

AUTOREFERAT
przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych

dr inż. Sylwia Tomecka-Suchoń

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Kraków 2012

1. Życiorys naukowy

Sylwia Tomecka-Suchoń

Dane osobiste

Data urodzenia:

Adres domowy:

Wykształcenie

tytuł

magistra

1973.10

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Geologiczno-Poszukiwawczy

specjalność: geofizyka poszukiwawcza

stopień

doktora

1989.03

dr nauk przyrodniczych w zakresie geofizyki górniczej

Instytut Geofizyki PAN w Warszawie

specjalność: geofizyka górnicza

Praca doktorska: *”Laboratoryjne badania zależności pomiędzy naprężeniem a opornością elektryczną w próbkach węglowych przed ich zgnieceniem”* wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Henryka Marcaka

Zatrudnienie

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

Katedra Geofizyki

adiunkt

Przebieg

pracy

zawodowej

1974 - 1978 Instytut Geofizyki PAN Warszawa

1978 - do chwili obecnej Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Geofizyki

Znajomość

języków obcych:

angielski - bardzo dobrze

niemiecki - dobrze

Dorobek i osiągnięcia naukowe

Urodziłam się w Krakowie, gdzie uzyskałam wykształcenie podstawowe i średnie, kończąc w roku 1968 X Liceum im. Komisji Edukacji Naukowej w Krakowie.

Po maturze rozpoczęłam studia na Wydziale Matematyczno - Fizyczno - Chemicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego na kierunku fizyka. Po pierwszym roku, zniechęcona niskim stopniem praktycznego aspektu tych studiów, przenieśliam się na drugi rok studiów na AGH, na Wydział Geologiczno – Poszukiwawczy, na specjalność geofizyka poszukiwawcza. Studia ukończyłam w 1973 roku z wynikiem bardzo dobrym i podjęłam pracę w Obserwatorium Sejsmologicznym Instytutu Geofizyki PAN w Warszawie. Przedmiotem mojej pracy w tym czasie było statystyczne opracowanie rejestracji sejsmologicznych, pochodzących z zapisów sejsmologicznych dokonywanych na Górnym Śląsku. Z tego okresu pochodzi artykuł pt „*Metody statystycznego opracowania regionalnych pomiarów sejsmologicznych na Górnym Śląsku*” [Tomecka-Suchoń S., 1979: Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-2(123):79-86] poświęcony opracowaniu statystycznego modelu rozkładu przestrzennego regionalnych wstrząsów sejsmologicznych na Górnym Śląsku. Model ten pozwala na wyznaczenie korelacji pomiędzy budową tektoniczną Niecki Górnośląskiej i aktywnością sejsmiczną obserwowaną w tym rejonie.

Od 1978 roku do chwili obecnej pracuję w Katedrze Geofizyki WGGiOŚ AGH, obecnie na stanowisku adiunkta. Moja jednostka macierzysta, na przestrzeni lat, miała różny charakter organizacyjny i przyjmowała różne nazwy. W czasach, gdy Katedra Geofizyki WGGiOŚ AGH była podzielona na nieformalne jednostki organizacyjne, pracowałam w Pracowni Geofizyki Górniczej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Henryka Marcaka. Znacząca część mojego dorobku badawczego związana jest z zastosowaniem metodologii i metodyki geofizycznej w górnictwie. Moja praca doktorska pt. *”Laboratoryjne badania zależności pomiędzy naprężeniem a opornością elektryczną w próbkach węglowych przed ich zgnieceniem”*, którą obroniłam w 1989 roku w Instytucie Geofizyki PAN w Warszawie, była podsumowaniem badań prowadzonych w AGH i w Instytucie Geofizyki Ruhr Universität w Bochum, w Niemczech. Pomiary do przygotowania pracy doktorskiej wykonałam na urządzeniach skonstruowanych według opracowanego przeze mnie projektu. W pracy doktorskiej opracowałam fizyczny model wiążący zmiany rezystancji elektrycznej ze stopniem spękania ośrodka skalnego i stanem jego nasycenia płynami złożowymi. Przedstawiłam wyniki badań związku pomiędzy rezystancją elektryczną a naprężeniami jednoosiowymi i trójosiowymi oraz wykazałam istotny wpływ dylatacji i spękań na zmiany

rezystancji elektrycznej. Wyniki mojej pracy potwierdziły tezę, że pomiary rezystancji elektrycznej mogą być wykorzystywane do określenia stopnia odkształceń górotworu poddanego naprężeniom.

Prace badawcze prowadzone po doktoracie były skoncentrowane na wykorzystaniu znajomości parametrów elektrycznych w ośrodku skalnym do identyfikacji obiektów geologicznych i procesów w nich zachodzących. Skupiłam się na badaniu przewodności elektrycznej i przenikalności elektrycznej. Natomiast, procesami istotnymi z praktycznego punktu widzenia było dynamiczne pękanie górotworu i zanieczyszczanie środowiska geologicznego odpadami płynnymi.

W efekcie ewolucji moich zainteresowań naukowych na przestrzeni lat, prowadzone prace badawcze, ukierunkowane na zastosowania praktyczne, mogę zaszeregować do trzech grup:

1. zastosowanie pomiarów geoelektrycznych dla badania stopnia spękania górotworu,
2. wykorzystanie badań georadarowych do śledzenia zmian właściwości przypowierzchniowych warstw Ziemi powstających pod wpływem działalności górniczej, urbanistycznej i przemysłowej,
3. trzecią grupę moich zainteresowań stanowiły badania nad obrotami Ziemi.

Ad. 1. Zastosowanie pomiarów geoelektrycznych dla badania stopnia spękania górotworu

Będąc członkiem Pracowni Geofizyki Górniczej Katedry Geofizyki WGGiOŚ AGH i członkiem zespołu badawczego profesora Henryka Marcaka uczestniczyłam w rozwiązywaniu problemów tępów w kopalniach węgla i miedzi. Moje prace laboratoryjne z tego okresu dotyczyły zmian parametrów elektrycznych w warunkach niesprężystego rozwoju spękań. W latach 1994-1996 kierowałam projektem badawczym Nr 9S60102806 pt. *”Laboratoryjne badania hydroszczelinowania skał w aspekcie dekoncentracji naprężeń”*, a w latach 2001-2003 byłam kierownikiem projektu KBN nr 8T12B01020 pt. *„Badanie procesu niesprężystego odkształcenia skał poddanych naprężeniom i ciśnieniu porowemu”* finansowanych przez Komitet Badań Naukowych. W pierwszym projekcie przeprowadzono matematyczny opis procesu rozwoju zeszcelinowania oraz przeprowadzono symulację komputerową takiego procesu. Zbudowano również stanowisko doświadczalne do pomiaru i rejestracji naprężeń, odkształceń i zmian rezystancji próbek poddanych

hydroszczelinowaniu, które było podstawą badań prowadzonych w drugim projekcie.

Wyniki prac prowadzonych w międzynarodowym zespole obok moich wcześniejszych prac [**Tomecka-Suchoń S.**, 1985: *Badania korelacji między zeszczelinowaniem próbek węgla a ich parametrami sprężystymi i elektrycznymi*, Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-6 (176): 263-272] dały asumpt do dalszych badań nad korelacją stopnia zeszczelinowania próbek węgla a ich parametrami sprężystymi i elektrycznymi [Marczak H., **Tomecka-Suchoń S.**, 2003: *Właściwości elektryczne skał w warunkach naprężenia i ciśnienia porowego*, Wydawnictwo IGSMiE, Kraków, praca zbiorowa pod redakcją naukową: Marczak H., **Tomecka-Suchoń S.**].

Uzyskane wyniki udowodniły, że zmiany rezystancji ośrodka skalnego, w którym istnieją zmiany ciśnień porowych, mogą być wykorzystane do oceny stopnia zachodzących w nich deformacji niesprężystych. Wykazano, że badania laboratoryjne pozwalają ocenić właściwości mechaniczne i zbiornikowe skał, które decydują o sposobie reagowania ośrodka na wymuszenia hydrauliczne. Pokazano, że uzyskane wyniki badań elektrycznych mogą być wykorzystane do oceny ryzyka wystąpienia zjawisk katastrofalnych, takich jak tąpnięcia w kopalniach węgla. Te zagadnienia są szeroko rozważane od strony geomechanicznej (profesorowie: Witold Budryk, Zdzisław Kłeczek, Antoni Sałustowicz, Antoni Tajduś) i od strony geofizycznej (profesorowie: Józef Dubiński, Sławomir Gibowicz, Andrzej Kijko, Jerzy Kornowski, Zofia Majewska, Henryk Marczak, Roman Teisseyre, Waclaw Zuberek).

Swoje doświadczenie w badaniu zależności między opornością próbek granitu a wielkością naprężeń, którym próbki były poddawane, wykorzystałam w roku 1988 prowadząc prace w ramach europejskiego projektu HDR-Research Project Section of the Soultz-Sous-Foret Drillhole „*Determination of Physical Properties on the Core Material of the Crystalline*” współpracując z prof. dr Fritzem Rummlem. Projekt ten dotyczył analizy rozkładu naprężeń w głębokich strukturach geologicznych na terenie Europy. Trzykrotnie uczestniczyłam w badaniach właściwości fizycznych skał w Instytucie Geofizyki w Ruhr Universität w Bochum w Niemczech. Miałam okazję brać udział w tworzeniu laboratoryjnego stanowiska badawczego do określania zmian rezystancji próbek różnych skał wywołanych zmianami naprężenia osiowego, okólnego i porowego. Dzięki użyciu prasy ze sztywną ramą oraz zastosowaniu serwomechanizmu działającego na zasadzie ujemnego sprzężenia zwrotnego możliwe było kontrolowanie procesu pęknięcia próbek skał w okresie pozniszczeniowym. Warunki eksperymentu pozwoliły na symulację naturalnych warunków występujących w górotworze. Wynikiem tych prac były publikacje w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym [**Tomecka-Suchoń S.**, Rummel F., 1988: *Fracture-Induced Electrical*

Resistivity Changes in Coal, Erdöl und Kohle-Erdgas-Petrochemie, Bd. 41, Heft 4: 151-154 (*Impact Factor* = 0,3); **Tomecka-Suchoń S.**, Rummel F., 1992: *Fracture-induced resistivity changes in granite*, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol. 29, No 6: 583-587 (*Impact Factor* = 0,434)].

Wyniki prac prowadzonych w międzynarodowym zespole obok moich wcześniejszych prac [**Tomecka-Suchoń S.**, 1985: *Badania korelacji między zeszczelinowaniem próbek węgla a ich parametrami sprężystymi i elektrycznymi*, Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-6 (176): 263-272] dały asumpt do dalszych badań nad korelacją stopnia zeszczelinowania próbek węgla a ich parametrami sprężystymi i elektrycznymi [Marcak H., **Tomecka-Suchoń S.**, 1996: *The changes of electrical resistivity of coal samples under loading*, Acta Geod. Geoph. Hung., Vol. 31 (3-4): 469-477]. Analizując bardziej zaawansowane struktury skalne oraz ruch mediów złożowych w przestrzeni porowej skał stwierdzono, że modele perkolacyjne pozwalają ocenić szybkość narastania spękań dylatancyjnych [Marcak H., **Tomecka-Suchoń S.**, 1991, *Model przewodnictwa elektrycznego próbek skalnych poddanych naprężeniom trójosiowym*, Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-15 (235): 287-300]. W wyniku pracy zespołu zajmującego się zjawiskami deformacji, a w szczególności odkształceniami niesprężystymi polegającymi na mikropęknięciach i dylatacji, które występują pod wpływem naprężeń stwierdzono, że własności elektryczne były silnie skorelowane ze zmianami gęstości i prędkości sejsmicznej [Majewska Z.J., Majewski S.A., Marcak H., Mościcki W.J., **Tomecka-Suchoń S.**, Ziętek J., 1994, *Acoustic emission of coal induced by: gas and water flow, gas sorption or stress*. In: (a) Journal of Acoustic Emission, Vol. 12, Nos. 3-4/July-December 1994. Published by Acoustic Emission Group, Los Angeles, CA. (b) Progress in Acoustic Emission VII ed. T. Kishi, Y. Mori, M. Enoki. Proceedings of The 12th International Acoustic Emission Symposium, Sapporo, October 17-20, 1994. Publ. The Japanese Society for Non-Destructive Inspection: 547-552].

Wyniki badań elektrycznych właściwości skał okazały się także przydatne do oceny ryzyka wystąpienia zjawisk katastrofalnych. W oparciu o badania laboratoryjne oceniono właściwości mechaniczne i zbiornikowe skał i analizowano reakcję porowatego ośrodka nasyconego elektrolitem na wymuszenia hydrauliczne [Marcak H., **Tomecka-Suchoń S.**, 2003: *Właściwości elektryczne skał w warunkach naprężenia i ciśnienia porowego*, Wydawnictwo IGSMiE, Kraków (Praca pod red. nauk.: Marcak H., **Tomecka-Suchoń S.**)]. Na podstawie rozważań energetycznych, opartych o własności funkcji Hamiltona, stwierdzono także, że można się spodziewać zarówno periodycznych jak i trwałych zmian w rozwoju deformacji ośrodka skalnego [Marcak H., **Tomecka-Suchoń S.**, 2001: *Modele*

zmian przepuszczalności hydraulicznej w skałach w oparciu o laboratoryjne metody geoelektryczne, Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia, nr 3/2001, 23-29]. Podsumowaniem badań nad szczelinowatą skałą zbiornikową i węglami z mikro szczelinowatością było obliczenie związków bazujących na wykorzystaniu równania Rummla i danych doświadczalnych, służących do obliczenia wartości funkcji intensywności naprężeń i do oszacowania rozmiarów mikroszczelin w próbkach węgla oraz określenie warunków hydroszczelinowania *in situ* w pokładach węgla [Tomecka-Suchoń S., 1996: *Laboratory hydraulic fracturing experiments on coal*, Archives of Mining Sciences, Vol. 41, Issue 3: 361-370].

Wyniki licznych badań zmian oporności elektrycznej wywołane zmianami naprężeń poddano analizie statystycznej celem weryfikacji informacji o własnościach fizycznych [Tomecka-Suchoń S., Marcak H., Denis C., 1997: *Evolving microcracks and electrical resistivity*, Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liege, Vol. 66, 6: 435-459], [Denis C., Marcak H., Tomecka-Suchoń S., 2002: *Casser des pierres pour prévoir des séismes*. Archs. Inst. g.-d. de Luxemb.Sect. Sci. nat. phys. math., NS 44: 211-241].

Ad. 2. Wykorzystanie badań georadarowych do śledzenia zmian własności przypowierzchniowych warstw Ziemi, powstających pod wpływem działalności górnictwej, urbanistycznej i przemysłowej

Drugi obszar moich badań stosowanych dotyczył szeroko rozumianej problematyki ochrony środowiska i możliwości wykorzystania metod geofizyki stosowanej do śledzenia zmian właściwości przypowierzchniowych warstw Ziemi, zachodzących pod wpływem działalności górniczej, urbanistycznej i przemysłowej. W dobie rozwoju przemysłu wydobywczego i konieczności składowania odpadów sięgnięto po wypracowane metodologie w celu efektywnego zapobiegania degradacji środowiska. Uczestniczyłam w wielu projektach badawczych o skali krajowej [*Opracowanie metodyki wykrywania zanieczyszczeń gruntu węglowodorami w warunkach zagrożenia ekologicznego* (Projekt badawczy KBN Nr 9T12A02613, 1997-2000), *Lokalizacja zanieczyszczeń węglowodorowych w gruncie metodami geofizycznymi i atmogeochemicznymi* (Projekt badawczy NR 4T12A06127, 2004-2006), *Zastosowanie metod geofizycznych do badania migracji zanieczyszczeń ze składowisk odpadów górniczych* (Projekt badawczy nr N N525 398034, 2008-2011), finansowanych przez Komitet Badań Naukowych i Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego], ukierunkowanych na rozpoznanie zanieczyszczeń w strefach przypowierzchniowych skorupy

ziemskiej z wykorzystaniem technik geofizycznych bazujących na zmienności pól elektromagnetycznych. Podstawą tych badań była udokumentowana po wielokroć teza, że zmiana parametrów petrofizycznych skutkuje pojawieniem się anomalii geofizycznych, które mogą być obserwowane przy zastosowaniu różnych metod geofizycznych. W prowadzonych tematach wykorzystałam swoje doświadczenie w badaniach właściwości elektrycznych skał, w szczególności zmian przewodnictwa elektrycznego i przenikalności elektrycznej w wysokoczęstotliwościowym polu elektromagnetycznym.

W latach 1997-1999 Pracownia Geofizyki Górniczej KG WGGiOŚ AGH, która w tym czasie już była wyposażona w georadarową aparaturę pomiarową oraz miała doświadczenie w zakresie projektowania, wykonania pomiarów i interpretacji danych GPR, rozpoczęła współpracę z innymi ośrodkami europejskimi, we Włoszech [Geophysical Modelling and Simulation (GEMS), Osservatorio Geofisico Sperimentale (OGS), Trieste], Francji [Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), Nantes] i na Węgrzech [Eötvös Loránd Geophysical Institute (ELGI) Budapest]. Wspólne prace były prowadzone w ramach grantu europejskiego INCO-COPERNICUS nr ERBIC15C15CT960801 pt „*Detection of Hydrocarbon Contaminated Soils by Electromagnetic Techniques*” 1997-1999, kierowanego przez Mauro Piccolo (EURECOS, Trieste, Italy). W projekcie tym zespół Katedry Geofizyki WGGiOŚ AGH, kierowany przez profesora Henryka Marcaka prowadził pierwsze w Polsce badania nad monitoringiem migracji skażeń ropopochodnych w środowisku gruntowo-wodnym. Mój udział w pracach zespołu koncentrował się na lokalizacji zanieczyszczonych chemicznie stref niebezpiecznych dla szeroko rozumianego środowiska naturalnego i wykrywaniu zanieczyszczeń gruntu węglowodorami w warunkach zagrożenia ekologicznego.

Aby ocenić skalę zagrożeń i opracować sposoby przeciwdziałania zanieczyszczeniom węglowodorami należy dysponować wiarygodnymi informacjami o rozmieszczeniu i stężeniu zanieczyszczeń w gruncie. Nie są to wielkości stałe, ulegają one ciągłym zmianom w czasie i przestrzeni związanym z dynamicznym zachowaniem się ośrodka skalnego. Zatem, należy badać naturę zmian, ich charakter oraz ustalić, jak będą się one kształtować w przyszłości. Po wycieku powierzchniowym substancje ropopochodne wnikają do gruntu pionowo w dół pod wpływem siły ciężkości tworząc plamę zanieczyszczenia zalegającą w strefie aeracji. Plama, która osiągnie horyzont wody gruntowej początkowo rozplywa się poziomo na jego powierzchni w formie warstwy zanieczyszczenia, po czym z czasem traci swój dotychczasowy charakter; powstaje z niej szereg poszczególnych plam, których forma zależy od czasu jaki upłynął od momentu wycieku. Wiadomo, że obecność zanieczyszczeń

węglowodorowych w porach w ośrodku gruntowym nasyconym zmineralizowanymi wodami powoduje zmianę jego elektrycznych właściwości fizycznych - oporności elektrycznej i przenikalności elektrycznej. W związku z tym metody elektromagnetyczne jak najbardziej nadają się do lokalizacji i monitoringu takich skażeń w gruncie.

Jednoznaczne wyjaśnienie przyczyn anomalii związanych z chemicznymi zanieczyszczeniami gruntu wymagało oceny migracji zanieczyszczeń ropopochodnych w strefie aeracji. Celem osiągnięcia jednoznaczności wyników badań posłużono się modelowaniem. Prowadzone prace modelowe, dotyczące zmian właściwości dielektrycznych skalnego ośrodka porowatego skażonego materiałami ropopochodnymi wykazały, że w zależności od rodzaju materiału ropopochodnego i jego składu chemicznego mogą one różnie się rozprzestrzeniać zmieniając właściwości elektryczne skał, w szczególności przenikalność dielektryczną. Okazało się również, że transport zanieczyszczeń ropopochodnych w sposób bardzo istotny zależy od budowy geologicznej. Przy lokalizacji zanieczyszczeń ropopochodnych uwzględniano zmiany czasowe parametrów elektrycznych w zróżnicowanej przestrzeni badawczej. W pracach zespołu znaczący był wkład specjalistów z WwNiG AGH, pracujących na co dzień z ruchem mediów w przestrzeni porowej [Fąfara Z., Marcak H., Rychlicki S., Solecki T., Stopa J., **Tomecka-Suchoń S.**, 2000: *Metody wykrywania zanieczyszczeń ropopochodnych w środowisku gruntowo-wodnym*. Studia, Rozprawy, Monografie Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, nr 75, Kraków, Praca zbiorowa pod redakcją: S. Rychlickiego, w której znajduje się napisany przeze mnie wspólnie z profesorem Henrykiem Marcakiem rozdział pt "Zastosowanie metod georadarowych do lokalizacji zanieczyszczenia materiałami ropopochodnymi": 137-168; Fąfara Z., Gołębiowski T., Marcak H., Nagy St., Rychlicki St., Siemek J., Solecki T., **Tomecka-Suchoń S.**, 2006: *Lokalizacja zanieczyszczeń węglowodorami w gruncie metodami geofizycznymi i atmogeochemicznymi*, Praca zbiorowa pod redakcją H. Marcaka i T. Gołębiowskiego, AGH, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków; Podrozdział w książce „Geophysics” w rozdziale „Geophysics in Near Surface Investigations”, 2012: **Tomecka-Suchoń S.**, *Georadar for monitoring soil contamination*, Book edited by Dr Lim Huee-San, InTech Edition: 13-17; Gołębiowski T., **Tomecka - Suchoń S.**, Marcak H., Żogała B., 2010: *Aiding of the GPR method by the other measurement techniques for liquid contamination detection*, XIII International Conference on Ground Penetrating Radar, 21-25 czerwiec 2010, Lecce: 610-616].

Część prac z tego zakresu dotyczyła badania charakteru nasycenia gruntów wodami zmineralizowanymi. W tym celu badano teoretyczną zależność rozkładu pola

elektromagnetycznego (EM) w ośrodkach o różnych poziomach mineralizacji wód gruntowych. Przeprowadzono studia dotyczące jej wpływu na współczynnik odbicia fal EM w metodzie georadarowej, tłumienie oraz zmiany fazy przy przejściu od fal refleksyjnych do fal refrakcyjnych [Zdechlik R., Gołębiowski T., **Tomecka-Suchoń S.**, Żogała B., 2011: *Wykorzystanie metod hydro-geochemicznych i geofizycznych do oceny wpływu składowisk odpadów górniczych na środowisko wodne* (Application of hydrogeochemical and geophysical methods in assessment of the influence of coal-mining waste dumps on hydrogeological environment), Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, nr 445: 725-735].

Równolegle prowadzone były prace nad rozpoznaniem mechanizmu migracji pustek, czyli śledzenia struktury przestrzennych zmian niejednorodności ośrodka skalnego. Temat ten, niezwykle istotny w różnych krajach, powodowany wielorakimi przyczynami, skupił międzynarodowy zespół badaczy. W Polsce problem ten jest istotny ze względu na degradację wielu terenów pogórnich na Górnym Śląsku. Temu zagadnieniu poświęcono wiele publikacji z moim dużym udziałem: [Ziętek J., Karczewski J., **Tomecka-Suchoń S.**, Carcione J.M., Padoan G., Denis C., 2001: *Observations and Results of GPR Modelling of Sinkholes in Upper Silesia*, Acta Geod. Geoph. Hung., Vol. 36(4): 377-389; Marcak H., Gołębiowski T., **Tomecka-Suchoń S.**, 2008: Geotechnical analysis and 4D GPR measurements for the assessment of the risk of sinkholes occurring in a Polish mining area, Near Surface Geophysics, Vol. 6, No 4, 233-243 (IF=0,805)].

Podobnie jak poprzednie zagadnienie „wędrujących pustek” (*sink holes*), bardzo interesujące okazało się badanie zmienności właściwości fizycznych, skutkujących zmianami sygnału georadarowego w obszarze wałów przeciwpowodziowych. Wyznaczenie parametrów charakteryzujących dwuwarstwowy ośrodek geologiczny, w którym warstwa górna ma większą wartość przenikalności elektrycznej niż warstwa dolna stanowi odwrotne zagadnienie geofizyczne w tym zakresie. Taka sytuacja ma miejsce w wałach przeciwpowodziowych, w których nad strefą zagęszczoną zalega warstwa silnie rozluźniona. Takie strefy wyznaczono przy pomocy nowatorskiej techniki profilowania georadarowego przy zmiennym rozstawie anten [Marcak H., Gołębiowski T., **Tomecka-Suchoń S.**, 2005: *Analiza możliwości wykorzystania georadarowych fal refrakcyjnych do lokalizacji zmian w budowie wałów przeciwpowodziowych*, Geologia, t. 31, z. 3-4, Kraków: 259-274]. W pracy przedstawiono wyniki badań georadarowych przeprowadzonych na wałach przeciwpowodziowych w Krakowie i pokazano, że istnieją możliwości wyznaczenia stref skonsolidowanych i rozluźnionych w obwałowaniach. Zastosowano nowatorską technikę

profilowania georadarowego przy zmiennym rozstawie anten oraz opisano sposób identyfikacji różnego typu fal georadarowych.

Katedra Geofizyki WGGiOŚ AGH od wielu lat prowadzi badania nad zastosowaniem metod geofizycznych w rozwiązywaniu problemów archeologicznych. Od początku jestem członkiem tego zespołu. Między innymi brałam udział w badaniach na terenie Opactwa Benedyktynów w Tyńcu koło Krakowa. Wynikiem tych prac było opracowanie trójwymiarowej wizualizacji przebiegu starych fundamentów zabudowań Zamku. W tym zakresie była prowadzona studencka praca dyplomowa stopnia inżynierskiego, której byłam promotorką.

Możliwości wykorzystania techniki georadarowej pokazały wyniki badań prowadzonych w Żębocinie. Pochodzący z połowy XIII wieku gotycki kościół był kilkakrotnie przebudowany, między innymi z powodu uszkodzeń wywołanych trzęsieniem Ziemi. Zmianom ulegał także tradycyjny cmentarz przykościelny, który stał się cmentarzem parafialnym. Jest więc to obiekt kryjący wiele zagadek i stanowiący wyzwanie dla archeologów i badaczy historii. Do stwierdzenia co kryje się pod powierzchnią gruntu przydatne okazało się zastosowanie georadaru. Odkryto, że pod Kościołem oraz w jego najbliższym otoczeniu znajdują się nie tylko krypty, ale i cała sieć lochów. Co więcej dzięki tym badaniom ustalono nie tylko usytuowanie lochów, ale także głębokość i grubość murów [Tomecka-Suchoń S., Pyka P., 2012: Badania georadarowe w służbie archeologii, Wszechświat, t. 113, nr1-3/2012: 47-49].

Obecnie jestem wykonawcą projektu badawczego pt. *„Analiza cyfrowych danych georadarowych przy użyciu komputerowego przetwarzania i rozpoznawania obrazów dla oceny stanu technicznego wałów przeciwpowodziowych oraz wykrywania niebezpiecznych zmian w strefach przypowierzchniowych ośrodka geologicznego”*, sfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/01/B/ST7/06178. Celem projektu jest opracowanie nowatorskiego systemu automatycznej interpretacji danych georadarowych pod kątem oceny stanu technicznego wałów przeciwpowodziowych oraz wykrywania niebezpiecznych zmian w strefach przypowierzchniowych ośrodka geologicznego. Zostaną przeprowadzone badania georadarowe w miejscach charakteryzujących się dobrym rozpoznaniem warunków geologicznych i rozkładem ciał anomalnych z bogatym materiałem faktograficznym (wynikami badań otworowych i laboratoryjnych, geotechnicznych, danymi konstrukcyjnymi

i górniczymi). Taki wybór miejsc pozwoli na zgromadzenie bardzo dużej ilości różnorodnych danych, które będą podstawą do przygotowania odpowiedniej bazy danych wzorcowych dla przeprowadzenia procesu interpretacji wyników z wykorzystaniem procedur cyfrowej analizy obrazów.

Ad. 3. **Badania nad obrotami Ziemi**

Trzeci obszar moich zainteresowań naukowych należy do geofizyki ogólnej. Prace dotyczące wyznaczania kształtu Ziemi i charakterystyki jej obrotu wokół osi prowadziłam wspólnie z Pracownikami innych instytucji naukowych, krajowych i zagranicznych, o podobnym profilu naukowym. Początek tych prac badawczych datuje się od roku 1995 i rozpoczyna go współpraca z profesorem Kacprem R. Rybickim z IGF PAN w Warszawie, następnie rozszerzona na inne placówki badawcze, Uniwersytet w Liege w Belgii i Europejskie Centrum Geodynamiki i Sejsmologii w Luksemburgu oraz Instytut Geodezji i Geofizyki w Budapeszcie na Węgrzech. Płaszczyzną naukową łączącą te jednostki były badania nad zmianami czasu obrotu Ziemi. Prace te zaowocowały publikacjami w czasopiśmie o światowym zasięgu. Współpraca z profesorem Rybickim zaowocowała artykułem, opublikowanym już po śmierci profesora [Denis C., Rybicki, K.R., Schreider A.A., **Tomecka-Suchoń S.**, Varga P., 2011: *Length of the day and evolution of the Earth's core in the geological past*, *Astronomische Nachrichten*, Vol. 332, No 1: 24-35 (*Impact Factor = 0,842 za 2010 r.*)].

Rozważania zespołów międzynarodowych dotyczące wyznaczania kształtu Ziemi i charakterystyki jej obrotu wokół osi ukierunkowały moje badania nad zagadnieniami hydrostatycznego modelu kuli ziemskiej i jego ewolucji [Denis C., Rogister Y, **Tomecka-Suchoń S.**, Amalvict M., 1996: *Théorie des figures et structure interne de la Terre, Tiré-à-part de: Deux siècles d'évolution du Systeme du Monde. Hommage á Laplace. Journées 1996-Systemes de référence spatio-temporels, Paris, 23-25 Septembre 1996: 64-68*].

Dalsze prace doprowadziły do głębszego rozpoznania jądra Ziemi oraz ewolucji rotacji kuli ziemskiej. Stosując ogólne równania deformacji wykazano, że Ziemia w krótkich odstępach czasu zachowuje się bardziej w sposób elastyczny niż hydrostatyczny, a istotnym wnioskiem naukowym było stwierdzenie, że czynnik inercyjny Ziemi jest wyższy, niż dotychczas zakładano [Denis C., Amalvict M., Rogister Y., **Tomecka-Suchoń S.**, 1998: *Methods for computing internal flattening, with applications to the Earth's structure and*

geodynamics, Geophys. Journal International, 132: 603-642 (IF=1,491)].

Zespół pracował także nad ewolucją długości doby ziemskiej, zależnej z jednej strony od ewolucji struktury planety, zwłaszcza powiększania się jej jądra (co powoduje skracanie doby), a z drugiej od efektu pływów, wydłużającego czas obrotu. Wykazano, że wpływ powiększania się jądra Ziemi na długość doby jest prawie do zaniedbania w porównaniu z efektem pływów. Ten wniosek dotyczył współczesnych obrotów Ziemi, natomiast we wczesnych okresach rozwoju kuli ziemskiej, w fanerozoiku, wpływ powiększania się jądra na długość obrotu Ziemi był znaczny. Analiza różnych scenariuszy doprowadziła do wniosku, że wbrew temu, co sądzi się powszechnie, tworzenie jądra Ziemi było procesem powolnym, przebiegającym w całym okresie proterozoiku.

Podsumowanie

Przedstawiona tematyka badawcza jest związana z badaniem właściwości elektrycznych skał w warunkach *in situ* przy wykorzystaniu zależności uzyskanych z rozważań analitycznych i badań laboratoryjnych. Połączenie wyników laboratoryjnych oraz wyników terenowych badań elektrooporowych i elektromagnetycznych w zakresie oporności właściwej i przenikalności elektrycznej stanowi kompleksowe podejście do analizy pól elektrycznego i elektromagnetycznego oraz anomalii właściwości elektrycznych ośrodków skalnych. W szczególności dotyczy to właściwości ośrodka skalnego poddanego dużym naprężeniom, w wyniku których ulegają one pękaniu i niesprężystemu odkształceniu. Badania laboratoryjne, konstrukcja aparatury badawczej dla celów laboratoryjnych, analiza procesu szczelinowania skały w warunkach wysokiego ciśnienia były wykorzystane do oceny mechanizmów zmian właściwości fizycznych skał. Prowadzone badania poprzez rozważania analityczne pozwoliły również interpretować migrację zanieczyszczeń w przestrzeni porowej gruntów i skał jako zmianę oporności i przenikalności elektrycznej.

W pracach pokazano po raz kolejny możliwość spójnego podejścia do łącznej interpretacji pól fizycznych poprzez mierzone wielkości w terenie oraz parametry petrofizyczne skał określane laboratoryjnie.

**Badania właściwości elektrycznych skał i gruntów dla
rozpoznania struktury ośrodka skalnego
przy powierzchni Ziemi**

dr inż. Sylwia Tomecka-Suchoń

**Komentarz autorski do zbioru publikacji
stanowiących podstawę pracy habilitacyjnej**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Kraków 2012

1. **Spis jednotematycznych publikacji stanowiących podstawę niniejszej pracy habilitacyjnej** (Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

1. Marcak H., **Tomecka-Suchoń S.**, 2006: Zastosowanie metod georadarowych do lokalizacji pustek, *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, Miesięcznik WUG*: 10-15 (*udział własny 75 %*).
2. Marcak H., Szczepańska-Plewa J., **Tomecka-Suchoń S.**, Zdechlik R., Zuberek W., Żogała B., 2011: Geofizyczne i hydrogeologiczne badania zanieczyszczeń środowiska wodno-gruntowego w otoczeniu składowisk odpadów górniczych, Praca zbiorowa pod redakcją naukową: Marcak H., **Tomecka-Suchoń S.**, Zdechlik R., Oficyna Drukarska-Jacek Chmielewski, Warszawa, ISBN 978-83-63016-00-5 (*udział własny - 3 rozdziały - 100%, 3 rozdziały - 50%, 1 rozdział - 30% 1 rozdział - 25%*).
3. Marcak H., **Tomecka-Suchoń S.**, 2010: Properties of georadar signals used for an estimation of the mineralization of the soil waters, *Archives of Mining Sciences*, 55, No 3: 469-486 (**IF = 0,312**) (*udział własny 50%*).
4. **Tomecka-Suchoń S.**, 2012: Georadar studies on St. Benedict's church on Lasota Hill, Kraków, Poland, *Acta Geophysica*, Institute of Geophysics, Polish Academy of Science, Vol. 60, No 2, Apr. 2012:386-398, DOI: 10.2478/s11600-011-0019-z (**IF=1**), (*udział własny 100%*).
5. **Tomecka-Suchoń S.**, Gołębiowski T., 2011: Using of GPR method for examination of post-glacial deposits in the Alp of Ornak (the Tatra Mountains), *Kwartalnik AGH Geologia*, Wyd. AGH, Kraków 2011, t. 37, z. 3: 375-382 (*udział własny 75%*).

2. Wprowadzenie

Metody geofizyczne mogą być skutecznie wykorzystane do identyfikacji obiektów geologicznych lub procesów, które w nich zachodzą. Decydują o tym zmiany budowy geologicznej, z którymi związany jest kontrast parametrów fizycznych, właściwości mediów nasycających przestrzeń porową lub wypełniających pustki skalne, a także procesy zachodzące w ośrodku skalnym. Większość prac, które omówiono w wykazie dorobku naukowego autorki, była związana z wykorzystaniem zmian rezystancji elektrycznej i przenikalności elektrycznej do identyfikacji cech ośrodków geologicznych, przede wszystkim tych, w których zmiany miały przyczynę antropogeniczną. Prace były poświęcone badaniu zmian wywołanych pracami górniczymi, skażeniem środowiska, obecnością obiektów archeologicznych. Szczególną uwagę poświęcono takim zmianom, które były skutkiem pęknięcia ośrodka skalnego poddanego naprężeniom.

W grupie prac, prezentowanych jako rozprawa habilitacyjna przedstawiono wyniki badań nad zmianami parametrów elektrycznych (przenikalność elektryczna i oporność właściwa skał i gruntów), które można badać metodami georadarowymi. Przepływ prądu przez ośrodek geologiczny, w tym grunty, stanowi strumień jonów w elektrolitach (prąd przewodzenia) i prąd przesunięcia, pojawiający się w ośrodkach słabo przewodzących lub nieprzewodzących, będący wynikiem polaryzacji ładunków elektrycznych na powierzchniach struktur tworzących ten ośrodek [Dias, 2000]. W skałach osadowych, zwykle zbudowanych z nieprzewodzącego szkieletu mineralnego i przestrzeni porowej prawie zawsze wypełnionej elektrolitami, za przepływ prądu odpowiedzialny jest głównie ruch jonów. Woda w skale i gruncie występuje jako woda adsorpcyjna (higroskopijna), kapilarna lub swobodna. Wody te różnią się stężeniem jonów, gęstością i opornością właściwą. Zwykle w skałach osadowych występują również minerały ilaste w ilości wystarczającej, aby wpływały na przewodnictwo elektryczne. Zakłada się zwykle, że przy częstotliwościach pola elektrycznego do 10 kHz dominujące są prądy przewodzenia, a powyżej tej częstotliwości dominują efekty związane z prądami przesunięcia. W badaniach metodą georadarową, wykorzystującą pola elektromagnetyczne wysokiej częstotliwości (nawet do kilkuset MHz), rozważane są prądy przewodzenia i prądy przesunięcia. Ważne jest również uwzględnienie tłumienia fali EM w ośrodkach przewodzących [Annan i inn. 1988]. Efekt tłumienia był szczególnie dobrze widoczny w przypadku występowania niskooporowych glin i łupków, a także w przypadku

skał porowatych nasyconych silnie zmineralizowanymi wodami, np. roztworami NaCl, stanowiącymi zanieczyszczenie gruntu.

Prowadzone badania terenowe stanu zanieczyszczenia skał i gruntów z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego (EM), zarówno wolnozmiennego (pomiarów geoelektrycznych) - jak i szybkozmiennego (pomiarów georadarowych) zostały uzupełnione modelowaniem pola EM zadanych ośrodków geoelektrycznych. Do analiz porównawczych wyników pomiarów z wynikami modelowania wykorzystano modele fizyczne adekwatne dla obu rodzajów pól.

W przypadku prądów wolnozmiennych oparto się na znanych równaniach łączących parametry elektryczne skał z ich parametrami zbiornikowymi: porowatością, przepuszczalnością i współczynnikiem nasycenia wodą, a także składem mineralnym i właściwościami elektrycznymi medium nasycającego pory (Custis, 1994; Worthington, 1985). Związki te są powszechnie wykorzystywane w badaniach petrofizycznych skał zbiornikowych dla poszukiwania struktur nasyconych wodą i węglowodorami. Wykorzystano również zależności obowiązujące dla gruntów, przez które płynie szybkozmienny prąd elektryczny. Rozważano elektryczne modele zastępcze skały, uwzględniające ich geoelektryczne właściwości [Saarenketo, 1998, Peplinski i in., 1995].

3. Komentarz autorski (omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania).

Moje osiągnięcie stanowiące podstawę pracy habilitacyjnej pt "Badanie właściwości elektrycznych skał i gruntów dla rozpoznania struktury ośrodka skalnego przy powierzchni Ziemi" składa się z pięciu prac. Ich celem było badanie związku pomiędzy rozkładem parametrów elektrycznych a strukturą ośrodka geologicznego oraz związku tych parametrów z polem georadarowym.

W pracach pokazano jak rozpoznanie właściwości elektrycznych ośrodka geologicznego prowadzi do odtworzenia struktury geologicznej w strefach przypowierzchniowych lub identyfikacji procesów, które w nich zachodzą. Z drugiej strony przedstawiono w nich wpływ przestrzennego rozkładu właściwości elektrycznych na pole georadarowe. Dzięki temu można wykorzystać badania georadarowe do odtworzenia budowy geologicznej, lokalizacji obiektów archeologicznych i monitorowania transportu zanieczyszczeń w wodach gruntowych.

Wytypowane prace, tworzące rozprawę habilitacyjną łączy metoda pomiarowa. Tą wybraną metodą jest metoda georadarowa. Prace te różnią się między sobą ze względu na cele, dla których wykonano badania oraz różnią się zastosowaną metodyką badawczą.

W pracy pierwszej (Marcak H., **Tomecka - Suchoń S.**, 2006: *Zastosowanie metod georadarowych do lokalizacji pustek*, Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, *Miesięcznik WUG*: 10-15 (udział własny 75%)) zbudowano model rozwoju deformacji górotworu w obszarach położonych nad płytkimi wyrobiskami górniczymi. Opisano własności geomechaniczne skał wokół "wędrujących pustek". Ustalono, że wokół pustki powstają naprężenia, których rozwój można przewidzieć w oparciu o kryterium Griffitha. Teoria Griffitha pozwala przewidywać rozwój pęknięcia w zależności od warunków energetycznych [Main, 1991]. Jeżeli, w wyniku rozwoju szczeliny, energia potrzebna do wytworzenia nowej powierzchni jest większa niż zysk energetyczny całego układu, to szczelina nie będzie propagowała (bilans energetyczny jest ujemny). Natomiast, jeżeli w wyniku pęknięcia wyzwoli się więcej energii niż potrzeba na tworzenie się nowych pęknięć to nastąpi propagacja szczeliny. Długotrwałe oddziaływanie naprężeń w ośrodku kruchym prowadzi do powstania odkształceń niesprężystych - pęknięć i mikropęknięć, powodujących zmiany przepuszczalności hydraulicznej ośrodka [Tapponnier i in., 1976]. Intensywny przepływ wody przez spękania stropowe powoduje obniżenie wytrzymałości ośrodka na rozciąganie, a w konsekwencji, jeżeli naprężenia rozciągające przekroczą obniżoną wytrzymałość skały to nastąpi opadanie spękanych skał ze stropu i ich deponowanie na spągu. Analiza modelu deformacji doprowadziła do

wyjaśnienia przyczyny tworzenia się w stropie zaburzenia strefy o zmienionych właściwościach fizycznych, w szczególności zmniejszenia gęstości objętościowej skał stropowych oraz ich zwiększonego zawodnienia. Dzięki ostatniej z tych właściwości można je rozpoznać metodą georadarową. Stosując badania georadarowe udało się potwierdzić rzeczywiste zagrożenie „wędrującymi pustkami” w przypadku poligonu badawczego w Sierszy. Przedmiotem badania były rozwijające się strefy spękań w pobliżu domu mieszkalnego. Analiza wyników pomiarów wykonanych cyklicznie na przestrzeni 10 lat, prowadzona na podstawie modeli przedstawionych w tej publikacji potwierdziła możliwość identyfikacji procesu rozwoju deformacji prowadzących do powstania nieciągłości na powierzchni terenu (Marcak i inn., 2008). Uzyskane wyniki uzasadniają potrzebę prowadzenia cyklicznych badań GPR w terenie zagrożonym takimi zjawiskami.

Reasumując można stwierdzić, że:

- zgodnie z modelem wędrującej pustki, wytworzyła się nad nią strefa spękań mocniej nasycona wodami złożowymi,
- strefa ta zaznaczyła się na echogramach w postaci wzmocnionych amplitud sygnału georadarowego.

W pracy drugiej (Marcak H., Szczepańska-Plewa J., **Tomecka-Suchoń S.**, Zdechlik R., Zuberek W., Żogała B., 2011: *Geofizyczne i hydrogeologiczne badania zanieczyszczeń środowiska wodno-gruntowego w otoczeniu składowisk odpadów górniczych*. Praca zbiorowa pod redakcją naukową: Marcak H., Tomecka-Suchoń S., Zdechlik R., Oficyna Drukarska - Jacek Chmielewski, Warszawa) opracowano metodykę badań hydrogeologicznych i geofizycznych migracji zanieczyszczeń w wodach podziemnych w otoczeniu składowisk odpadów górniczych na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Jako obiekty badawcze do śledzenia migracji zanieczyszczeń wynoszonych ze składowiska i wprowadzanych do wód podziemnych wytypowano dwa składowiska odpadów górnictwa węgla kamiennego: Buków i Dębieńsko. Istotnym elementem prowadzonych prac była korelacja wyników badań hydrogeologicznych i geofizycznych.

W części hydrogeologicznej zwrócono uwagę na poprawność prowadzenia monitoringu i interpretację danych hydrogeologicznych w zależności od klasy jakości wód podziemnych i ich składu chemicznego. Sieć monitoringową (piezometry, studnie, cieki i zbiorniki powierzchniowe) w rejonie badań zaprojektowano z uwzględnieniem budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych. W rejonie tych składowisk, przy poborze próbek wody prowadzono badania podstawowych wskaźników fizykochemicznych nietrwałych (pH i przewodności elektrolitycznej właściwej). Szczegółowe badania laboratoryjne składu chemicznego wykonano w akredytowanym Laboratorium Hydrogeochemicznym Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej WGGiOŚ AGH (certyfikat PCA nr AB 1050). Przeprowadzono analizę trendów zmian jakości wód w układzie przestrzennym w otoczeniu badanych składowisk.

Badania geofizyczne obejmowały pomiary geoelektryczne metodą obrazowania elektrooporowego i metodą konduktometryczną oraz pomiary georadarowe. W zakresie metody GPR wykonano profilowania refleksyjne oraz pomiary WARR. Do badań wybrano profile wyznaczone zgodnie z kierunkiem przepływu wody i migracji zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej. Zwrócono uwagę na to, aby wyniki nie były zakłócone wpływami zewnętrznych pól elektrycznych pochodzących od przewodów elektrycznych, silnych zmian morfologii terenu, czy też zmianami w budowie geologicznej. Pomiary GPR na wyznaczonych profilach prowadzono w kilku sesjach, tak aby otrzymać wyniki w okresie mokrym i suchym. Dla oceny wpływu zanieczyszczeń na oporność ośrodka gruntowego przeprowadzono badania laboratoryjne oporności próbek gruntu pobranych z rejonów wód zanieczyszczonych (przy odpływie ze składowiska) i czystych (napływających w rejon składowiska). Wyniki tych badań pokazały wyraźne zmiany oporności próbek gruntu w zależności od stopnia ich zanieczyszczenia.

W części analitycznej monografii przedstawiono zmiany parametrów elektrycznych gruntu w zależności od porowatości, stopnia nasycenia wodą oraz mineralizacji wód. Uzasadniono także wybraną metodykę pomiaru i interpretacji wyników otrzymanych przy zastosowaniu metod: georadarowej i geoelektrycznych. W zakresie metod geoelektrycznych do analizy wyników pomiarów wykorzystano procedury standardowe, natomiast w metodzie georadarowej przygotowano oryginalne metody rozpoznania zmian współczynnika odbicia fal elektromagnetycznych i oceny zmian prędkości w ośrodku zawadzionym na podstawie wyznaczenia prędkości fal refrakcyjnych. Przedstawiono możliwości wykorzystania metod geofizycznych do oceny przestrzennego rozkładu zanieczyszczeń wód podziemnych w rejonach składowisk odpadów górniczych.

Pokazano, że pomiary geofizyczne pozwoliły na ocenę przestrzennego rozkładu zanieczyszczeń w wodach gruntowych w rejonach składowisk i ich zmiany w funkcji czasu. Pomiary hydrogeologiczne nie mogą być w pełni wykorzystane do badań takiego rozkładu ze względu na dużą odległość pomiędzy punktami pobierania wody w stosunku do gradientu mineralizacji, jaka występuje w składowisku. Niemniej, w takim zakresie jak to było możliwe, badania hydrogeologiczne potwierdziły rezultaty, które otrzymano metodami geofizycznymi.

W poniższej tabeli przedstawiono udział własny autorki w opracowaniu poszczególnych rozdziałów monografii [Marcak H., Szczepańska-Plewa J., **Tomecka-Suchoń S.**, Zdechlik R., Zuberek W., Żogała B., 2011: Geofizyczne i hydrogeologiczne badania zanieczyszczeń środowiska wodno-gruntowego w otoczeniu składowisk odpadów górniczych, Praca zbiorowa pod redakcją naukową: Marcak H., **Tomecka-Suchoń S.**, Zdechlik R., Oficyna Drukarska-Jacek Chmielewski Warszawa] dotyczących badań geofizycznych.

nr rozdz.	Tytuł rozdziału	nr str.	udział własny [%]
2.1.	Wprowadzenie	47	100
2.2.	Podstawy fizyczne badań geofizycznych dla rozpoznania mineralizacji wód gruntowych	48	100
2.3	Matematyczny opis fal georadarowych	50-52	50
2.4.	Fale georadarowe w gruncie	59-63	50
2.5.	Właściwości elektryczne skał	63-64	100
2.6.	Aparatura i metodyka geofizycznych pomiarów zanieczyszczenia	74-83	30
2.7	Wyniki pomiarów geofizycznych	84-85	50
2.8	Interpretacja wyników pomiarów geofizycznych	87-104	25

W pracy trzeciej (Marczak H., **Tomecka-Suchoń S.**, 2010: *Properties of georadar signals used for an estimation of the mineralization of the soil waters*, Archives of Mining Sciences, Vol. 55, No 3: 469-486 (**IF = 0,312**, udział własny 50%) przeanalizowano wpływ mineralizacji wody złożowej na parametry elektryczne. Celem badań była lokalizacja zmian mineralizacji wody w składowiskach odpadów pogórnicych w oparciu o pomiary georadarowe. Przebadano teoretyczną zależność rozkładu pola EM w ośrodkach o różnej mineralizacji wody nasycającej grunt. Przystudowano wpływ mineralizacji na współczynnik odbicia fal EM w metodzie georadarowej, współczynnik tłumienia oraz zmiany fazy przy przejściu od fal refleksyjnych do fal refrakcyjnych. Przeprowadzono szeroko zakrojone badania terenowe na składowiskach odpadów mineralnych Buków i Dębieńsko. Pokazano, że rozpoznanie zmian mineralizacji wód nasycających grunt w oparciu o metodę georadarową jest możliwe. Konieczne jest jednak wyeliminowanie wpływu budowy geologicznej i uwzględnienie hydrogeologicznych własności badanego obszaru.

Praca czwarta (**Tomecka-Suchoń S.**, 2011: *Georadar studies on St. Benedict's church on Lasota Hill, Kraków, Poland*, Acta Geophysica, (**IF=1**, udział własny 100%) dotyczyła badań georadarowych, jakie wykonano w celu identyfikacji fragmentów romańskich fundamentów budowli usytuowanych pod współczesnym kościołem św. Benedykta w Krakowie. Dzięki tym badaniom uzyskano potwierdzenie formułowanych wcześniej hipotez archeologicznych o istnieniu fundamentów zabudowań z IX wieku pod tym kościołem. Istotnym problemem badawczym w tym projekcie był brak wyraźnego kontrastu własności, istotnych w badaniach georadarowych, pomiędzy wapiennym podłożem a materiałem wapiennym, z którego zbudowano poszukiwane fragmenty. Identyfikacji dokonano po stwierdzeniu nieciągłości występujących w caliznie utworów wapiennych, w których zostały umieszczone posadowienia dawnej budowli. Stara część budowli składała się z budulca właściwego i zaprawy murarskiej, która pod wpływem czynników zewnętrznych ulegała degradacji, w szczególności pękaniu. Strefy pęknięć były wypełnione wodą i z tego powodu zmieniły

się własności dielektryczne całego muru. W związku z tym powstała możliwość identyfikacji muru umieszczonego w litej skale.

W pracy piątej (**Tomecka-Suchoń S.,** Gołębiowski T., 2011: *Using of GPR method for examination of post-glacial deposits in the Alp of Ornak (the Tatra Mountains)*, Kwartalnik AGH Geologia, Wyd. AGH, Kraków 2011, t. 37, z. 3: 375-382 (udział własny 75%) pokazano, że badania georadarowe można zastosować do badań geologicznych związanych z zasięgiem czwartorzędowych zlodowaceń. Mimo wieloletnich badań struktury geologicznej Tatr metodami geologicznymi i geofizycznymi ciągle istnieją istotne pytania dotyczące między innymi zmian morfologicznych, jakie powstały po okresie ostatniego zlodowacenia [Kenig i Lindner, 2001]. Między innymi nieznana jest miąższość osadów czwartorzędowych w rejonie Hali Ornak. Miąższość tą udało się ocenić dzięki przeprowadzonym pomiarom georadarowym. Wykorzystano tu różnice porowatości utworów czwartorzędowych i skał podłoża, co jak wiadomo skutkuje znaczącymi różnicami właściwości elektrycznych ośrodków. Pierwsze reprezentują luźne, plejstocenijskie pokrywy morenowe złożone z glin zawierających okruchy różnych skał we frakcjach piaszczystej i ilastej. Częściowo są to też kamieńce i osady terasowe holocenu. W podłożu znajdują się zwarte, silnie zdiagenezowane osady triasowe przynależne do pokrywy osadowej trzonu krystalicznego Tatr Zachodnich. Uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę dla wykonania podobnych badań w innych rejonach Tatr.

4. Podsumowanie

Zmiany właściwości elektrycznych skał i gruntów stanowiły podstawę badań georadarowych przedstawionych w omówionych pracach. Zwrócono uwagę na wpływ nasycenia skał wodą i jej mineralizacji na dobór georadarowej metodyki pomiarowej. Pokazano, że zróżnicowanie właściwości ośrodka skalnego nasyconego wodą lub powietrzem powoduje zróżnicowanie współczynników odbicia i tłumienia fal EM. Potwierdzono komplementarność geofizycznych badań oraz badań hydrogeologicznych i archeologicznych w połączeniu z odpowiednio dobranymi technikami pomiarów georadarowych. Wykorzystano wyniki testów laboratoryjnych dla interpretacji wyników pomiarów uzyskanych *in situ*. Skomentowano i uzasadniono rozbieżności na gruncie analizy równań opisujących propagację fal EM w ośrodku skalnym oraz modeli elektrycznych skał dla pól elektromagnetycznych wolno i szybkozmiennych.

Do najważniejszych wyników przedkładanego cyklu publikacji zaliczam:

- Wykazanie związku pomiędzy parametrami fizycznymi ośrodka zanieczyszczonego z punktu widzenia hydrogeologicznego a wynikami pomiarów geoelektrycznych i georadarowych.
- Kompleksowa interpretacja danych hydrogeologicznych, geoelektrycznych i georadarowych dla określenia rozkładu zanieczyszczeń w wodach gruntowych.
- Opracowanie metodyki pomiarowej i interpretacyjnej badań georadarowych opartych o model wędrującej pustki ku powierzchni Ziemi.
- Opracowanie metodyki pomiarowej i interpretacyjnej dla identyfikacji obiektów archeologicznych zbudowanych ze skał wapiennych i umieszczonych w warstwach litego wapienia.

5. Literatura

Annan A.P., Davis J.L., Gendzwill D., 1988: Radar sounding in potash mines, Saskatchewan, Canada, Geophysics, Vol. 53, No 12:1556-1564.

Custis K., 1994: Application of geophysics to acid mine drainage investigations, Vol. 1. Report of California State Dept. of Conservation, Sacramento No: EPA530-R-95-013A. NTIS:PB95-191268, 144, 199.

Dias C.A., 2000: Developments in a model to describe low-frequency electrical polarization of rocks, Geophysics, 65, 437-451.

Kenig K., Lindner L., 2001: Profile wiertnicze osadów czwartorzędowych na Ornaku oraz ich znaczenie w badaniach nad ostatnim zlodowaceniem w Tatrach Zachodnich, Geological Review, Polish Geological Institute Ed., Vol. 49. No 12, Warsaw, Poland (in Polish).

Main I.G., 1991: A modified Griffith criterion for the evaluation of damage with a fractal distribution of crack length, Application to seismic events notes and values. Geoph. Journal Inter. 107.

Marcak H., Gołębiowski T., Tomecka-Suchoń S., 2008: Geotechnical analysis and 4D GPR measurements for the assessment of the risk of sinkholes occurring in a Polish mining area, Near Surface Geophysics, Vol. 6, No 4, 233-243

Peplinski N.R., Ulaby F. T., Dobson M. C., 1995: Dielectric Properties of Soil in the 0,3-1,3 GHz Range, IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 33, No 3, May 1995

Saarenketo T., 1998: Electrical properties of water in clay and silty soils, Journal of Applied Geophysics, No 40, 73-88.

Tapponnier P., Bruce W.F., 1976: Development of stress induced microcracks in Westerby Granite. Int. J. Rock. Mech. Min. Sci., 13: 103-112.

Worthington P.E., 1985: The evolution of shaly-sand concepts in reservoir evaluation, The Log Analyst, January-February 1985, 23-40.

Sylvia Tomecka - Suchon'