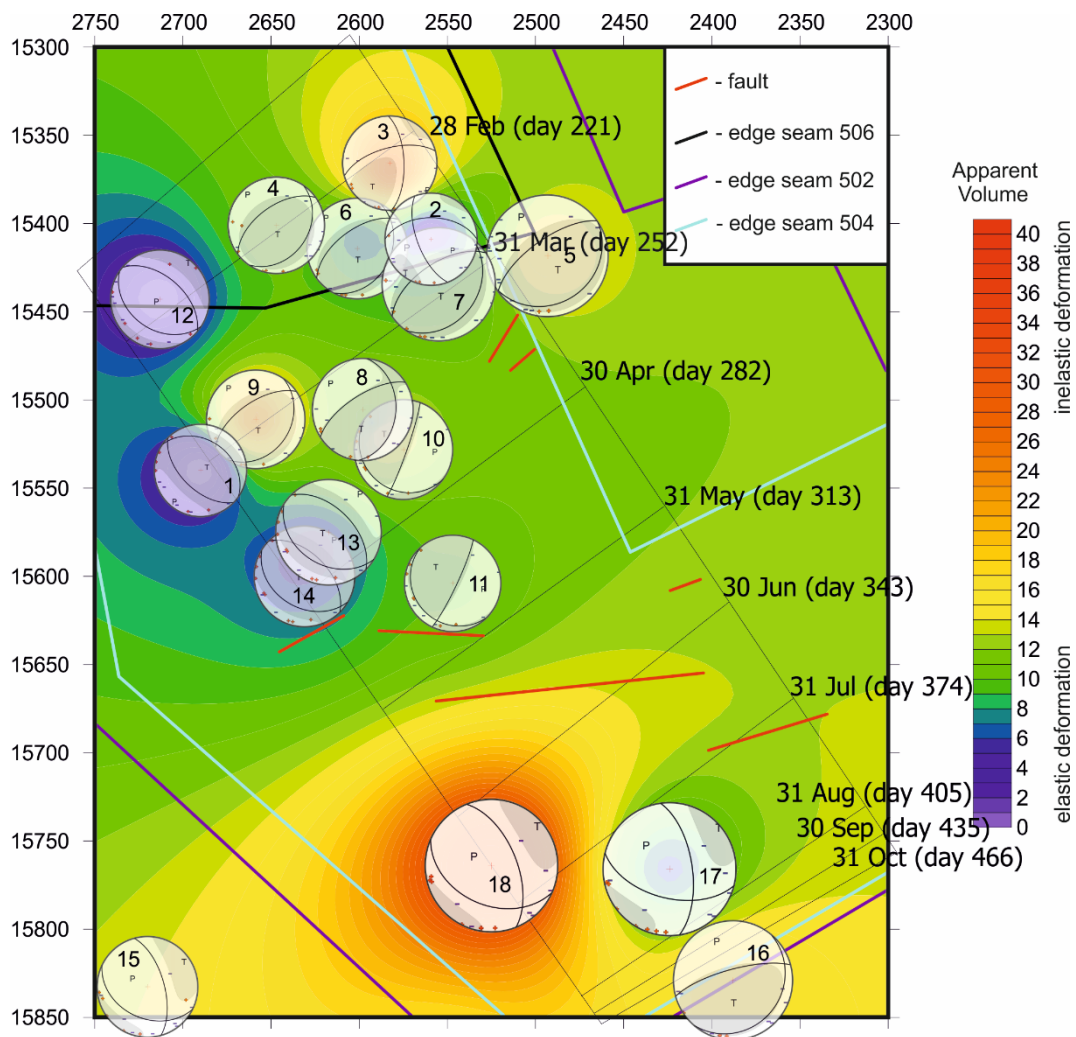
Wyniki prac pokazały, że wykorzystanie analiz tensora momentu sejsmicznego oraz jego inwersji w celu uzyskania głównych kierunków naprężeń stanowią bogate źródło informacji o geodynamice górotworu, pozwalają na odkrycie lokalnych kierunków spękań towarzyszących uskokom i ustaleniu zmian reżimów naprężeń. Artykuł prezentuje, jak dokładnie można poznać przyczyny sejsmiczności i wskazuje na możliwości wykorzystania zaprezentowanej metodyki badań do zrozumienia występowania zagrożeń sejsmicznych w kopalniach. W omówionej pracy byłem autorem większości treści, opisu dyskusji i wniosków, a także przygotowałem ryc. 4, 5, 6 i 7 (w artykule) bazując na wynikach badań oraz przygotowałem tab. 1 i 2.

Drugim sposobem badania źródła sejsmicznego jest wykonanie analizy parametrów spektralnych źródła. Parametry spektralne źródła sejsmicznego odnoszą się do charakterystyk spektralnych energii generowanej przez to źródło w różnych częstotliwościach. Są one istotne w analizie sejsmicznej i pomagają w zrozumieniu natury trzęsień ziemi oraz w ocenie ich potencjalnego wpływu na otoczenie. Wyróżnia się dwa podstawowe parametry: poziom spektralny i częstotliwość narożną. Następnie obliczane są pochodne parametry takie jak: skalarny moment sejsmiczny, energia sejsmiczna, promień źródła sejsmicznego, magnituda momentu sejsmicznego, spadek naprężeń, naprężenie pozorne (Mendecki 1997). W pracy Wojtecki i in., (2020), której jestem współautorem, podjęliśmy próbę wykorzystania wyników obliczeń parametrów spektralnych źródła, bazując na modelu Brune'a, do wyznaczenia zależności wartości danego parametru spektralnego od użytej masy ładunków wybuchowych, które wykorzystywane były podczas strzelań odprężających. Podziemne wydobywanie pokładów węgla w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym odbywa się na dużych głębokościach i głównie w pobliżu pozostałości po

pokładach wyeksploatowanych, co prowadzi do powstania warunków wysokiego naprężenia w górotworze. Usunięcie nadmiaru naprężeń prowadzone jest poprzez wykonanie strzelań odprężających (Wojtecki i in., 2020), które jest uznawane za działanie zapobiegawcze. W artykule Wojtecki i in., (2020) analizy wykonano, bazując na pomiarach sejsmiczności zarejestrowanej w trakcie eksploatacji pokładu węgla 506 w kopalni zlokalizowanej w Rudzie Śląskiej. Celem głównym badań była próba oceny efektywności strzelań odprężających. Natomiast moim zadaniem w tych badaniach było wykonanie analizy zależności parametrów spektralnych od masy ładunku materiałów wybuchowych i zweryfikowanie, czy zależność ta jest proporcjonalna (liniowa). Istotne dla tych badań i dalszych rozważań było wyznaczenie dwóch dodatkowych parametrów: objętości źródła (iloraz skalarnego momentu sejsmicznego i spadku naprężeń) oraz objętości pozornej źródła (iloraz skalarnego momentu sejsmicznego i podwójnego naprężenia pozornego) (Mendecki, 1997). Aktywna profilaktyka przeciwtąpianiowa wywoływała wstrząsy górnicze głównie bezpośrednio po strzelaniu. Zdarzały się przypadki pojawienia się wstrząsów z opóźnieniem. Dla zebranego katalogu zjawisk obliczono parametry spektralne źródła sejsmicznego omówione powyżej. Badania wykazały dość dobrą korelację pomiędzy objętością źródła i objętością pozorną a masą użytego materiału wybuchowego, co pozwoliło uznać oba parametry za dobre narzędzie diagnostyczne w dalszych pracach. Dodatkowo wyniki prac zasygnalizowały, że jest możliwość prognozowania rozmiarów wstrząsów górniczych w zależności od użytej masy ładunku. W omówionej pracy byłem współautorem konceptualizacji badań mających na celu analizę parametrów źródła wywołanych odprężeniem otworowym w trakcie eksploatacji ścianowej, przygotowałem część tekstu zawierającego opis parametrów źródła sejsmicznego, części wyniku dotyczącego zależności między parametrami źródła a masą ładunków i pomysłodawcą zastosowania objętości źródła i pozornej, części dyskusji oraz wizualizacji danych (ryc. 4, 5 i 6, w artykule).

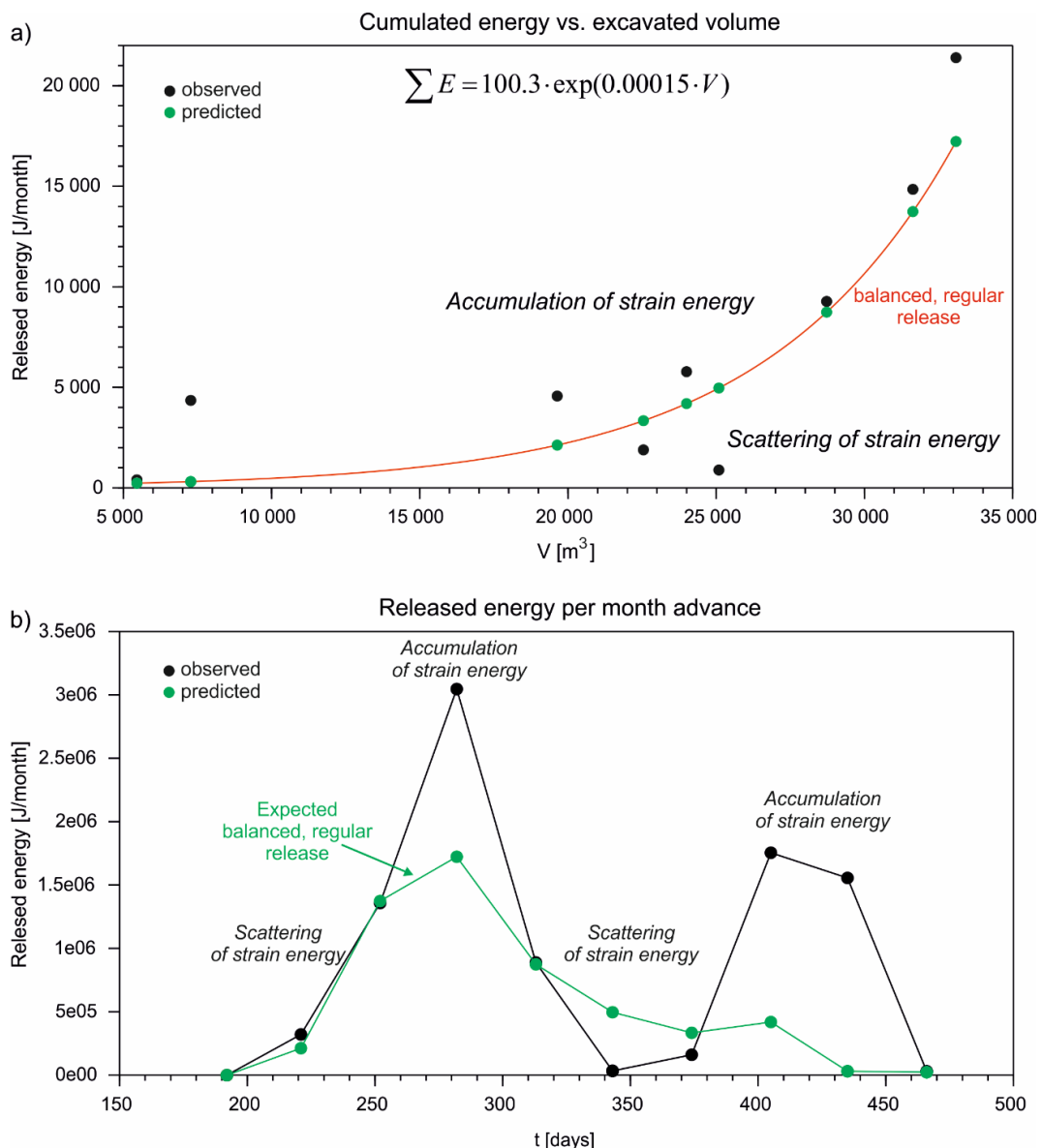
Poznanie mechanizmów źródła oraz obiecujące zależności wynikające z analizy objętości źródła i objętości pozornej pozwoliło na rekonstrukcję geodynamiczną górotworu w trakcie eksploatacji ściany w kopalni w Rudzie Śląskiej, w pokładzie 507. Publikacja Mendecki i in., (2021) omawia analizę przestrzenną i czasową stref sejsmicznych charakteryzujących się rozpraszaniem i akumulacją energii sprężystej w skałach stropowych. Wyniki badań pozwoliły na wskazanie gdzie występowały odkształcenia nieelastyczne i elastyczne. W tym celu wyznaczono pełne rozwiązanie tensora momentu sejsmicznego oraz analizy parametrów spektralnych źródła, które zostały wykorzystane do

uzyskania informacji na temat stopnia odkształceń ko-sejsmicznych: nieelastycznych i elastycznych (Ryc. 3). W omawianej pracy odpowiedzialny byłem za konceptualizację całych badań, większość obliczeń i przygotowanie tekstu oraz rysunków do manuskryptu. Opierając się na obliczeniach parametrów spektralnych, wykonałem mapowanie zmian objętości pozornej, która pozwala na identyfikację obszarów, gdzie odkształcenia w trakcie wstrząsu górniczego były nieelastyczne (wysokie wartości) lub miały charakter elastyczny (niskie wartości) (Mendecki, 1997). Mapa (Ryc. 3) pozwala wskazać obszary powiązane z dominującymi odkształceniami sprężystymi (elastycznymi), obserwowanymi na początku eksploatacji oraz z odkształceniami nieelastycznymi, które dominowały w końcowym etapie eksploatacji. Natomiast rozwiązania tensora momentu sejsmicznego wskazywały na lokalny charakter stref spękań, uskoków oraz ich azymutów i typów.



Ryc. 3. Rozkład przestrzenny pozornej objętości źródła wraz z rozwiązaniem pełnego tensora momentu sejsmicznego dla 18 najsilniejszych zdarzeń sejsmicznych (Mendecki i in., 2021)

Uzupełnieniem badań było powiązanie ilości wyzwolonej energii z miesięczną objętością wyeksploatowanego urobku. W artykule Mendecki i in. (2021) zaproponowałem potęgowe prawo opisujące tę relację. Następnie wykonałem model statystyczny pozwalający prognozować ilość energii wyzwolonej w zależności od objętości urobku i porównałem go z obserwacjami empirycznymi (Ryc. 4a). Rozbieżności pomiędzy wartościami obserwowanymi a przewidywanymi z modelu wskazywały na obszary i przedziały czasu w których energia sprężysta była akumulowana w górotworze oraz kiedy była rozpraszana (Ryc. 4b).



Ryc. 4. Wyniki obliczeń zależności energia wyzwolona-objętość urobku, a) model zależności uwolnionej energii od objętości wydobytych skał w porównaniu z wartościami obserwowanymi; b) odchylenia obserwowanego uwalniania energii w ciągu miesiąca od wartości przewidywanych/oczekiwanych w funkcji czasu

Zestawienie powyższych wyników pozwoliło na wyodrębnienie trzech głównych typów zachowania się skał górotworu. Pierwszy przypadek dotyczył sytuacji, w której zaobserwowana uwolniona energia jest prawie równa przewidywanej, a objętość pozorna jest niewielka, a zatem w górotworze dominowało odkształcenie sprężyste, które obserwowane było na początku eksploatacji ściany. Energia sejsmiczna w tym przypadku nie została rozproszona i nie była transferowana do sąsiednich nieciągłości lub innych miejsc osłabienia górotworu. Drugi typ zachowania górotworu dotyczył przypadku wyzwolania energii sejsmicznej, której wartość jest większa niż przewidywana, a pozorna objętość źródła posiadała względnie dużą wartość (dominowały odkształcenia niesprężyste). Takie zachowanie wynikało z procesu koncentracji energii sprężystej w górotworze podczas eksploatacji, a energia nie była efektywnie rozpraszana. Trzeci typ zachowania związany był również z uwolnieniem energii większej niż przewidywana, ale pozorna objętość źródła wstrząsu górniczego była niewielka - dominowała deformacja sprężysta. Taka sytuacja w górotworze stwarza sprzyjające warunki do generowania dużej liczby zdarzeń sejsmicznych, ponieważ zaistniała duża koncentracja energii sprężystej, która nie mogła się skutecznie rozproszyć ze względu na brak sąsiednich obszarów osłabienia górotworu. Opisane kombinacje nie uwzględniają sytuacji, w której zaobserwowana uwolniona energia jest mniejsza niż przewidywano, a pozorna objętość jest duża, a zatem w źródle dominowało odkształcenie niesprężyste, co wskazuje na to, że taka sytuacja nie sprzyja powstawaniu wstrząsów górniczych.

Uzupełnieniem rekonstrukcji historii geodynamicznej górotworu było wykonanie analizy zagrożenia sejsmicznego. Zagrożenie sejsmiczne w interwałach 10-dniowych obliczyłem wykorzystując rozkład Gutenberga-Richtera dla magnitud lokalnych wstrząsów górniczych oraz wyznaczyłem dystrybuantę maksymalnych magnitud (Lasocki, 1994). Wykazałem tym samym okresy, dla których poziom zagrożenia sejsmicznego był wysoki i nie miał związku z postępem ściany i objętością wydobywanego urobku, a tym samym zagrożenie musiało być wywołane czynnikami geologicznymi i innymi górniczymi, co dokładnie przeanalizowałem w omawianym artykule (Mendecki i in., 2021).

Kompleksowe podejście do analizy przyczyn sejsmiczności górniczej w celu poprawy przyszłego prognozowania zagrożenia sejsmicznego zaprezentowano również w artykule Wojtecki i in. (2021), którego jestem współautorem. Celem badań było wykazanie, że zroby i krawędzie wyeksploatowanych pokładów znajdujące się w dużej odległości od eksploatowanej ściany również mają wpływ na jej sejsmiczność i na procesy geodynamiczne w jej obrębie. Moim wkładem w omawiany artykuł było przeprowadzenie

analizy zagrożenia sejsmicznego w trakcie eksploatacji. Wyniki tej analizy wskazały okresy o zwiększonym ryzyku sejsmicznym, który powiązałem z obecnością odległych krawędzi i zrobów starych pokładów węgla. W tym przypadku zastosowałem jako obserwabłą wartość energii sejsmicznej E , bazując na rozkładzie Pareto, wyznaczyłem dystrybuantę maksymalnych energii (Lasocki, 1994). Następnie uzupełniłem dyskusję wyników o czasowe zmiany prawdopodobieństwa wystąpienia silnego zjawiska sejsmicznego o energii $>10^5$ J. Jako uzupełnienie do omawianych wyników przygotowałem również zmiany parametru b w czasie. W omówionej pracy byłem współautorem konceptualizacji badań mającej na celu ocenę zagrożenia sejsmicznego wywołanego oddziaływaniem odległych krawędzi pokładów węgla, przygotowałem część tekstu, w tym fragmenty wstępu, rozdziałów dotyczących metodyki i opisu wyników analiz zagrożenia sejsmicznego, metodologii i wyników wyzwalania odkształceń Benioffa (patrz następny rozdział autoreferatu) oraz częściowo odpowiadałem za wizualizację danych (ryc. 7, 8 i 9, w artykule).

III. Prognoza silnych zjawisk sejsmicznych – metoda BSR

W omawianych pracach włączonych do cyklu: Mendecki i in. (2020) oraz Wojtecki i in. (2021) wsparłem analizę przyczyn sejsmiczności nowatorską metodą wyznaczania skumulowanych odkształceń Benioffa. Odkształcenie Benioffa to pierwiastek z energii, a jego zastosowanie w próbach prognozowania silnych zjawisk było, zamiennie ze skalarnym momentem sejsmicznym, wykorzystane w badaniach nad sejsmicznością naturalną. Model prognozujący wystąpienie silnego trzęsienia ziemi wywodzi się z prawa charakteryzującego relację pomiędzy przyspieszeniem a prędkością pojawiania się nowych spękań w badanej próbce (Voight, 1989). Prawo Voight'a zostało zastosowane w szerszym kontekście i użyto go do badania pęknięcia górotworu, a na jego podstawie utworzono metodę opisującą charakter wstrząsów naturalnych. Jest ona rozwinięciem równania opisującego mikropęknięcia próbek, które w ostateczności prowadzą do wystąpienia katastrofy w momencie pojawienia się pęknięć krytycznych rozchodzących się dynamicznie w fazie nukleacji (Mendecki i in., 2019). Metoda oparta na modelu BSR (*Benioff strain release*) była szeroko wykorzystywana do badania obszarów o sejsmiczności naturalnej (np.: Brehm i Braile, 1998; Cianchini i in., 2020). Możliwości jej zastosowania w odniesieniu do wstrząsów indukowanych działalnością człowieka wciąż nie zostały szerzej zbadane, choć pierwsza praca naukowa podejmująca tę tematykę pojawiła się w 1997 r. (Mendecki, 1997).

W artykule Mendecki i in., (2019), który jest częścią cyklu, zaproponowałem po raz pierwszy podstawowe założenia metody BSR. W określonych warunkach istnieje możliwość przewidzenia wystąpienia silnego wstrząsu. W tym celu śledzi się przebieg prekursorów głównego wstrząsu w postaci wstrząsów poprzedzających (Brehm i Braile, 1998), za pomocą modelu przyspieszenia wyzwalania skumulowanych odkształceń Benioffa:

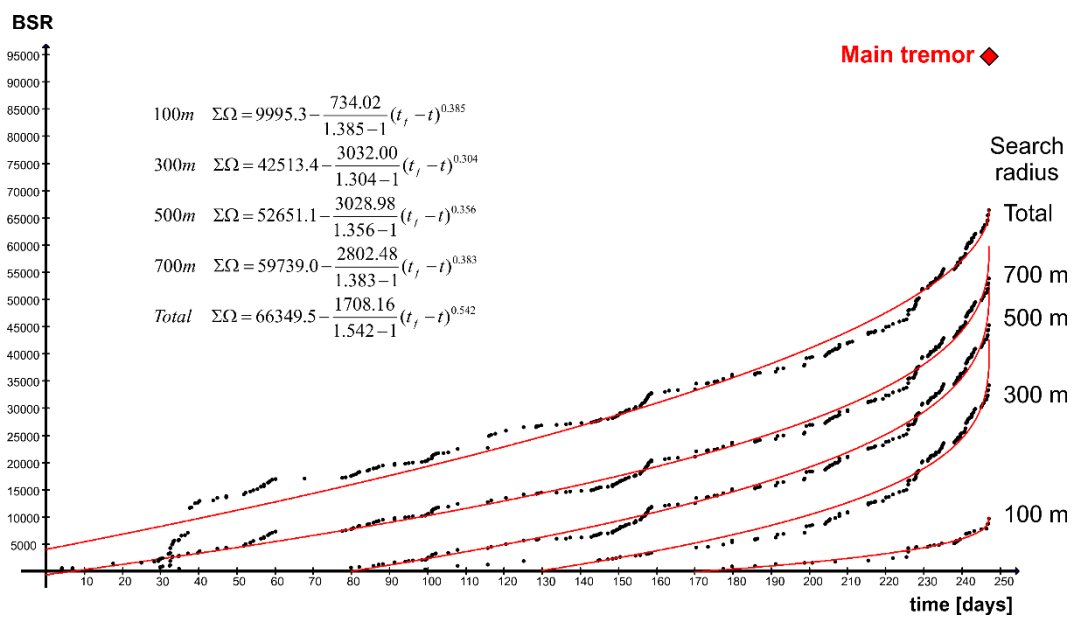
$$\sum \Omega = k_0 - k(t_f - t)^m$$

gdzie: \sum - procedura kumulowania wartości, Ω - miara aktywności sejsmicznej obliczona z energii wstrząsów, magnitudy bądź momentu sejsmicznego, a dla sejsmiczności górniczej - odkształceń Benioffa, k_0 , $k = k'/(n-1)$ - stałe, $m = n-1$ - współczynnik krzywizny, t_f - czas wystąpienia katastrofy (prognozowanego silnego wstrząsu). Stosując odpowiednie równanie można w ten sposób obliczyć czas wystąpienia wstrząsu oraz jego magnitudę.

Badania w artykule Mendecki i in., (2019) wykonane zostały dla trzech ścian eksploatacyjnych w dwóch kopalniach w Bytomiu i Rudzie Śląskiej. Każda ze ścian charakteryzowała się innymi warunkami geologiczno-górnictwymi. Pozwoliło to na zauważenie kilku wzorców zachowania się krzywych BSR. Głównie dotyczyło to spowolnienia i przyspieszenia wyzwalania odkształceń Benioffa. Również zidentyfikowałem okresy kiedy wyzwalanie było jednostajne. Kluczowym dla interpretacji okazało się znalezienie wartości parametru m w modelu statycznym Benioffa. Częściowe wyjaśnienie takiego zachowania dla sejsmiczności naturalnej podali Jiang i Wu (2006) wskazując, że dla $m < 1$ sejsmiczność ma charakter przyspieszający, dla $m > 1$ spowalniający. Uzupełniłem to wyjaśnienie o warunek $m = 1$ lub bardzo bliski jedności, jako reprezentacje jednostajnego wyzwalania energii w trakcie eksploatacji górniczej. Interpretacja geologiczno-górnictwowa parametru m , jaką zaproponowałem, polegała na przyjęciu założenia, że proces przyspieszenia wyzwalania energii sejsmicznej przed silnym wstrząsem występuje w ośrodku silnie heterogenicznym z wieloma nieciągłościami, na których stopniowo wyzwała się energia sprężysta. Spowolnienie wyzwalania związane jest z ośrodkiem w miarę jednorodnym, gdzie energia jest akumulowana i nie jest rozpraszana na nieciągłościach. Wyzwalanie jednostajne natomiast odpowiada sytuacji, gdy ściana jest eksploatowana w warunkach odprężonego górotworu (np. po strzelaniu odprężającym), a postęp frontu ściany wyzwała miarodajnie proporcjonalną ilość energii.

W badaniach opublikowanych w Mendecki i in. (2019) po raz pierwszy zastosowałem metodę „promienia docelowego” (*target radius*) dla sejsmiczności górniczej. Wcześniej

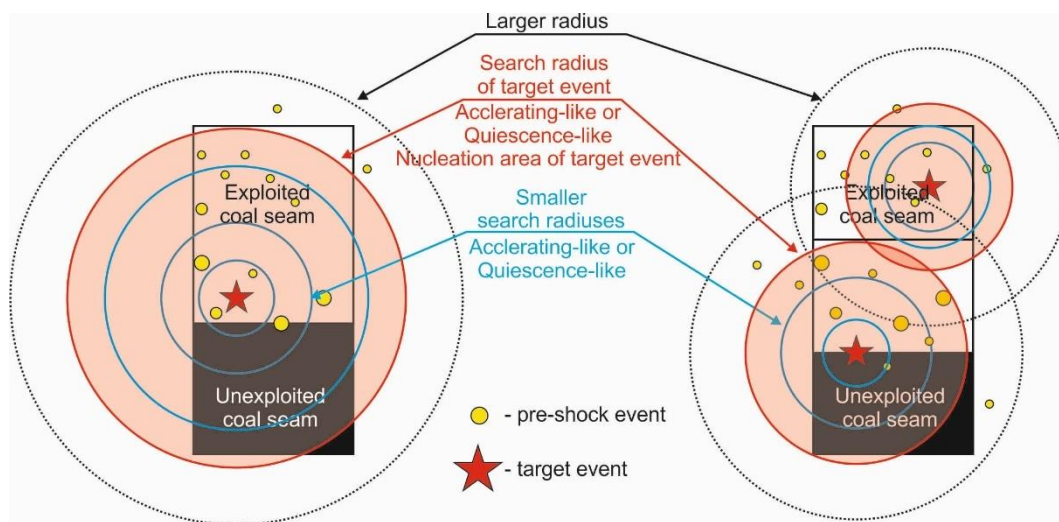
takie podejście było stosowane dla sejsmiczności naturalnej (np. Jiang i Wu, 2006). Podejście to ma na celu znalezienie takiego promienia w przestrzeni górotworu, dla którego model BSR posiada najlepsze dopasowanie i ocenę statystyczną (Bowman i in., 1998). Przykład zastosowania podejścia „promienia docelowego” zaprezentowano na Ryc. 5, która reprezentuje całą jego ideę. Rycina 5 przedstawia wyniki dla ściany eksploatacyjnej w kopalni Bobrek w Bytomiu. W trakcie eksploatacji wystąpił jeden silny wstrząs wraz z sekwencją poprzedzającą. Następnie, wybierano wstrząsy zlokalizowane w odległości do 100 m od wstrząsu głównego (*target event*), i kolejno do 300 m, do 500 m, do 700 m oraz uwzględniono zbiór wszystkich wstrząsów wokół wyrobiska (Ryc. 5). Wykonałem analizę statystyczną zgodnie z Bowman i in., (1998), która wskazała, że nukleacja silnego wstrząsu miała promień 700 m. Dla tego przykładu wszystkie krzywe miały przebieg przyśpieszający, ale najlepsze dopasowanie otrzymano dla wspomnianych 700 m.



Ryc. 5. Przykład typów wyzwania energii sejsmicznej z eksploatowanego pola ścianowego w kopalni Bobrek w Bytomiu. Skumulowane krzywe uwalniania energii sejsmicznej od dołu do góry odpowiadają promieniowi obszaru poszukiwań (*target radius*) odpowiednio 100 m, 300 m, 500 m, 700 m i całkowitej liczbie zaobserwowanych zdarzeń. Czerwone krzywe to modele statystyczne dopasowane do danych obserwacyjnych. Czerwony kwadrat reprezentuje „docelowy” wstrząs (*target event*) (Mendecki i in., 2019).

Przeanalizowane sekwencje poprzedzające dla trzech ścian w pracy Mendecki i in., (2019) pozwoliły mi na wykonanie schematycznego modelu pokazującego ideę podejścia promienia „docelowego” (Ryc. 6) dla sytuacji górniczej.

Wyniki badań zaprezentowane w omawianym wyżej artykule, zachęciły mnie do wykorzystania modelu BRS w dalszych analizach, które miały na celu poszukiwanie wzorców BSR w kopalniach oraz ich przydatności w interpretacji historii geodynamicznej górotworu. W artykule Mendecki i in. (2021), którą omawiałem w części poświęconej wykorzystaniu rozwiązania tensora momentu sejsmicznego i parametrów spektralnych źródła do odtworzenia historii geodynamicznej górotworu, uzupełniłem dyskusję o analizę zachowania się obserwowanych krzywych BSR w trakcie eksploatacji ściany.

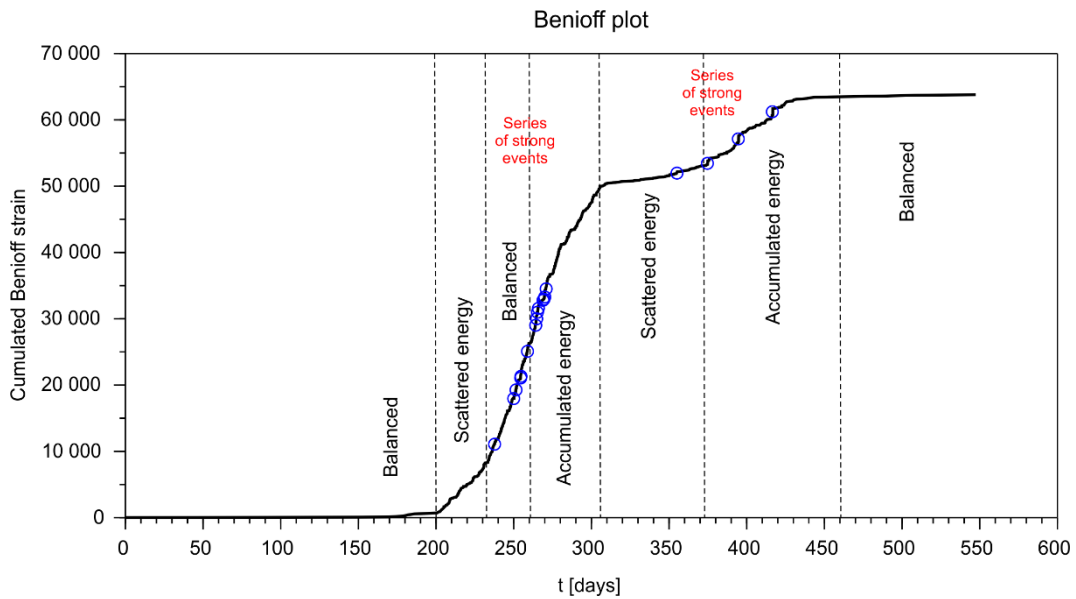


Ryc. 6. Modele ścian wraz z promieniami „docelowymi” dla przypadków: jednego zdarzenia „docelowego” i dwóch, czerwony — promień zdarzenia „docelowego” (krytyczny), niebieski — mniejsze wybrane promienie, czarny — promień większy niż promień zdarzenia „docelowego” (Mendecki i in., 2019).

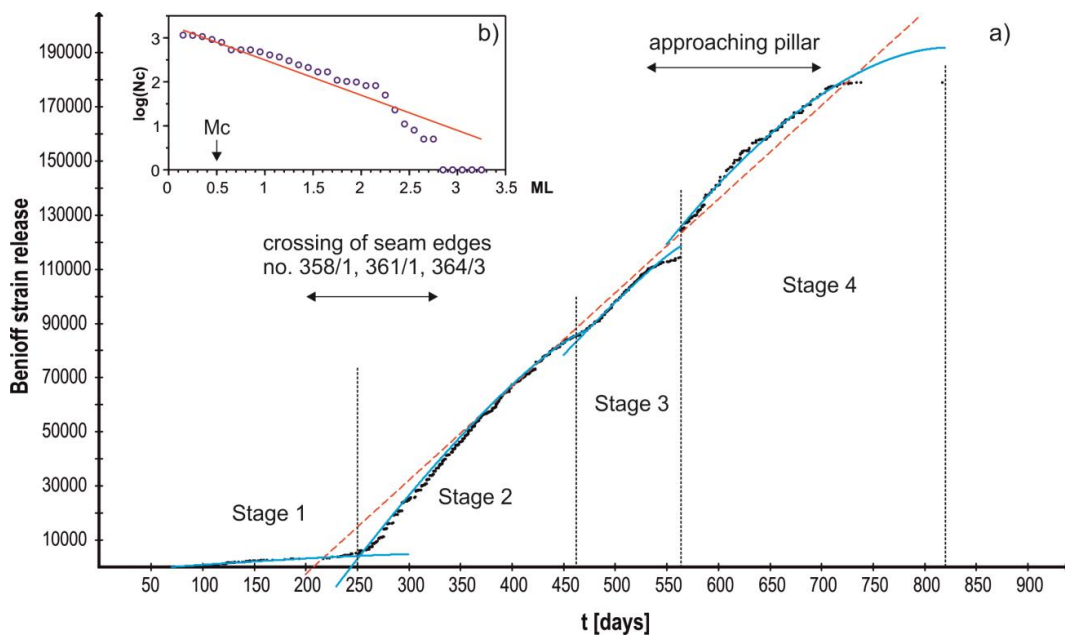
W tym artykule powiązałem zmiany odkształceń w górotworze ze zmianami w sposobie wyzwalania odkształceń Benioffa (Ryc. 7). Obserwowane zmiany wyzwalania BSR z tempa spowolnionego na przyspieszony lub liniowy i odwrotnie pozwoliły na głębszą interpretację procesów elastycznych i nieelastycznych zachodzących w górotworze w trakcie eksploatacji. Finalnie, wskazałem kilka faz o różnym okresie trwania, dla których stan dynamiczny górotworu był w równowadze, sprzyjał akumulowaniu lub rozpraszaniu energii (Ryc. 7).

Ustalenie zasad tworzenia modeli BSR w artykule Mendecki i in., (2019) umożliwiło także wykorzystanie tego podejścia w pracy Wojtecki i in. (2021), która była już omawiana w poprzednim rozdziale. W tym przypadku metoda BSR stanowiła uzupełnienie dyskusji wyników i była podparciem dla opracowanych wniosków. Analiza wykresu BSR umożliwiła mi wyinterpretowanie czterech etapów wyzwalania (Ryc. 8). Wszystkie cztery interpretowane sekwencje charakteryzowały się spowolnieniem wyzwalania ($m > 1$),

typowym dla nienaruszonego górotworu. Interpretacja krzywych BSR wskazała, że silne wstrząsy górnicze mogły pochodzić od oddalonych krawędzi pokładów.



Ryc. 7. Wykres Benioffa. Niebieskie kółka oznaczają analizowane 18 silnych zdarzeń sejsmicznych (Mendecki i in., 2021).



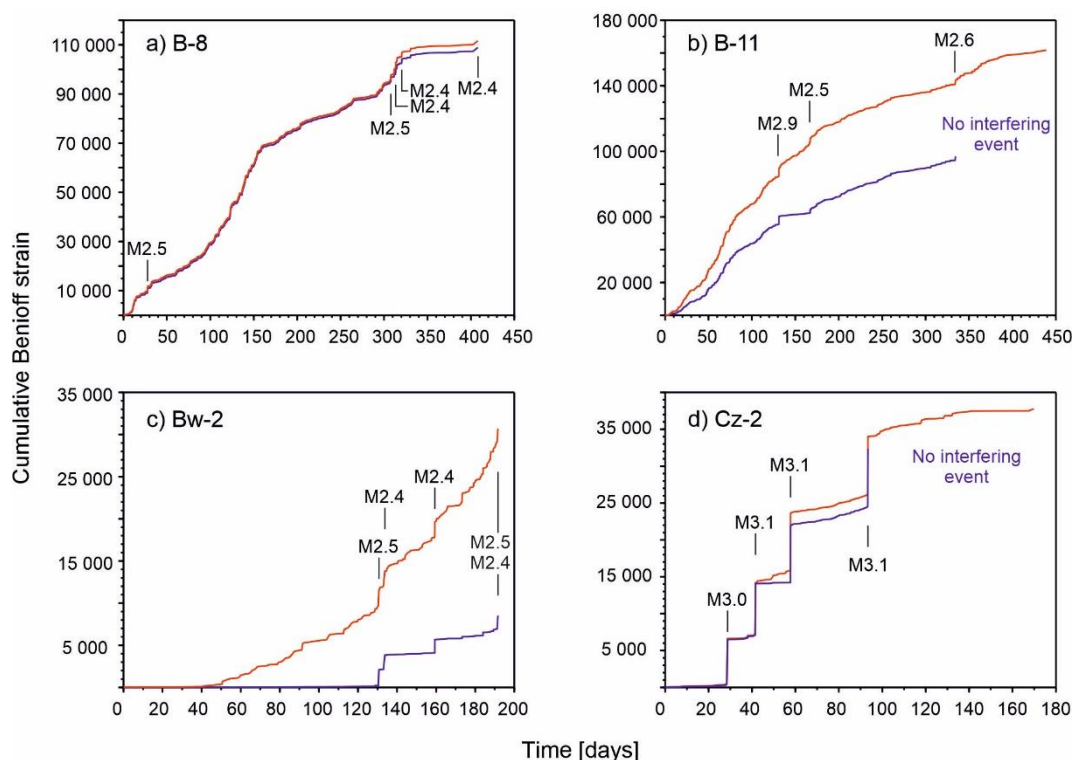
Ryc. 8. Wyniki analizy odkształcenia Benioffa: (a) wykres Benioffa, czarne kropki to BSR; czerwona linia przerywana to trend liniowy w całym okresie wyników oceny zagrożenia sejsmicznego; niebieskie linie ciągłe odpowiadają czterem modelom BSR; (b) rozkład Gutenberga-Richtera obliczony dla całego katalogu, niebieskie kółka – zaobserwowane liczebności, czerwona linia – model Gutenberga-Richtera (Wojtecki i in., 2021)

Wspomniane powyżej podejście BSR nie uwzględniało tłumienia wpływu wstrząsów poprzedzających, które zlokalizowane były w większej odległości od zdarzenia docelowego. W omówionych powyżej badaniach każdy proces nukleacji silnego zdarzenia sejsmicznego mógł być wyjaśniony poprzez charakter sekwencji poprzedzającej. Jednakże proces może mieć ograniczenia przestrzenne i według De Santis et al., (2015) istnieje określony promień krytyczny, poza którym zjawiska poprzedzające dają odpowiednio stłumiony wkład (pomniejszony). Szczegółowy opis metodyki analizy BSR, uwzględniający tłumienie poza promieniem krytycznym zostało opisane przez Cianchini i in., (2021), a więc dopiero po opublikowaniu opisanych wyżej artykułów. Z tego powodu podejście nazwane *Revised-BSR* nie zostało w nich uwzględnione. Niemniej jednak, przeprowadziłem takie analizy w 2022r., które zostały opublikowane w materiałach konferencyjnych *3rd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, która odbyła się w Bukareszcie w dniach 5-9 września. 2022r. Materiały te nie zostały uwzględnione w cyklu, ponieważ nie spełniają wymogów Ustawy. Przygotowany przeze mnie rozszerzony abstrakt zawierał wyniki zastosowania podejścia *Revised-BSR* (Ryc. 9a-d) do danych zebranych przez kopalnię Budryk w Ornontowicach (dla czterech ścian eksploatacyjnych w pokładzie 401). Przedstawione wyniki badań wskazały na kilka wzorców lub typów uwalniania odkształceń Benioffa w kopalniach. Wyróżniłem tutaj (Mendecki, 2022):

- Typ 1 - eksploatacja pokładu węgla kamiennego odbywała się w otoczeniu względnie jednorodnym, bez naturalnych uskoków i zrobów, co wpłynęło na charakter BSR, nadając mu typ przyspieszenia wyzwalania BSR, kończący się silnym wstrząsem;
- Typ 2 - eksploatacja pokładu węgla odbywała się w otoczeniu naturalnych uskoków lub zrobów (ośrodek niejednorodny), co doprowadziło do spowalniania wyzwalania BSR;
- Typ 3 - obecność zrobów w pokładach wyżejległych nadawało tempu wyzwalania BSR charakter jednostajny, zbliżony do typu 2, przy czym warunki geologiczne prowadziły do rozładowania naprężeń w górotworze, więc prowadzona eksploatacja nie generowała akumulacji ani rozpraszania energii, a powstałe naprężenia były wyzwalane równo z postępem eksploatacji.

Ponadto, ogólny wniosek jaki wykazałem w pracy Mendecki (2022) jest taki, że zastosowanie metody *Revised-BSR* znacznie ułatwia interpretację krzywych, czyniąc je bardziej jednoznacznymi. Powyższe trzy typy wzorców wyzwalania BSR potwierdziły obserwacje omówione we wcześniejszej mojej pracy Mendecki i in., (2019), wykazując

tym samym, że metoda analizy tempa wyzwalaenia odkształceń Benioffa może posłużyć prognozowaniu zjawisk sejsmicznych w kopalniach.



Ryc. 9. Wyniki porównania zwykłej metody BSR (czerwone linie) i metody Revised-BSR (niebieskie linie) dla ścian eksploatacyjnych w kopalni Budryk (Mendecki, 2022).

IV. Prognoza skutków na powierzchni

Ostatnim elementem przedmiotowego cyklu jest prezentacja modeli statystycznych pozwalających prognozować negatywne skutki na powierzchni. Temat ten mógłby stanowić osobny cykl, ale ze względu na spójne badania nad zagrożeniami w kopalniach węgla kamiennego na Górnym Śląsku, dwie prace dotyczące modeli prognozujących drgania gruntu zostały tutaj włączone. Analiza negatywnych skutków drgań na powierzchni z wykorzystaniem modeli relacji tłumienia (nieuwzględniające efektów lokalnych przy powierzchni) oraz modeli prognozujących drgania (uwzględniające zjawisko lokalnej amplifikacji względnej) wykonywane w Polsce były zarówno dla obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), jak i dla Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM). Dla obszaru LGOM opublikowano szereg prac (Lasocki, 2002, 2013; Olszewska, 2006, 2008). Natomiast dla GZW duży wkład w tematyce modeli prognozujących mieli: Mutke (1991); Dubiński i in., (2005); Frej i Zuberek (2008); Stec i Chodacki, (2014);

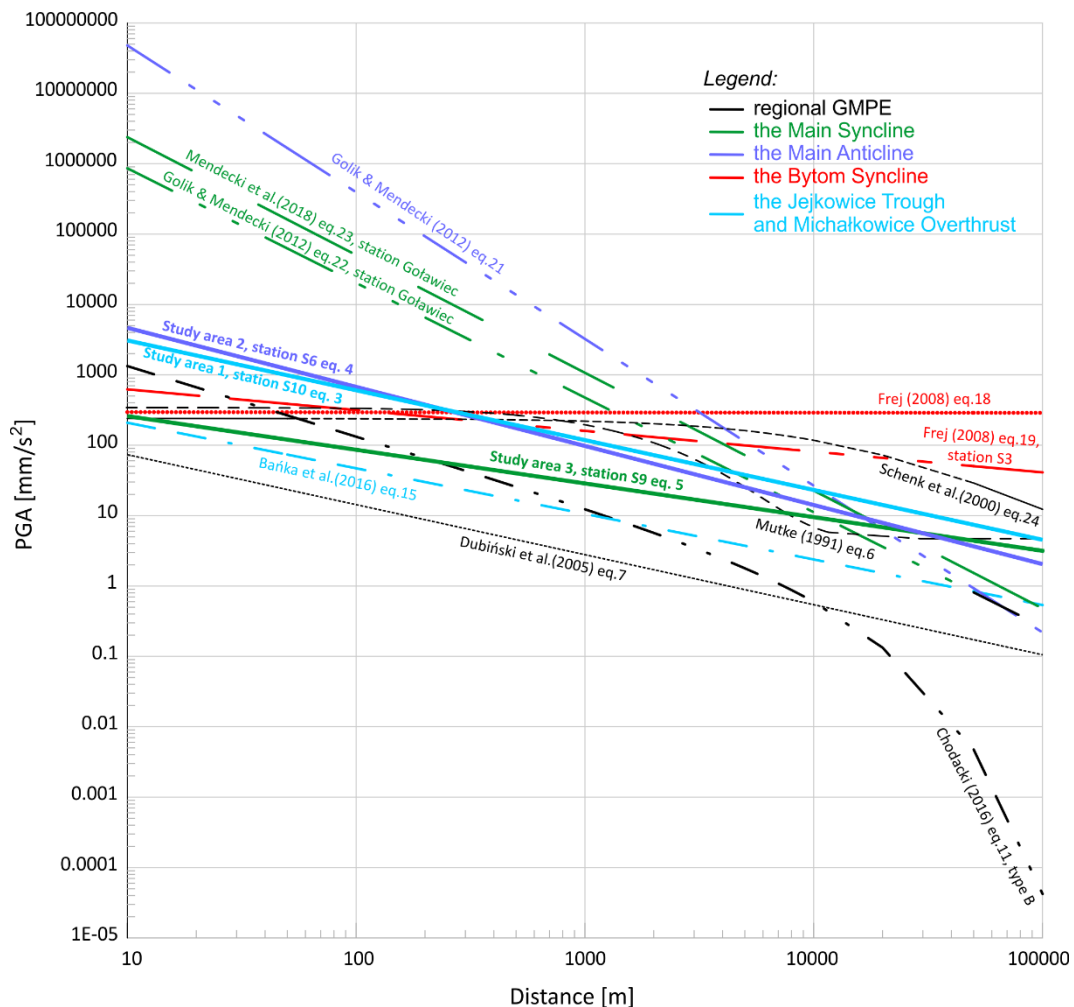
Chodacki (2014, 2016) oraz Bańka i in., (2016). Z kolei praca Schenk i in. (2000) stanowiła opracowanie dla całego obszaru Polski, Czech i Słowacji.

Patyńska i in. (2019) wykazali, że rozkład jednostkowego wydatku energetycznego w różnych jednostkach strukturalnych jest zróżnicowany. Postępujący spadek wydobywania w kopalniach znajdujących się w rejonie niecki jejkowickiej i nasunięcia michałkowickiego oraz siodła głównego stowarzyszony był ze spadkowym trendem wydatku energetycznego. Natomiast odwrotna sytuacja obserwowana jest dla niecki głównej, gdzie ten trend miał charakter wzrastający. Prowadzić to może do powstania silnych wstrząsów górniczych, których poziom energii odpowiada trzęsieniom ziemi o magnitudach M3,8–M4,0, powodujących realne zagrożenie dla budynków i infrastruktury na powierzchni. Zmniejszenie wydobywania węgla i aktywności sejsmicznej nie wyklucza rosnącej liczby wstrząsów o energiach powyżej 10^6 J ($>M2,2$) (Patyńska et al. 2019). Dlatego też prognozowanie negatywnych skutków na powierzchni jest wybitnie istotne dla obszaru Górnego Śląska.

Temat wyznaczania przez mnie statystycznych modeli prognozujących drgania na wybranych obszarach górniczych rozpoczęty został jeszcze przed doktoratem. W artykule Golik i Mendecki (2012) przeanalizowałem modele prognozujące drgania gruntu (*Ground-Motion Prediction Equations, GMPE*) dla dwóch obszarów górniczych kopalni Bielszowice w Rudzie Śląskiej i Ziemowit w Bieruniu. Uzupełnieniem badań w kopalni Ziemowit był artykuł Mendecki i in., (2018), który stanowi część niniejszego cyklu. W tym artykule baza danych o wstrząsach górniczych została powiększona, a także, opierając się na pracy Lasockiego (2013), zastosowałem rozbudowane analizy statystyczne służące ocenie poprawności otrzymanego modelu. Wnioskiem z pracy było stwierdzenie, że zaproponowany model GMPE może być wykorzystany do przyszłej prognozy wartości szczytowych amplitud przyspieszenia (*Peak Ground Acceleration, PGA*) w centralnej części niecki głównej. Wiarygodność modelu została potwierdzona przez analizę reszt; wartość współczynnika determinacji, standardowy błąd oszacowania; analizę średnich reszt względem otrzymanych dla danego stanowiska. Uzyskane z modelu względne współczynniki amplifikacji zgadzały się z wartościami spodziewanymi dla lokalnej budowy geologicznej. Praktycznym wnioskiem wynikającym z tej pracy jest określenie największego zagrożenia sejsmicznego, które spodziewane jest na obrzeżach niecki głównej (N, NE i SE). W tym artykule mój wkład polegał na zainicjowaniu i konceptualizacji badań mających na celu analizę równania predykcji ruchu gruntu i charakterystykę efektów lokalnych dla centralnego obszaru niecki głównej,

przygotowanie głównej części tekstu, w tym wstępu, charakterystyki terenu, danych i metodologii, części wyników i dyskusji, wniosków oraz wszystkich wizualizacji danych i tabel.

Zebrane dane z kolejnych obszarów górniczych: kopalni Rydułtowy i Marcel, kopalni Wujek i Murcki-Staszic, i kopalni Sobieski oraz analiza dotychczasowych modeli wypracowanych dla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego umożliwiły mi przygotowanie pracy Mendecki i in., (2021). Omawiane obszary górnicze znajdowały się odpowiednio na niecce jejkowickiej i nasunięciu michałkowickim, siodle głównym i niecce głównej. Przedstawione w mojej pracy wyniki obliczeń i dyskusji stanowią uzupełnienie obecnego stanu wiedzy dotyczącego modeli prognozujących drgania na powierzchni i zagrożenia sejsmicznego w Polsce o badane obszary GZW (Ryc. 10).



Ryc. 10. Wykres podwójnie logarytmiczny przedstawiający porównanie wybranych modeli z GZW z modelami obliczonymi w tym opracowaniu (Mendecki i in., 2021): obszar badań 1 – niecka jejkowicka i nasunięcie michałkowickie, 2 – siodło główne oraz obszar badań 3 – niecka główna; wszystkie obliczenia wykonano dla zdarzenia o energii 10^8 J.

W omawianym artykule porównałem parametry modeli otrzymane po regresji wielorakiej w celu poznania wpływu geologii na ich wartości, a zwłaszcza parametrów: gamma związanemu z odległością epicentralną/hipocentralną, który odpowiada geometrycznemu rozproszeniu (tłumieniu) fal sejsmicznych, oraz beta, który związany jest z rozmiarem źródła i charakteryzuje wpływ określonego rodzaju fali sejsmicznej docierającej do stacji sejsmicznych na powierzchni. W pracy wykazałem, że dla zwykłej regresji wielorakiej istnieją niejasności w rozwiązaniu, dlatego sprawdziłem, czy regresja ortogonalna może być bardziej odpowiednia do dalszych badań nad równaniami prognozującymi dla obszarów górniczych.

W dyskusji artykułu Mendecki i in. (2021) wykonałem porównanie modeli prognozujących drgania na powierzchni z różnych obszarów górniczych i tych opracowanych dla całego GZW. Porównanie pozwoliło mi opracować model statystyczny nieuwzględniający parametru gamma (współ. tłumienia). Następnie porównałem nowe modele (bez gamma) z modelami standardowymi i wykonałem analizę statystyczną otrzymanych wyników regresji oraz głębszą dyskusję parametrów modelu. W tym celu wykorzystałem kryteria informacyjne Akaike (AIC) i bayesowskie (BIC) oraz analizę wariancji ANOVA do porównania dwóch zbiorów danych. Porównanie AIC i BIC potwierdza, że oba modele były dobrze dopasowane, dlatego moja motywacja do usunięcia parametru gamma może być wykorzystywana do poprawy dopasowania i zwiększenia możliwości predykcyjnych modelu. W omawianym artykule mój wkład w publikację polegał na zainicjowaniu i konceptualizacji badań, których celem była analiza modeli predykcji drgań gruntów wywołanych przez sejsmiczność w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym, przygotowanie głównych części tekstu, w tym wstępu, charakterystyki obszarów badań, opisu metodologii i wyników związanych z modelami drgań podłoża, opisu aktualnej wiedzy dotyczącej modeli GMPE dla GZW, części dyskusji i wniosków oraz całościowej wizualizacji danych i tabel.

V. Informacja o pozostałych osiągnięciach naukowych

Tematyka górnicza i sejsmologiczne przejawia się także w moich innych pracach. W tej części autoreferatu chciałbym opisać kilka pobocznych osiągnięć naukowych, które dotyczyć będą:

- płytkich badań geofizycznych, wykorzystujących metody geoelektryczne w badaniach związanych z eksploatacją górniczą;
- badań nad rekonstrukcją zjawisk sejsmicznych w przeszłości (paleosejsmologia).

Geofizyczne badania geoelektryczne wykonywałem zarówno w kopalni miedzi KGHM oraz na obszarach objętych średniowieczną i nowożytną płytką eksploatacją rud żelaza, cynku i ołowiu. W artykule Gołębiowski i in., (2018) wykonałem porównanie statystyczne dwóch modeli eksperymentalnych otrzymanych z pomiarów obrazowania oporu właściwego na dwóch typach elektrod: standardowych krótkich i długich odzwierciedlających kotwy w kopalni. Celem eksperymentu było wykorzystanie kotw zainstalowanych w stropie wyrobisk jako elektrod pomiarowych. Moim zadaniem było wykonanie analizy statystycznej wskazującej, że oba pomiary dały ten sam wynik. W tym celu wykorzystałem metodę analizy wariancji ANOVA, która jednoznacznie wskazała na wysokie podobieństwo wyników i pozwoliła stwierdzić, że kotwy mogą być stosowane jako zastępcze elektrody w wyrobiskach podziemnych, ułatwiając tym samym metodykę prac, ponieważ w przyszłych badaniach i ekspertyzach nie trzeba już wykonywać pracochłonnego stabilizowania elektrod standardowych.

W artykułach Warchulski i in. (2019) oraz Mendecki i in. (2020) skupiłem się na wykorzystaniu metod geoelektrycznych: obrazowania oporu właściwego 2D i kartowania konduktometrycznego (przewodność elektryczna) w celu określenia zasięgu występowania składowisk poeksploatacyjnych po kopalniach rud żelaza, cynku i ołowiu w Rudzie Śląskiej i Sławkowie. W pracy Warchulski i in. (2019) wykonałem kartowanie konduktometryczne i pełną interpretację wyników, które pozwoliły na wskazanie obszarów o dużej zawartości potencjalnie toksycznych pierwiastków. Interdyscyplinarne podejście do zagadnienia skażenia środowiska w wyniku pracy kopalni i huty wskazało dokładne miejsca nagromadzenia szkodliwych substancji, ponieważ po kartowaniu geofizycznym wykonano pobory prób gruntowych i wodnych do analiz mineralogicznych i geochemicznych, które potwierdziły obecność zanieczyszczeń. Natomiast w artykule Mendecki i in. (2020) wykorzystałem zestaw metod: obrazowania oporu właściwego i konduktometrię do okonturowania składowiska odpadów po hutnictwie żelaza. Badania geofizyczne uzupełniono o geochemiczne i mineralogiczne analizy laboratoryjne prób gruntowych. Otrzymane wyniki umożliwiły mi na wskazanie zasięgu składowiska oraz wykazały, że nie stanowi ono zagrożenia dla otaczającego środowiska, ponieważ na obrazie geofizycznym brak było śladów odcieków lub innych chmur rozproszonych zanieczyszczeń. Dodatkowo, badania wskazały na obecność obiektów archeologicznych w tym rejonie, które najprawdopodobniej są pozostałościami po fundamentach pieców hutniczych.

Drugim pobocznym osiągnięciem jest moja współpraca z dr Jackiem Szczygłem przy badaniach paleosejsmiczności i wpływu trzęsień ziemi na zachowanie się nacieków

w jaskiniach. Pierwszym moim wkładem w omawiane badania było przygotowanie artykułu Mendecki i Szczygieł (2019), w którym przedstawiłem podstawy fizyczne dla łamanych nacieków w jaskiniach widziane z nowej perspektywy, która dotyczyła opisu zjawisk w jaskiniach w podobny sposób jak zjawiska sejsmiczne w kopalniach. Omawiany artykuł wskazywał, że po wykluczeniu innych możliwych przyczyn złamania nacieku niż drgania, możliwe jest oszacowanie sił doprowadzających do zniszczenia nacieku. Wykonałem prognozy możliwych szczytowych amplitud przyspieszenia PGA oczekiwanych w jaskini i podjąłem próbę kalibracji przyspieszeń na możliwą magnitudę trzęsienia ziemi w zależności od odległości źródła od jaskini. Artykuł ten umożliwił powstanie następnych trzech prac (Szczygieł i in., 2020, 2021a, 2021b), których jestem współautorem. Artykuły te dotyczyły analizy połamanych nacieków i ich przyczyn w Jaskini Kalackiej oraz w Jaskini Demänovskiej i Jaskini Niedźwiedziej. Dla Jaskini Kalackiej w Tatrach (Szczygieł i in., 2020) przeprowadziłem analizy geofizyczne piasku wypełniającego jaskinie w celu ustalenia, czy mogły w nim powstać deformacje pod wpływem przechodzących fal sejsmicznych. Z przyjętego modelu amplifikacji drgań i zmierzonych parametrów sprężystych osadu oraz skał otaczających wyznaczyłem, jaka częstotliwość fal mogła wywołać rezonans w osadzie i utworzyć deformacje. W pracy Szczygieł i in., (2021a) dla reaktywowanego uskoku wykonałem analizę przemieszczeń Newmarka celem przetestowania hipotezy ślizgu grawitacyjnego oraz oszacowałem docelową możliwą magnitudę, która mogłaby spowodować złamanie nacieków w Jaskini Demänovskiej w Niżnych Tatrach. Z badań w Jaskini Niedźwiedziej w Kletnie (Szczygieł i in., 2021b) modele prognozujące drgania wskazały, że przyczyną połamanych nacieków mogło być silne zjawisko sejsmiczne, które wystąpiło na sudeckim uskoku brzeżnym. W tej pracy przygotowałem zarówno modele prognozujące drgania podłoża, jak również wykonałem analizę wytrzymałości nacieków w celu sprawdzenia, jakie siły powinny wystąpić, aby doprowadzić do ich zniszczenia. Pozwoliło to na oszacowanie docelowej magnitudy trzęsienia ziemi, jaka powinna wystąpić, aby fale sejsmiczne doprowadziły do połamania nacieków.

Literatura (podkreślone prace dot. cyklu publikacji):

- Bańka, P., Kołodziejczyk, P. & Lier, E. (2016) Wykorzystanie wyników pomiarów parametrów drgań gruntu do wyznaczenia wartości współczynnika amplifikacji drgań [The use of the results of ground vibrations measurements to determine the values of the vibration amplification factor], *Przeł. Górn.*, 72(4), 71—79.

- Bowman, D. D., Ouillon, G., Sammis, C. G., Sornette, A., & Sornette, D. (1998) An observational test of the critical earthquake concept. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 103(B10), 24359–24372.
- Brehm, D., Braile, L., (1998) Intermediate-term earthquake prediction using precursory events in the New Madrid Seismic Zone. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88, 2, s. 564-580.
- Brune, J.N. (1970) Tectonic Stress and the spectra of seismic shear wave from earthquakes. *Journal Geophysical Research*, 75, 4997-5009.
- Chodacki, J., (2014) Regionalne relacje tłumienia przyspieszenia drgań w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego [Regional relations of vibrations acceleration attenuation in the area of Upper Silesian Coal Basin], *Wiadomości Górnicze*, 7–8, 387–395.
- Chodacki, J., (2016) New ground motion prediction equation for peak ground velocity and duration of ground motion for mining tremors in Upper Silesia, *Acta Geophys.*, 64(6), 2449–2470.
- Cianchini G., Santis A., Giovambattista R., Abbattista C., Amorusa L., Campuzano S. A., Carbone M., Cesaroni C., Santis A., Marchetti D., Perrone L., Piscini A., Santoro F., Spogli L., (2020) Revised accelerated moment release under test: fourteen worldwide real case studies in 2014-2018 and simulations. *Pure and Applied Geophysics*, 2020 Springer Nature Switzerland AG.
- De Santis, A., Cianchini, G., Di Giovambattista, R. (2015) Accelerating moment release revisited: Examples of application to Italian seismic sequences. *Tectonophysics*, 639, 82-98.
- Dubiński, J., Stec, K. & Lurka, A., (2005) Oddziaływanie wstrząsów sejsmicznych na powierzchnię w zależności od ich parametrów fizycznych [Impact of seismic shocks on the surface depending on their physical parameters], pp. 134, *Główny Instytut Górnictwa*, Katowice.
- Frej, A. & Zuberek, W.M., (2008) Local effects in peak accelerations caused by mining tremors in Bytom Syncline Region (Upper Silesia), *Acta Geodyn. Geomater.*, 5(2), 115–122.
- Golik, A., & Mendecki, M. J. (2012) Ground-motion prediction equations for induced seismicity in the main anticline and main syncline, Upper Silesian Coal Basin, Poland. *Acta Geophysica*, 60, 410-425.

- Gołębiewski, T., Zogała B., Mendecki M.J., Małysa T. (2018) The utility of rock-bolts as long electrodes for underground ERT surveys in mine settings. *Journal of Applied Geophysics*, 155, 122-130.
- IS EPOS (2017) Epizod: BOBREK, <https://episodesplatform.eu/#episode:BOBREK>, doi:10.25171/InstGeoph_PAS_ISEPOS-2017-003.
- Jiang, C., & Wu, Z. (2006) Benioff strain release before earthquakes in China: Accelerating or not? *Pure and Applied Geophysics*, 163, 1965–1976.
- Kozłowska, M., Orlecka-Sikora, B., Rudziński, Ł., Cielesta, S., & Mutke, G. (2016). Atypical evolution of seismicity patterns resulting from the coupled natural, human-induced and coseismic stresses in a longwall coal mining environment. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 86, 5-15.
- Lasocki, S. (1994) Parametric or nonparametric analysis of induced seismicity sequences. W: *Proceedings of the SPE/ISRM Rock mechanics in petroleum engineering conference 1994*. Delft: Society of Petroleum Engineers.
- Lasocki, S. (2002) Attenuation relation for horizontal component of peak ground acceleration below 10 Hz frequency for the Polkowice region, *Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci. M-27*, 352, 79–90.
- Lasocki, S. (2013) Site specific prediction equations for peak acceleration of ground motion due to earthquakes induced by underground mining in Legnica-Głogów Copper District in Poland, *Acta Geophys.*, 61(5), 1130–1155.
- Marcak, H., & Mutke, G. (2013). Seismic activation of tectonic stresses by mining. *Journal of Seismology*, 17, 1139-1148.
- Mendecki, A. J. (1997). *Seismic monitoring in mines*. Springer Science & Business Media.
- Mendecki M.J. (2022) Revised Benioff strain release in mining seismicity. [W]: *Proceedings of the Third European Conference on Earthquake Engineering and Seismology – 3ECEES, September 4 - September 9 2022, Bucharest, Romania, 2022, București, Conspress, (red. Arion Cristian, Scupin Alexandra, Țigănescu Alexandru), 4547-4555.*
- Mendecki, M. J., Duda, A., & Idziak, A. (2018a) Ground-motion prediction equation and site effect characterization for the central area of the Main Syncline, Upper Silesia Coal Basin, Poland. *Open Geosciences*, 10(1), 474-483. <https://doi.org/10.1515/geo-2018-0037>.
- Mendecki, M. J., Wojtecki, Ł., & Zuberek, W. M. (2019). Case studies of seismic energy release ahead of underground coal mining before strong tremors. *Pure and Applied Geophysics*, 176, 3487-3508. <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02144-0>.

- Mendecki M., Szczygieł J. (2019) Physical constraints on speleothem deformations caused by earthquakes, seen from a new perspective: Implications for paleoseismology. *Journal of Structural Geology*, 126, 146-155.
- Mendecki, M. J., Szczygieł, J., Lizurek, G., & Teper, L. (2020a). Mining-triggered seismicity governed by a fold hinge zone: The Upper Silesian Coal Basin, Poland. *Engineering geology*, 274, 105728. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105728>.
- Mendecki, M. J., Warchulski, R., Szczuka, M., Środek, D., & Pierwoła, J. (2020b). Geophysical and petrological studies of the former lead smelting waste dump in Sławków, Poland. *Journal of Applied Geophysics*, 104080.
- Mendecki, M. J., Odrobińska, J., Patyńska, R., & Idziak, A. F. (2021a). Ground-motion prediction models evoked by seismicity in the Upper Silesia Coal Basin, Poland, the review with case studies. *Geophysical Journal International*, 224(2), 1381-1403. <https://doi.org/10.1093/gji/ggaa525>.
- Mendecki, M. J., Pakosz, R., Wojtecki, Ł., & Zuberek, W. M. (2021b). Spatiotemporal analysis of elastic and inelastic deformations in roof-rocks from seismological observations. *International Journal of Mining Science and Technology*, 31(2), 241-251. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.12.001>.
- Mutke, G., (1991) Metoda prognozowania parametrów drgań podłoża generowanych wstrząsami górniczymi w obszarze GZW [Method for parameters prediction of ground-motion generated by mining tremors in the USCBA area]. PhD thesis, the Central Mining Institute, Katowice.
- Olszewska, D., (2006) Attenuation relations of ground motion acceleration response spectra for the Polkowice Region, *Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci.*, 1000(395), 161–174.
- Olszewska, D., (2008) Analysis of site effects and frequency spectrum of signals in order to improvement accuracy of attenuation relation of ground motion caused by mining induced seismic events in Legnica Głogow Copper district, PhD thesis, AGH University Science and Technology, Krakow.
- Patyńska, R., Pilecka, E. & Mirek, A. (2019) Regional seismic activity in relation to tectonic structure in the PGG SA coal mines, in *E3S Web of Conferences*, vol. 106, pp. 01020, EDP Sciences.
- Schenk, V., Schenková, Z., Kottnauer, P., Guterch, B., & Labák, P. (2000) Earthquake Hazard for the Czech Republic, Poland and Slovakia—Contribution to the IL.C/IASPEI Global Seismic Hazard Assessment Program, *Nat. Hazards*, 31, 331-345.

- Stec, K. & Chodacki, J., (2014) Ocena intensywności drgań gruntu spowodowanych wstrząsem pochodzenia górniczego z 11.02.2014 r. z uwzględnieniem typu gruntów przyjmowanych w normie Eurocode 8 [Assessment of the intensity of ground vibration induced by a regional tremor on 11 February 2014 taking into account the land type in accordance with the Eurocode 8 standard], *Przeł. Gorn.*, 70(6), 67–71.
- Szczygieł, J., Wróblewski, W., Mendecki, M. J., Hercman, H., & Bosák, P. (2020) Soft-sediment deformation structures in cave deposits and their possible causes (Kalacka Cave, Tatra Mts., Poland). *Journal of Structural Geology*, 140, 104161.
- Szczygieł, J., Gradziński, M., Bella, P., Hercman, H., Littva, J., Mendecki, M. J., Sala, P. & Wróblewski, W. (2021a). Quaternary faulting in the Western Carpathians: Insights into paleoseismology from cave deformations and damaged speleothems (Demänová Cave System, Low Tatra Mts) *Tectonophysics*, 820, 229111.
- Szczygieł, J., Sobczyk, A., Hercman, H., Mendecki, M. J., & Gąsiorowski, M. (2021b). Damaged speleothems and collapsed karst chambers indicate paleoseismicity of the NE Bohemian Massif (Niedźwiedzia Cave, Poland). *Tectonics*, 40, e2020TC006459.
- Teper, L. (2000). Geometry of fold arrays in the Silesian-Cracovian region of southern Poland. In: Cosgrove, J.W., Ameen, M.S. (Red.), *Forced Folds and Fractures*. 169. *Geol. Soc., London*, 167–179.
- Warchulski, R., Mendecki, M., Gawęda, A., Sołtysiak, M., & Gadowski, M. (2019). Rainwater-induced migration of potentially toxic elements from a Zn–Pb slag dump in Ruda Śląska in light of mineralogical, geochemical and geophysical investigations. *Applied Geochemistry*, 104396.
- Wojtecki, Ł., Mendecki, M. J., Gołda, I., & Zuberek, W. M. (2020). The seismic source parameters of tremors provoked by long-hole distress blasting executed during the longwall mining of a coal seam under variable stress conditions. *Pure and Applied Geophysics*, 177(12), 5723-5739. <https://doi.org/10.1007/s00024-020-02603-z>.
- Wojtecki, Ł., Gołda, I., & Mendecki, M. J. (2021). The influence of distant coal seam edges on seismic hazard during longwall mining. *Journal of Seismology*, 25(1), 283-299. <https://doi.org/10.1007/s10950-020-09959-8>.
- Voight, B., (1989) A relation to describe rate-dependent material failure. *Science*, s. 243, 200 - 203.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Współpraca krajowa:

- Konsorcjum Instytutu Geofizyki PAN (lider) i Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach (partner), w ramach grantu NCN 2020-2024, konkurs Opus 35, jestem wykonawcą projektu i kierownik projektu z ramienia partnera, nr 2019/35/B/ST10/01628, „Pasywne sejsmiczne badania litosfery i astenosfery południowej Polski (obszar karpacki)”.
- Główny Instytut Górnictwa, Zakład Geofizyki i Geologii, 40-166 Katowice, 01.06.2010–31.08.2010, odbyłem staż finansowany z programu europejskiego Kapitał Ludzki, w ramach projektu europejskiego UPGOW.

Współpraca zagraniczna:

- AdriaArray Seismology Group, członek podgrupy Polish AdriaArray Group, https://orfeus.readthedocs.io/en/latest/adria_array_main.html.
- AdriaArray Meeting Dubrownik, Chorwacja, 3.04.2023-5.04.2023, spotkanie członków projektu AdriaArray (Uniwersytet Śląski jest jednym z założycieli inicjatywy), szkolenie z zakresu sejsmiczności, tomografii, sejsmologii inżynierskiej, geologii i fizyki głębokiego wnętrza Ziemi.
- PACASE (Panonian-Carpathian-Alpin Seismic Experiment) Project – członek polskiej grupy sejsmologicznej współpracującej w pasywnym eksperymencie sejsmicznym na obszarze Europy Środkowej i Wschodniej.
- Program Granty Interwencyjne, NAWA, wykonawca w projekcie, „Ocena ryzyka wystąpienia katastrofy osuwiskowej – Prowincja Syczuan, Chiny”, 2021-2022.
- IRIS Workshop 2016, Vancouver, Washington, USA, 7.06.2016-10.06.2016, szkolenie z zakresu sejsmiczności naturalnej oraz indukowanej aktywnością wulkaniczną – wizytacja obserwatorium przy wulkanie St. Helens.
- Program LLP/ERASMUS: Staż naukowy w VSB–Technical University w Ostrawie, Republika Czeska, 11.11.13-16.11.13.
- Obserwatorium Sejsmologiczne, Uniwersytet Państwowy Ilii Czawczawadze w Tbilisi, Gruzja, 01.10.2012-28.02.2013, staż finansowany zgodnie z umową bilateralną MSZ Polski i Gruzji.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

Osiągnięcia dydaktyczne:

Promotor pomocniczy doktoratów:

- dr Barbara Mateuszów, temat rozprawy: *Wpływ wysokiego budynku na drgania podłoża w jego otoczeniu*, nadanie tytułu doktora w 2020r.
- mgr Dariusz Nawrocki, temat rozprawy: *Analiza spektralna zapisów sejsmometrycznych drgań rotacyjnych i translacyjnych zarejestrowanych w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*, w trakcie studiów doktoranckich (3 rok), planowany termin obrony 2024r.
- mgr inż. Przemysław Romański, temat rozprawy: *Model wyzwiania energii sejsmicznej w kopalniach*, w trakcie studiów doktoranckich (1 rok), planowany termin obrony 2026r.

Promotor prac magisterskich:

- mgr inż. Artur Podwojski, temat: *Zmienność mechanizmów i parametrów źródła w trakcie eksploatacji wybranego pokładu*, rok obrony 2021, geologia stosowana.
- mgr inż. Przemysław Romański, temat: *Tempo wyzwiania energii sejsmicznej przed silnym wstrząsem górniczym*, rok obrony 2021, geologia stosowana.
- mgr inż. Beata Płonka, temat: *Analiza sejsmiczności i zagrożenia sejsmicznego na KWK Rydułtowy*, rok obrony 2021, geologia stosowana.
- mgr Dariusz Nawrocki, temat: *Rejestracja zjawiska fali rotacyjnej na podstawie obserwacji sejsmometrycznej w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*, rok obrony 2017, geofizyka.

Promotor prac inżynierskich:

- inż. Krzysztof Obruśnik, temat: *Modele wyzwiania energii sejsmicznej przed wstrząsem wysokoenergetycznym prowadzonym działalnością górniczą*, rok obrony 2023, geologia stosowana.
- inż. Dawid Antczak, temat: *Analiza zagrożenia sejsmicznego indukowanego działalnością górniczą na przykładzie wybranej kopalni węgla kamiennego*, rok obrony 2022, geologia stosowana.

- inż. Aleksander Pisz, temat: *Charakterystyka szumu sejsmicznego na 7 stacjach sejsmometrycznych uczestniczących w Panońsko-Karpackim eksperymencie sejsmicznym PACASE*, rok obrony 2022, geologia stosowana.
- mgr inż. Mateusz Kicza, temat: *Rozpoznanie metodami geofizycznymi obiektów archeologicznych na terenie planowanego zagospodarowania przestrzennego*, rok obrony 2020, inżyniera zagrożeń środowiskowych.

Promotor prac licencjackich:

- lic. Kamil Kwiatkowski, temat: *Wykorzystanie hazardu sejsmicznego PSHA i oceny ryzyka w praktyce inżynierskiej*, rok obrony 2018, geologia.
- mgr Krzysztof Śliwiński, temat: *Analiza stosunku V_p/V_s dla obszarów o różnej budowie geologicznej*, rok obrony 2017, geofizyka.
- lic. Izabela Donda, temat: *Wykorzystanie mediów społecznościowych i aplikacji mobilnych we wczesnym ostrzeganiu ludności oraz szacowaniu intensywności trzęsień Ziemi*, rok obrony 2017, geologia.
- lic. Jacek Makioła, temat: *Geofizyczne metody badania wpływu eksploatacji górniczej na zachowanie się górotworu i powierzchni*, rok obrony 2017, geofizyka.
- mgr Anna Tymińska, temat: *Właściwości spektralne i mechanizm ognisk wstrząsów indukowanych działalnością górniczą*, rok obrony 2017, geofizyka.
- mgr Kamila Legierska, temat: *Charakterystyka zmian przestrzennych i czasowych wartości parametru b dla obszarów o różnej tektonice i geologii*, rok obrony 2017, geofizyka.
- mgr Krzysztof Wojtala, temat: *Statystyczne aspekty sejsmiczności obszaru Chile w okresie wystąpienia silnego wstrząsu o $M 8,3$ w dniu 16.09.2015r.*, rok obrony 2016, geofizyka.
- mgr Judyta Odrobińska, temat: *Porównanie modeli predykcyjnych GMPE*, rok obrony 2016, geofizyka.
- mgr Izabela Nowaczyńska, temat: *Analiza hazardu sejsmicznego dla Nepalu po wstrząsie o magnitudzie $M=7.8$ z dnia 25 kwietnia 2015r.*, rok obrony 2016, geofizyka.
- lic. Arkadiusz Ferdyn, temat: *Zastosowanie wybranych płytkich metod geofizycznych w badaniach archeologicznych*, rok obrony 2016, geofizyka.
- mgr inż. Mateusz Kicza, temat: *Zastosowanie metod sejsmicznych do rozpoznania parametrów sprężystych gruntu pod stacją seismologiczną*, rok obrony 2016, geofizyka
- mgr Anna Dąbek, temat: *Specyfika przetwarzania danych sejsmicznych rejestrowanych w strefach wysadów solnych*, rok obrony 2015, geofizyka .

- mgr Mateusz Mateuszów, temat: *Zastosowanie metody HVSRN do oszacowania efektów lokalnych*, rok obrony 2015, geofizyka.
- mgr Paweł Suszka, temat: *Zastosowanie metody HVSR do oszacowania efektów lokalnych*, rok obrony 2015, geofizyka.
- mgr Robert Saternus, temat: *Zastosowanie uogólnionego procesu Poissona do wykonania prognozy emisji sejsmicznej w kopalni węgla kamiennego*, rok obrony 2015, geofizyka.
- mgr Damian Kula, temat: *Optymalizacja sieci sejsmometrycznej na obszarze LGOM z wykorzystaniem algorytmu symulowanego wyżarzania*, rok obrony 2015, geofizyka.

Recenzent prac magisterskich: 20

Recenzent prac inżynierskich: 7

Recenzent prac licencjackich: 27

Wykaz prowadzonych przedmiotów akademickich w Uniwersytecie Śląskim:

- 2010/2011 Fizyka Ziemi (ćwiczenia, kierunek geofizyka), Metody komputerowe w geologii (laboratorium, kierunek geologia)
- 2011/2012 Fizyka Ziemi (ćwiczenia, kierunek geofizyka), Pracownia specjalistyczna (laboratorium, geofizyka)
- 2012/2013 Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka), Ćwiczenia specjalizacyjne OLZ (terenowe i/lub laboratoryjne) (ćwiczenia, geologia)
- 2013/2014 Indywidualne specjalizacyjne ćwiczenia terenowe lub laboratoryjne (ćwiczenia, geofizyka), Fizyka Ziemi (laboratorium, geofizyka), Praktikum specjalizacyjne OLZ (laboratorium, geologia), Geozagrożenia (laboratorium, geologia)
- 2014/2015 Ćwiczenia terenowe - Geodezja i kartografia (ćwiczenia, geofizyka), Indywidualne specjalizacyjne ćwiczenia terenowe lub laboratoryjne (ćwiczenia, geofizyka), Pracownia geofizyczna (laboratorium, geofizyka), Pracownia magisterska z wykonaniem pracy magisterskiej (laboratorium, geofizyka), Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka), Geozagrożenia (laboratorium, geologia), Fizyka Ziemi (laboratorium, geofizyka), Metody inwersyjne w geofizyce (ćwiczenia, geofizyka), Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka)
- 2015/2016 Ćwiczenia terenowe - Geodezja i kartografia (ćwiczenia, geofizyka), Geofizyka (ćwiczenia, geologia), Pracownia geofizyczna (laboratorium, geofizyka), Pracownia

magisterska z wykonaniem pracy magisterskiej (laboratorium, geofizyka), Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka), Geozagrożenia (laboratorium, geologia), Fizyka Ziemi (laboratorium, geofizyka), Metody inwersyjne w geofizyce (laboratorium, geofizyka), Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka)

- 2016/2017 Indywidualne specjalizacyjne ćwiczenia terenowe lub laboratoryjne (ćwiczenia, geofizyka), Pracownia geofizyczna (laboratorium, geofizyka), Pracownia magisterska z wykonaniem pracy magisterskiej (laboratorium, geofizyka), Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka), Fizyka w Naukach o Ziemi (laboratorium, geografia, geologia) Geohazards (laboratorium, geologia, ERASMUS), Fizyka Ziemi (laboratorium, geofizyka), Metody inwersyjne w geofizyce (laboratorium, geofizyka), Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka), Zagrożenia geologiczne (laboratorium, inżynieria zagrożeń środowiskowych)
- 2017/2018 Indywidualne specjalizacyjne ćwiczenia terenowe lub laboratoryjne (ćwiczenia, geofizyka), Pracownia magisterska z wykonaniem pracy magisterskiej (laboratorium, geofizyka), Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka), Fizyka w Naukach o Ziemi (laboratorium, geografia, geologia), Metody inwersyjne w geofizyce/Inverse methods in geophysics (laboratorium, geofizyka), Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka), Zagrożenia naturalne i możliwości ich predykcji (laboratorium, geofizyka)
- 2018/2019 Indywidualne specjalizacyjne ćwiczenia terenowe lub laboratoryjne (ćwiczenia, geofizyka), Pracownia dyplomowa (laboratorium, inżynieria zagrożeń środowiskowych), Pracownia magisterska z wykonaniem pracy magisterskiej (laboratorium, geofizyka), Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka), Seminarium Dyplomowe (ćwiczenia, inżynieria zagrożeń środowiskowych), Fizyka w Naukach o Ziemi (laboratorium, geografia, geologia, geologia stosowana, inżynieria zagrożeń środowiskowych), Metody inwersyjne w geofizyce/Inverse methods in geophysics (laboratorium, geofizyka), Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka), Zagrożenia naturalne i możliwości ich predykcji (laboratorium, geofizyka), Rekonstrukcja, monitoring, modelowanie i prognozowanie zagrożeń środowiskowych (laboratorium, inżynieria zagrożeń środowiskowych), Sejsmologia (wykład, geofizyka)
- 2019/2020 Indywidualne specjalizacyjne ćwiczenia terenowe lub laboratoryjne (ćwiczenia, geofizyka), Metody geofizyki poszukiwawczej (ćwiczenia, geologia stosowana), Pracownia magisterska z wykonaniem pracy magisterskiej (laboratorium, geofizyka), Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka), Seminarium Dyplomowe (ćwiczenia,

inżyniera zagrożeń środowiskowych), Fizyka w Naukach o Ziemi (laboratorium, geografia, geologia, geologia stosowana, inżyniera zagrożeń środowiskowych), Metody inwersyjne w geofizyce/Inverse methods in geophysics (laboratorium, geofizyka), Praktikum z geofizyki (laboratorium, geofizyka), Zagrożenia naturalne i możliwości ich predykcji (laboratorium, geofizyka), Rekonstrukcja, monitoring, modelowanie i prognozowanie zagrożeń środowiskowych (laboratorium, inżyniera zagrożeń środowiskowych), Sejsmologia (wykład, geofizyka), Zagrożenia geologiczne (laboratorium, inżyniera zagrożeń środowiskowych)

- 2020/2021 Metody geofizyki poszukiwawczej (ćwiczenia, geologia stosowana), Moduł z treściami do wyboru: specjalistyczny II - Techniczne metody przeciwdziałania geozagrożeniom (wykład, inżyniera zagrożeń środowiskowych), Fizyka w Naukach o Ziemi (laboratorium, geografia, geologia, geologia stosowana, inżyniera zagrożeń środowiskowych), Pracownia dyplomowa (geologia stosowana, inżyniera zagrożeń środowiskowych), Środowisko przyrodnicze Arktyki i Antarktyki oraz obszarów górskich (seminarium, Szkoła Doktorska UŚ), Tutoring ekspercki (tutoring, Szkoła Doktorska UŚ), Geostatystyka i metody obliczeniowe (ćwiczenia, geologia stosowana), Metody obliczeniowe w naukach o Ziemi (ćwiczenia, geologia), Seminarium magisterskie (geologia stosowana)
- 2021/2022 Geofizyka otworowa (wykład, geologia stosowana), Moduł z treściami do wyboru: specjalistyczny II - Techniczne metody przeciwdziałania geozagrożeniom (wykład, inżyniera zagrożeń środowiskowych), Fizyka w Naukach o Ziemi (laboratorium, geografia, geologia, geologia stosowana, inżyniera zagrożeń środowiskowych), Pracownia dyplomowa (geologia stosowana, inżyniera zagrożeń środowiskowych), Środowisko przyrodnicze Arktyki i Antarktyki oraz obszarów górskich (seminarium, Szkoła Doktorska UŚ), Tutoring ekspercki (tutoring, Szkoła Doktorska UŚ), Geostatystyka i metody obliczeniowe (ćwiczenia, geologia stosowana), Metody obliczeniowe w naukach o Ziemi (ćwiczenia, geologia), Seminarium magisterskie (geologia stosowana)
- 2021/2022 Geofizyka otworowa (wykład, geologia stosowana), Fizyka w Naukach o Ziemi (laboratorium, geografia, geologia, geologia stosowana, inżyniera zagrożeń środowiskowych), Metody inwersyjne w geofizyce (wykład + laboratorium, geologia stosowana), Pracownia dyplomowa (geologia stosowana, inżyniera zagrożeń środowiskowych), Środowisko przyrodnicze Arktyki i Antarktyki oraz obszarów górskich (seminarium, Szkoła Doktorska UŚ), Tutoring ekspercki (tutoring, Szkoła Doktorska UŚ), Zagrożenia naturalne związane z górnictwem (wykład + laboratorium, inżyniera zagrożeń

środowiskowych), Metodyka badań naukowych (konwersatorium, Szkoła Doktorska UŚ), Zagrożenia naturalne i możliwości ich predykcji (laboratorium, geologia stosowana), Seminarium inżynierskie (inżyniera zagrożeń środowiskowych), Pracownia magisterska (geologia stosowana), Pracownia inżynierska (geologia stosowana)

- 2022/2023 Elementy sejsmologii (wykład + laboratorium, geologia stosowana), Natural Hazards (wykład, geologia stosowana, ERASMUS), Fizyka w Naukach o Ziemi (laboratorium, geografia, geologia, geologia stosowana, inżyniera zagrożeń środowiskowych), Metodyka badań naukowych (konwersatorium, Szkoła Doktorska UŚ)

Wykaz prowadzonych przedmiotów akademickich poza Uniwersytetem Śląskim:

- 2021/2022 Geofizyka otworowa (wykład, szkoła podyplomowa), Magnetometria (wykład, szkoła podyplomowa) – Studia podyplomowe Mechanika górotworu, obudowa wyrobisk i geofizyka górnicza w Głównym Instytucie Górnictwa, Zakład Geofizyki i Geologii, 40-166 Katowice, Plac Gwarków 1, Polska

Osiągnięcia organizacyjne:

Pełnione funkcje:

- Zastępca Dyrektora Instytutu Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, od 10.2022r.
- Członek Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, od 2021r.
- Polskie Towarzystwo Geofizyczne – członek od 2016.
- Rada Konsultacyjna przy Planetarium Śląskim ds. Śląskiego Centrum Nauki, członek 2016-2023.
- Opiekun Studenckiego Koła Naukowego Geofizyków PREM, 2014-obecnie.

Organizacja konferencji i warsztatów:

- XII Ogólnopolskie Studenckie Warsztaty Geofizyczne GEOSFERA, 25-28 kwietnia 2019, ECEG Chęciny, główny organizator, opiekun Studenckiego Koła Geofizyków PREM
- Studenckie Warsztaty Naukowe „Zagrożenia środowiska – osuwiska, hydrogeologia, zanieczyszczenia”, 13-15 czerwca 2018r. Ustroń, współorganizator, warsztaty były finansowane z projektu GeoHazardSilesia - Program nabycia nowych kompetencji w Naukach o Ziemi (fundusze europejskie).
- X Ogólnopolskie Studenckie Warsztaty Geofizyczne GEOSFERA, 20-23 kwietnia 2017, ECEG Chęciny, główny organizator, opiekun Studenckiego Koła Geofizyków PREM

- 7th IGSC International Geosciences Student Conference, 11-14 lipca 2016, Katowice, główny organizator, opiekun Studenckiego Koła Geofizyków PREM
- VIII Ogólnopolskie Studenckie Warsztaty Geofizyczne GEOSFERA, 23-26 kwietnia 2015, Żory, główny organizator, opiekun Studenckiego Koła Geofizyków PREM
- VI Geo-symposium Młodych Badaczy Silesia 2013, 25-27 września 2013, Mikołów, główny organizator
- VI Ogólnopolskie Warsztaty Geofizyczne „Geosfera 2013”, 8-11 maja 2013, Warszawa, główny organizator
- IV Geo-symposium Młodych Badaczy Silesia 2011. Współczesne trendy w naukach o Ziemi, 19-21 października 2011, Cieszyn, główny organizator
- IV Ogólnopolskie Studenckie Warsztaty Geofizyczne GEOSFERA 2011, 13-17 kwietnia 2011, Sosnowiec-Olkusz-Klucze, główny organizator
- II Ogólnopolskie Studenckie Warsztaty Geofizyczne GEOSFERA 2009, 22-26 kwietnia 2009, Sosnowiec-Sławków, główny organizator

Organizacja badań naukowych w ramach działalności Studenckiego Koła Naukowego Geofizyków PREM:

- Temat: Oszacowanie zasobów wody słodkiej na Mierzei Helskiej, okres realizacji 2017, miejsce Mierzeja Helska, cel: rozpoznanie zasięgu występowania zasobów wód słodkich na Mierzei Helskiej z wykorzystaniem metod georadarowych, obrazowania oporności, obrazowania ładowalności i pomiarów potencjałów samoistnych; cele poboczne to wyznaczenie zalegania stropu glin lodowcowych, miąższości warstw wyżej zalegających, jak również zasięgu ingresji wód słonych i znalezienie granicy pomiędzy wodami słodkimi i słonymi. Badania były finansowane z projektu GeoHazardSilesia - Program nabycia nowych kompetencji w Naukach o Ziemi (fundusze europejskie).
- Temat badań: Kra Jurajska w okolicach Łukowa, okres realizacji 2016-2017, miejsce: Łuków – kra łukowska, cel: geofizyczne rozpoznanie zasięgu kry jurajskiej w Gołaszynie k. Łukowa z wykorzystaniem metody tomografii elektrooporowej i płytkiej sejsmiki. Badania były finansowane z projektu GeoHazardSilesia - Program nabycia nowych kompetencji w Naukach o Ziemi (fundusze europejskie).
- Temat badań: Rozpoznanie geofizyczne wejścia i przebiegu sztolni kopalni rud żelaza w Cisnej, okres realizacji badań 2015-2016, miejsce: Cisna, cel: badania miały na celu lokalizację wejścia do sztolni wydobywczej XIX-wiecznej kopalni rud żelaza „Róża”,

należącej niegdyś do rodziny Fredrów. Ponadto starano się określić możliwy przebieg sztolni, by w dalszej perspektywie utworzyć ścieżkę historyczno-przyrodniczą wiodącą ponad potencjalną trasą sztolni.

- Temat: Poszukiwanie wieloletniej zmarzliny i budowa geologiczna Babiej Góry, okres realizacji 2015, miejsce: Babia Góra (szczyt Diablak), cel: rozpoznanie geofizyczne występowania wieloletniej zmarzliny w warstwach przypowierzchniowych oraz szczegółowe rozpoznanie budowy geologicznej metodą tomografii elektrooporowej ERT.
- Temat: Eksploracja geofizyczna pozostałości zamku w Barwałdzie Górnym (k. Kalwarii Zebrzydowskiej), okres realizacji: 2014, miejsce: Barwałd Górny, cel: rozpoznanie geofizyczne pozostałości zamku w Barwałdzie Górnym i określenie jego przestrzennego zasięgu metodą tomografii elektrooporowej (ERT) z wykorzystaniem metody wskaźnika DOI.
- Temat badań: Rozpoznanie głębokich struktur metodą ERT pod pokrywą osadów lodowcowych w Bornem Sulinowie, okres realizacji: 2012, miejsce: Borne Sulinowo, cel: badania miały wykazać zaleganie granicy pomiędzy osadami czwartorzędowymi a Miocenem, wykonano 3 profile pomiarowe z zastosowaniem tomografii elektrooporowej ERT oraz metodą polaryzacji wzbudzonej.

Osiągnięcia popularyzujące naukę:

- Uczestnictwo w programie telewizyjnym i internetowym Astronarium, produkcja: Polskie Towarzystwo Astronomiczne, TVP Bydgoszcz, partner: Urania - Postępy Astronomii, dofinansowanie: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, odcinek: Sejsmologia planetarna - Astronarium 161, 2023, <https://youtu.be/ZDUhATv4LUc>
- Uczestnictwo w wystawie popularnonaukowej w Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego, „GeoPiknik na Żyłecie”, 2022, Stoisko naukowe: Geofizyka, Wykład popularnonaukowy „Jak określić drgania na Górnym Śląsku i nie tylko tu? - czyli o hazardzie sejsmicznym dla laików”
- Uczestnictwo w projekcie pt. „Akcja Popularyzacja” dofinansowanym w ramach programu Społeczna Odpowiedzialność Nauki – Popularyzacja Nauki i Promocja Sportu. Projekt realizowany był przez Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych we współpracy z Wydziałem Nauk Przyrodniczych, edycja 2021/2022, temat: „EKG Ziemi”
- Respondent w wywiadzie i współautor artykułu popularnonaukowego „EKG Ziemi”, Gazeta Uniwersytecka UŚ, 9 (289), 2021
- Uczestnictwo i współorganizacja Dnia Geologa w Wydziale Nauk Przyrodniczych, 2021

- Zajęcia w Muzeum NoZ, Wydział Nauk Przyrodniczych UŚ, realizacja dwóch warsztatów: „Wędrówka kontynentów”, „Podróż do wnętrza Ziemi” od 2021r., warsztaty skierowane dla 6-8 klas szkoły podstawowej i szkół ponadpodstawowych.
- Autor artykułu popularnonaukowego „Geologiczna historia Łazisk Górnych”, Gazeta Łaziska, 17 (456), s. 17-18, 2020
- Uczestnictwo w wystawach popularnonaukowych Śląski Festiwal Nauki, Katowice, stoisko o tematyce Geofizyka, 2016, 2017, 2018, 2021
- Prowadzenie warsztatów dla uczniów Szkoły Podstawowej w Kamienicy Polskiej, „W głąb planety – czym jest geofizyka?”, 2019
- Uczestnictwo w wystawie popularnonaukowej Piknik Naukowy Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik, Warszawa, 2017
- Prowadzenie warsztatów dla uczniów w Uniwersyteckim I Liceum Ogólnokształcącym im. Juliusza Słowackiego, „O wstrząsach i nie tylko, czyli jak naturalne zjawiska występujące we wnętrzu Ziemi, pomagają nam zrozumieć Naszą Planetę”, 2017
- Uczestnictwo w Festiwalu Nauki w gminie Żory, 2017, wygłoszenie wykładu popularnonaukowego „Co to jest geofizyka?”
- Organizacja warsztatów geofizycznych i prowadzenie zajęć z metod geofizycznych (ERT, konduktometria, sejsmika, sejsmologia inżynierska) dla studentów geofizyki, geologii i nauk pokrewnych, w trakcie kolejnych edycji GEOSFERA: XII Ogólnopolskie Studenckie Warsztaty Geofizyczne GEOSFERA, 25-28 kwietnia 2019, ECEG Chęciny, X Ogólnopolskie Studenckie Warsztaty Geofizyczne GEOSFERA, 20-23 kwietnia 2017, ECEG Chęciny, VIII Ogólnopolskie Studenckie Warsztaty Geofizyczne GEOSFERA, 23-26 kwietnia 2015, Żory, VI Ogólnopolskie Warsztaty Geofizyczne „Geosfera 2013”, 8-11 maja 2013, Warszawa, IV Ogólnopolskie Studenckie Warsztaty Geofizyczne GEOSFERA 2011, 13-17 kwietnia 2011, Sosnowiec-Olkusz-Klucze

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

.....
(podpis wnioskodawcy)