

AUTOREFERAT

przedstawiający życiorys, działalność naukową, dorobek i osiągnięcia

dr inż. Włodzimierz Jerzy Mościcki

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Kraków 2013

1. Dane personalne

Imię i nazwisko: Włodzimierz Jerzy Mościcki

Data i miejsce urodzenia:

Adres domowy:

Miejsce pracy: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

Katedra Geofizyki

30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30,

tel. 126172359, e-mail: moscicki@geol.agh.edu.pl

2. Wykształcenie

1966 – 1971 studia w zakresie *geofizyki poszukiwawczej* na Wydziale Geologiczno-Poszukiwawczym Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Praca dyplomowa:

„Możliwości pomiaru gęstości torfów metodą gamma-gamma w zakresie 0.6 – 1.4 g/cm³”

wykonana w Instytucie Techniki Jądrowej AGH pod kierunkiem

prof. dr hab. inż. J.A. Czubka i dr Jana Woźniaka

Uzyskany tytuł: **mgr inżynier geofizyk** – 2 październik 1971 r.

1972 – przyjęcie na studia podyplomowe (doktoranckie) na rok 972-73 w University of Pennsylvania, Department of Geology (USA), ale z przyczyn nieznanych odmówiono (strona polska) zgody na wyjazd do Stanów Zjednoczonych;

1979 – obrona, na Wydziale Geologiczno-Poszukiwawczym Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, rozprawy doktorskiej:

„Lokalizowanie wyrobisk podziemnych metodą geotermiczną”

Promotor: Prof. dr hab. inż. Stanisław Małoszewski.

Rozprawa została wyróżniona przez Radę Wydziału Geologiczno-Poszukiwawczego AGH i nagrodzona przez Rektora Uczelni.

Uzyskany tytuł: **doktor nauk technicznych** - 7 maja 1979 r.

3. Zatrudnienie

1971 – podjęcie pracy w Międzyresortowym Instytucie Geofizyki Stosowanej i Geologii Naftowej, Wydziału Geologiczno-Poszukiwawczego AGH; początkowo jako inżynier stażysta, później jako asystent i st. asystent, a po uzyskaniu doktoratu w 1979 – do chwili obecnej, praca na stanowisku adiunkta w (aktualnie) Katedrze Geofizyki, Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

A. Tytuł osiągnięcia naukowego:

Badanie metodami geoelektrycznymi właściwości, struktur i procesów zachodzących w utworach przypowierzchniowych

B. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

- {M1} Mościcki J., 1998 – Geoelektryczne badania penetracyjne – rozpoznawanie budowy i właściwości ośrodka geologicznego. *Penetrometer-Based Geoelectrical investigations – a tool for sub-surface geology research*.
Kwartalnik Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, Geologia, Tom 24, Zeszyt 2, s.137-149
- {M2} Mościcki J., 1998 - Efekty elektrochemiczne w geoelektrycznych badaniach penetracyjnych *Electrochemical effects in penetrometer-based geoelectric investigations*., „Współczesne Problemy Geologii Inżynierskiej w Polsce” Jerzy Liszkowski [red.] WIND – J. Wojewoda, Wrocław s. 273 – 279
- {M3} Mościcki W.J., 2002 - Natura czasowych zmian oporności elektrycznej przypowierzchniowych utworów geologicznych w warunkach występowania szkód wywołanych podziemną eksploatacją górnictwem. W: „Badania geofizyczne środowiska geologicznego”. *The nature of time-dependent changes of apparent resistivity in near-surface rocks influenced by underground mining*. Publs. Inst. Geophys., Pol. Acad. Sc., **Monographic volume M-27** (352), Geophysical Research of Geological Environment, ed. J. Jarzyna, pp 155-165. ISBN-83-88765-24-8, ISSN-0138-015X
- {M4} Mościcki W.J., Antoniuk J. 2002 - Zastosowanie metod geoelektrycznych w badaniach związanych z ochroną środowiska geologicznego. W: „Badania geofizyczne środowiska geologicznego”. *Application of geoelectric methods into studying of geological environment influenced by human activity*. Publs. Inst. Geophys., Pol. Acad. Sc., **Monographic volume M-27** (352) Geophysical Research of Geological Environment, ed. J. Jarzyna, pp 179-193. ISBN-83-88765-24-8, ISSN-0138-015X

Publikacja powstała w wyniku mojej współpracy z dr J. Antoniukiem w zakresie: opracowania metodyki badań geoelektrycznych, wykonania badań terenowych, analizy i interpretacji badań. Mój udział był nieco większy w zakresie metody resistivity imaging (ERT) i badań penetracyjnych, a dr Antoniuka w zakresie dipolowych profilowań indukcyjnych. Przygotowałem też publikację od strony edycyjnej. Mój udział w całości pracy szacuję na 55%.

{M5} Mościcki W.J. 2009 – Characterization of near-surface sediments based on combined geoelectric studies at Starunia paleontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, vol 79, no3. p.333-342, ISSN 0208-9068

(IF = 0,619)

{M6} Mościcki W.J., Sokołowski T. 2009 – Electric resistivity and compactness of sediments in the vicinity of boreholes drilled in the years 2007-2008 in the area of Starunia paleontological site (Carpathian region, Ukraine). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, vol 79, no3. p.343-356, ISSN 0208-9068

(IF = 0,619)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wykonaniu geoelektrycznych badań metodami azymutalnych sondowań pole-dipole i penetracyjnych profilowań oporności, ich analizie i opracowaniu, oraz na udziale w dyskusji kontekstowej, geofizyczno/geologicznej, interpretacji wyników badań.

Mój udział w całości pracy szacuję na 60%.

{M7} Mościcki W.J., Kędzia S. 2001 - Investigation of mountain permafrost in the Kozia Dolinka valley, Tatra Mountains, Poland.

Norsk.Geograf.Tids. Vol55, pp. 235-240, Oslo, ISSN 0029-1951

(IF = 0,422)²⁰¹¹

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współ-wykonaniu badań terenowych: pomiarów geotermicznych i sondowań elektrooporowych. Przeprowadziłem też interpretację badań geoelektrycznych i eksperymentalne pomiary w skali laboratoryjnej, oraz brałem udział w geomorfologiczno/klimatologicznej, kontekstowej dyskusji całości wyników badań.

Mój udział w całości pracy szacuję na 60%.

{M8} Mościcki W.J., Kotarba A., Kędzia S., 2006 - GLACIAL EROSION IN THE ABISKO MOUNTAINS, NORTHERN SWEDEN,

Geografiska Annaler, (Series A Physical Geography) , 88 A (2) : 151-173

(IF = 1,042)²⁰¹¹ * 5year-mean (1.594)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaprojektowaniu i wykonaniu: terenowych badań geofizycznych metodą sondowań elektrooporowych; wariantowej interpretacji i opracowaniu graficznym wyników badań geoelektrycznych. Współuczestniczyłem w kontekstowej, geomorfologiczno/geofizycznej, analizie wyników badań.

Mój udział w całości pracy szacuję na 60%.

{M9} Domogalla W., Mościcki W.J., 2006 Zastosowanie geofizycznych badań elektrooporowych w rozpoznaniu morfologii antropogenicznej – na przykładzie zamku Błogosławionej Salomei w Grodzisku pod Skałą (Małopolska). *Application of geophysical resistivity methods to recognition of anthropogenic morphology – a case story of the Blessed Salomea castle in Grodzisko near Skala (Malopolska province, south Poland).*

Kwartalnik Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, Geologia 2006, Tom 32, zeszyt 4, 405-418, ISSN 0138-0974

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: zaprojektowaniu i wykonaniu terenowych badań geoelektrycznych metodami tomografii elektrooporowej i penetracyjnego profilowania oporności; interpretacji i opracowaniu graficznym wyników pomiarów. Współuczestniczyłem w kontekstowej, archeologiczno/geofizycznej analizie wyników badań. Mój udział w całości pracy szacuję na 50%.

Omówienie celu naukowego - komentarz autorski

Przedstawiony powyżej zbiór jedno-tematycznych publikacji poświęcony jest problematyce **efektywnego stosowania geoelektrycznych metod powierzchniowych i penetracyjnych w rozpoznawaniu płytkiego środowiska geologicznego** - zarówno naturalnego, jak i przekształconego przez człowieka. Użyte określenie *efektywne* odnosi się takich kwestii, jak rozwój nowych metod pomiarowych i interpretacyjnych, optymalizowanie metodyki prowadzenia badań, oraz kontekstowa interpretacja. Pod określeniem *płytki (near-surface)* należy rozumieć pierwszych kilka – kilkanaście (maksymalnie kilkadziesiąt) metrów ośrodka leżącego bezpośrednio pod powierzchnią terenu. Jest to przedział głębokościowy szczególnie interesujący, bowiem przebiega w nim większość zjawisk i procesów wpływających na stan (a w tym, nierzadko, na degradację) środowiska geologicznego.

Do badań tej przypowierzchniowej strefy litosfery szczególnie dobrze nadają się geofizyczne ***metody geoelektryczne***¹, zarówno powierzchniowe, jak i penetracyjne.

W omawianej strefie mamy do czynienia z takimi problemami jak: chemiczne zanieczyszczenie wód podziemnych, skażenie gruntu i skał przez składowiska odpadów przemysłowych i komunalnych, deformacje i zmiany struktury górotworu związane z działalnością górniczą lub inżynierską i inne. Są one wyrazem narastającej antropopresji na środowisko przyrodnicze, w tym również geologiczne {M3, M4}.

Badanie budowy utworów przypowierzchniowych metodami geoelektrycznymi może dostarczać również informacji o skutkach przebiegu zjawisk o zasięgu globalnym. Dotyczy to zarówno tych, które wystąpiły w przeszłości (np. zasięg erozji glacialnej podczas zlodowaceń {M7}) jak i zachodzących współcześnie, a mogących odzwierciedlać wpływ człowieka na środowisko (np. zmiany klimatu, których czułym wskaźnikiem jest/może być, między innymi, wieloletnia zmarzlina {M8}).

¹ *Jest oczywiście najkorzystniejsze, gdy badania prowadzone są interdyscyplinarnie z wykorzystaniem różnych metod badawczych, nie tylko geofizycznych. Taka sytuacja ma miejsce, jednakże, nieczęsto.*

Dodatkowo, utwory przypowierzchniowe często kryją w sobie nawarstwienia historyczne, obiekty archeologiczne, architektoniczne czy też paleontologiczne - stanowiące cenne dziedzictwo kulturowe - wymagające wykrycia, zbadania, opisanie i ochrony {M5, M6, M9}.

W większości wymienionych zagadnień badaniu muszą podlegać zjawiska (lub ich pośrednie efekty), które :

- zachodzą w obrębie niejednorodnych utworów przypowierzchniowych (najczęściej czwartorzędowych, słabo skonsolidowanych), często bardzo płytko,
- współwystępują z różnymi zjawiskami klimatycznymi i przyrodniczymi mogącymi istotnie zmieniać fizyczno-mechaniczne parametry ośrodka (należą do nich dobowe, roczne i nieokresowe zmiany temperatury, wahania wilgotności gruntu oraz poziomu zwierciadła wód podziemnych, aktywność świata roślinnego i inne),
- mogą być związane ze zmianami chemizmu w środowisku geologicznym/hydrogeologicznym,
- często powodują zaburzenia w pierwotnej strukturze skały (gruntu),
- zmieniają się w czasie zarówno w zakresie zasięgu przestrzennego, jak i intensywności,
- mogą występować w obecności skomplikowanej morfologii terenu, którego powierzchnia może mieć zróżnicowane pokrycie (co jest niekorzystne).

W pewnych przypadkach badania muszą być prowadzone w terenach zabudowanych, w obecności infrastruktury naziemnej i podziemnej (często o nieznanym lokalizacji czy przebiegu). Obiekty takie zarówno utrudniają wykonanie pomiarów, jak i zaburzają (maskują) „użyteczne” efekty/anomalie geofizyczne, wprowadzając dodatkową niepewność do interpretacji badań.

Metodyka badań geoelektrycznych - zarówno powierzchniowych, jak i penetracyjnych - ich zakres i sposób interpretacji powinna uwzględniać powyższe uwarunkowania, a ponadto umożliwiać jej elastyczne „dopasowanie” do specyfiki *konkretnego* problemu.

Geoelektryczne badania **powierzchniowe** wykorzystywane przez mnie w wymienionej problematyce to: ***sondowania elektrooporowe układami Schlumberger’a symetrycznymi i azymutalnymi trójelektrodowymi (pole-dipole), obrazowanie elektrooporowe (resistivity imaging) i dipolowe profilowania indukcyjne***. Są one wspomagane ***badaniami wykorzystującymi penetracyjne zagłębienie specjalnych, geoelektrycznych sond pomiarowych***.

W przypadku badań geofizycznych niezbędna jest identyfikacja wykrytych anomalii i ich weryfikacja („kalibracja”). Nie jest to łatwe z uwagi na *niejednoznaczność interpretacji* danych pomiarowych, zwłaszcza powierzchniowych.

Generalizując możemy mieć do czynienia z dwoma rodzajami niejednoznaczności:

- *niejednoznaczność ilościowej interpretacji geofizycznej* (parametryczno-geometrycznej) wyników pomiarów (inaczej wieloznaczność), która jest immanentną cechą wszystkich metod geofizycznych,

- *niejednoznaczność kontekstowa*, związana z „przetłumaczeniem” wyników interpretacji geofizycznej na język „odbiorcy” badań (geomorfologa, ekologa, archeologa...). W badaniach geoelektrycznych podstawowym parametrem, do którego odnoszą się wyniki badań jest *elektryczna oporność* (przewodność) skał. Oporność cechuje się największym zakresem zmienności spośród wszystkich właściwości (geo)fizycznych ośrodka geologicznego. Dotyczy to nie tylko porównania na poziomie minerałów skałotwórczych (np. kwarc $>10^{10} \Omega\text{m}$; hematyt, piryt $<10^{-1} \Omega\text{m}$), ale również utworów geologicznych/ośrodka jako całości (np. utwory czwartorzędowe w strefie wypływu słonych wód podziemnych $<1 \Omega\text{m}$ - {M5}; wieloletnia zmarzlina $>10^5 \Omega\text{m}$ - {M8}). Generalnie oceniając, takie zróżnicowanie jest korzystne z badawczego punktu widzenia. Tym niemniej jednak często zdarza się, że różne utwory geologiczne mają zbliżone wartości oporności. Decydują o tym *lokalne* warunki w jakich utwory te występują. Powoduje to pojawianie się niejednoznaczności „odczytania” wyników badań geoelektrycznych w kategoriach związanych z celem badań (czyli wspomniana wyżej *niejednoznaczność kontekstowa*²).

Praktycznym wyzwaniem jest ograniczanie obu typów niejednoznaczności. W przypadku, gdy badany ośrodek przypowierzchniowy jest zbudowany z utworów słabo skonsolidowanych, luźnych (naturalnych lub antropogenicznych), pomocne w ograniczeniu niejednoznaczności interpretacji powierzchniowych anomalii geoelektrycznych, a jednocześnie ich „kalibracji”, są geoelektryczne badania penetracyjne. W najprostszym wariancie mogą to być *penetracyjne profilowania oporności* (PPO). Okazuje się jednak, że możliwości są tu dużo większe i obejmują pomiary potencjału elektrycznego, efektów „elektrodowych” i zmienności czasowej różnych parametrów. Dodatkowo, w połączeniu z technikami powierzchniowymi, umożliwiają one swoje prześwietlenie górotworu. Te użyteczne metody to wspomniane wyżej ***geoelektryczne badania penetracyjne*** (GBP) {M1, M2}.

Problemem stale aktualnym jest kwestia finalnego przedstawienia wyników *całości* badań geofizycznych w „języku” geologicznym, archeologicznym czy ekologicznym. Oczywiście, nie jest to możliwe bez interdyscyplinarnej współpracy, a każdy zweryfikowany przypadek badań jest w tym aspekcie cenny {M4, M7, M9}.

² *Kompleksowe stosowanie różnych metod, i uwzględnianie informacji poza-geofizycznych, zazwyczaj owocuje istotnym zawężeniem owego pola niejednoznaczności interpretacji kontekstowej*

Komentarz do:

{M1} Mościcki J. 1998 – Geoelektryczne badania penetracyjne – rozpoznawanie budowy i właściwości ośrodka geologicznego. *Penetrometer-Based Geoelectrical investigations – a tool for sub-surface geology research* GEOLOGIA, Tom 24, Zeszyt 2, s.137-149

{M2} Mościcki J. 1998 - Efekty elektrochemiczne w geoelektrycznych badaniach penetracyjnych. *Electrochemical effects in penetrometer-based geoelectric investigation*.
„Współczesne Problemy Geologii Inżynierskiej w Polsce”
Jerzy Liszkowski [red.] WIND – J. Wojewoda, Wrocław 1998, s. 273 – 279

Badanie i opis zjawisk zachodzących przy zagłębieniu geoelektrycznej sondy penetracyjnej w ośrodek geologiczny nie jest proste. Wydaje się, że należy tu stosować zasadniczo podejście doświadczalne (eksperymentalne) z uwagi na skomplikowany charakter dynamicznych zjawisk zachodzących wówczas w ośrodku - zjawisk trudnych (lub niemożliwych) do analitycznego opisanie. W trakcie wbijania sondy ośrodek geologiczny ulega lokalnemu odkształceniu. Jest ono zależne od budowy i właściwości ośrodka w danym miejscu. Matryca skalna zostaje częściowo zniszczona i zagęszczona. Substancje wypełniające przestrzenie porowe (gazy / ciecze) ulegają kompresji, która później podlega relaksacji. Jednocześnie metalowa sonda wchodzi w reakcje z elektrolitem jakim jest wilgoć/woda zawarta w skale, co zmienia jej potencjał elektryczny. Dodatkowo, już w trakcie pomiarów elektrycznych, którym towarzyszy przepływ prądu, zachodzą różne procesy elektrochemiczne. Wszystkie te zjawiska są zmienne w czasie, mają zmienny „kierunek”, a ich „stałe czasowe” mogą znacznie się różnić. Potwierdzają to obserwacje terenowe. Np. setki wykonanych przeze mnie pomiarów pokazują, że *opór uziemienia* sondy jedno-okładkowej często zmienia się w czasie (rośnie lub maleje) bezpośrednio po wbiciu w ośrodek. Czas osiągnięcia stabilnej (w przybliżeniu) wartości oporu uziemienia liczony jest w sekundach.

Pewne podstawowe zależności jakościowe/ilościowe można badać w warunkach laboratoryjnych. Należy jednak zdawać sobie sprawę z trudności pomiarów tego rodzaju z uwagi na niszczący charakter badań. Wbicie sondy w ośrodek powoduje jego lokalną destrukcję i powtórne wykorzystanie modelu nie jest na ogół możliwe. Jednak nawet ponowne jak najstaranniejsze (i pracochłonne) przygotowanie nowego modelu danego ośrodka nie gwarantuje dokładnego odtworzenia jego parametrów. Ponadto wyniki pomiarów mogą częściowo zależeć od techniki pomiarowej (tak od strony mechanicznej: średnica sondy, rodzaj, ilość i budowa elektrod/okładek, szybkość wbijania, jak i elektronicznej/mierniczej: kolejność pomiaru różnych zjawisk, czas włączania/wyłączania prądu i jego natężenie itp.). Oprócz zagadnień opisanych w pracach {M1 i M2} należy wspomnieć o interesujących wynikach eksperymentów nad efektami wywołanymi obecnością skażeń ropopochodnych³ w ośrodku. Badania wykonywałem w specjalnej kolumnie zawierającej model utworów luźnych (Fig.1) dla dwóch sytuacji: normalnej,

³ „Właściwości geoelektryczne utworów skalnych i wód skażonych substancjami chemicznymi i ropopochodnymi” Mościcki J., Prace własne [Umowa AGH: 10.10.140.817], Kraków, luty 2003, II-II16

gdy ośrodek był zawodniony/wilgotny – **N1**, oraz dla sytuacji „dodania” skażeń ropopochodnych (oleju napędowego) – **R1**. Fig. 2 pokazuje zmiany rozkładu potencjału mierzonego specjalną sondą dwu-okładkową. Efekt wywołany obecnością skażeń jest dobrze widoczny. Dotyczy on nie tylko bezwzględnej wartości ΔV , ale również zachowania się ΔV w czasie. Ilustruje to Fig.3 pokazująca fragmenty krzywych pomiarowych z uwzględnieniem ich przebiegu czasowego. Widoczne zróżnicowanie dla sytuacji normalnej (brak skażeń ropopochodnych) i dla obecności skażeń może być ilościowo opisane przez wyznaczenie przybliżonych „stałych czasowych” zmian ΔV . Przykład takich oszacowań, dla wybranego fragmentu krzywych pomiarowych, jest pokazany na Fig.4

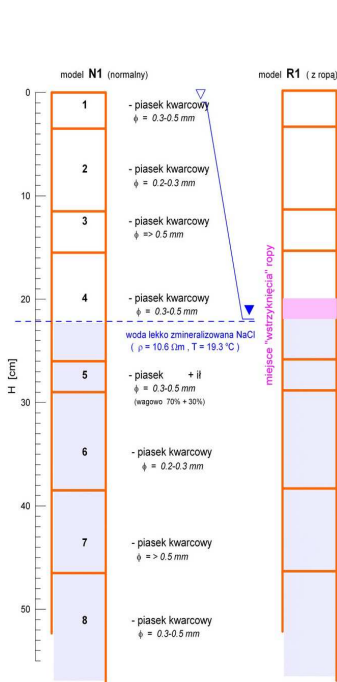


Fig.1

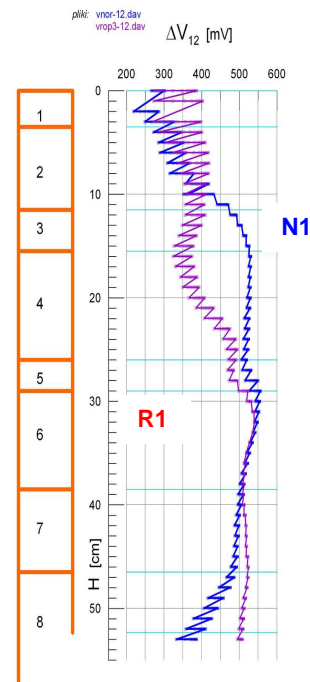


Fig.2

„Przełożenie” wyników takich badań laboratoryjnych na wymiar praktyczny wymagałoby wielokrotnego potwierdzenia wykrytych prawidłowości, a potem konstrukcji *odpowiedniej* aparatury terenowej i *specjalnych* sond pomiarowych.

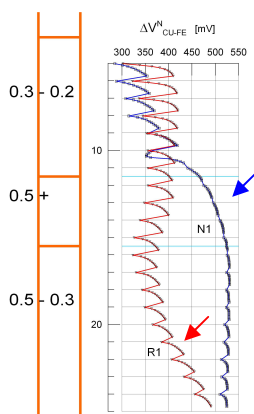


Fig.3

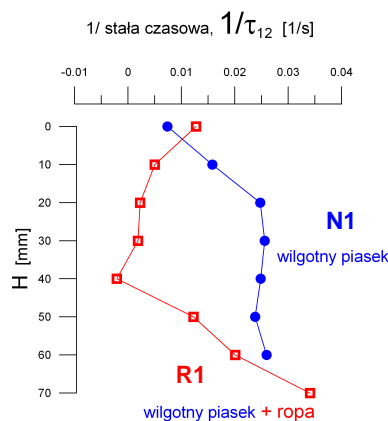


Fig. 4

Komentarz do:

{M3} Mościcki W.J., 2002 Natura czasowych zmian oporności elektrycznej przypowierzchniowych utworów geologicznych w warunkach występowania szkód wywołanych podziemną eksploatacją górnictwem. W: „Badania geofizyczne środowiska geologicznego”. *The nature of time-dependent changes of apparent resistivity in near-surface rocks influenced by underground mining*. Publ. Inst. Geophys., Pol. Acad. Sc., Monographic volume M-27 (352), Geophysical Research of Geological Environment, ed. J. Jarzyna, pp 155-165 ISBN-83-88765-24-8, ISSN-0138-015X

Podziemnej eksploatacji górnictwem towarzyszą niekorzystne zjawiska zagrażające powierzchni terenu. Należą do nich między innymi rozluźnienia górotworu, często o charakterze „pustek” wędrujących ku powierzchni ziemi. Konsekwencją tych procesów mogą być nieciągłe deformacje ośrodka geologicznego, szczeliny, zapadliska itp. Do najważniejszych zagadnień należy monitoring/prognostowanie mogących nastąpić niekorzystnych zjawisk. Problemy te badane są między innymi przy pomocy metod geofizycznych, w szczególności grawimetrii⁴. W publikacji {M3} pokazałem przypadek, gdy skuteczne okazało się prowadzenie monitoringu elektrooporowego w systemie profilowań multielektrodowych, popartych badaniami penetracyjnymi. Prosta analiza 1D (szerzej poruszam tą kwestię w komentarzu do publikacji {M9}) wyników takiego monitoringu pozwala wytłumaczyć zarówno cechy rejestrowanych rozkładów oporności pozornej, jak i ich zmienność w czasie. Współcześnie, zarówno pomiary tego typu, jak i analiza danych pomiarowych, mogą być prowadzone efektywniej w związku z rozwojem metody *resistivity imaging*^{5,6} inaczej określanej jako ERT (*electric resistivity tomography*) lub *obrazowanie elektrooporowe*.

Figura 5 pokazuje efekt zastosowania przez mnie programu RES2DINV do inwersji danych pomiarowych z Wieliczki (dla symetrycznego układu Wenner’a). W tym przypadku jest to interpretacja standardowa z automatyczną aranżacją bloków⁷ tworzących model 2D ośrodka. Użyty obraz rozkładu oporności wyinterpretowanej jest dużo bardziej drobiazgowy, tym niemniej jego ogólny charakter potwierdza wyniki uproszczonej analizy przeprowadzonej w artykule {M3}. Można zwrócić uwagę na to, że program RES2DINV bazuje na założeniu rozwiązania numerycznego z zastosowaniem warunku *smoothness constrain*, co skutkuje pewnymi ograniczeniami w odtwarzaniu / wyznaczaniu ostrych granic w ośrodku (o ile takie występują).

⁴ Fajkiewicz Z., Jakiel K., Madej J., Przućek S., 1994 – Wyniki grawimetrycznej prognozy zagrożenia powierzchni terenu w centrum Wieliczki po wypływie w poprzeczni Mina w 1992 r. W; Mat. Konf. Ekologia w górnictwie, a geofizyka. S. 143-152 Ustroń – Zawodzie, 1994

⁵ Loke M.H., Barker R.D., 1966 – Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44, 131-152

⁶ Dahlin T., 1966 - 2D resistivity surveying for environmental and engineering applications. *First Break*, 14, 275-284

⁷ RES2DINV – Rapid 2D Resistivity & IP inversion using the least-squares method. Geotomo Software. (www.geoelectrical.com)

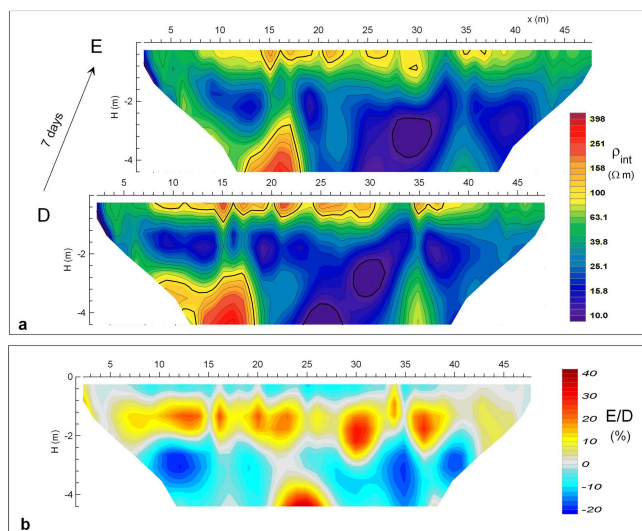


Fig. 5 Inwersja 2D danych z {M3} przy użyciu programu RES2DINV
a - zestawienie przekrojów oporności wyinterpretowanej dla dwóch, kolejnych serii pomiarowych: D i E
b - względne zmiany oporności wyinterpretowanej, które pojawiły się przed wystąpieniem ekstremalnych odkształceń powierzchni terenu (wg pomiarów geodezyjnych na reperach)

Komentarz do:

{M4} Mościcki W.J. Antoniuk J. 2002, Zastosowanie metod geoelektrycznych w badaniach związanych z ochroną środowiska geologicznego. W: „Badania geofizyczne środowiska geologicznego”. *Application of geoelectric methods into studying of geological environment influenced by human activity*. Publ. Inst. Geophys., Pol. Acad. Sc., Monographic volume M-27 (352) Geophysical Research of Geological Environment, ed. J. Jarzyna, pp 179-193. ISBN-83-88765-24-8, ISSN-0138-015X

Artykuł ten charakteryzuje moje wieloletnie badania (przy współpracy z dr Januszem Antoniukiem) w zakresie sozologicznych zastosowań metod geoelektrycznych. W szczególności badania prowadzone przez prawie piętnaście lat w otoczeniu Składowiska Odpadów poflotacyjnych „Żelazny Most” (LGOM) zaowocowały opracowaniem skutecznej metodyki badania metodami geoelektrycznymi rozchodzenia się skażonych wód podziemnych.

W wykrywaniu i *powierzchniowym* kartowaniu „jęzorów” zanieczyszczeń szczególnie efektywne są odpowiednio zaplanowane i wykonane dipolowe profilowania indukcyjne. Widać to dobrze na Fig.6 pokazującej wykrytą tą metodą⁸ „nową” (nieznaną wcześniej), oznaczoną symbolem III, anomalię przewodności pozornej ośrodka. Była ona później przedmiotem szczegółowych badań powierzchniowych (por. Rys.1 z {M4}). Natomiast *charakterystyka głębokościowo-przestrzenna* rejonów anomalnych jest określana na podstawie badań elektrooporowych: resistivity imaging i penetracyjnych badań geoelektrycznych. Przykład skuteczności geoelektrycznych badań penetracyjnych wykonanych na przedpolu zapory zachodniej składowiska „Że-

⁸ Antoniuk J., Mościcki W.J. 1996 - Investigation of polluted underground water with electrical and electromagnetic methods. Case of the „Żelazny Most” settling reservoir. *2nd meeting „Environmental & Engineering Geophysics”, Proceedings p. 339-342, Nantes, France*

łazny Most” pokazany jest na Fig.7 (która uzupełnia informacje zawarte na Rys.3 i Rys.4 z {M4}).

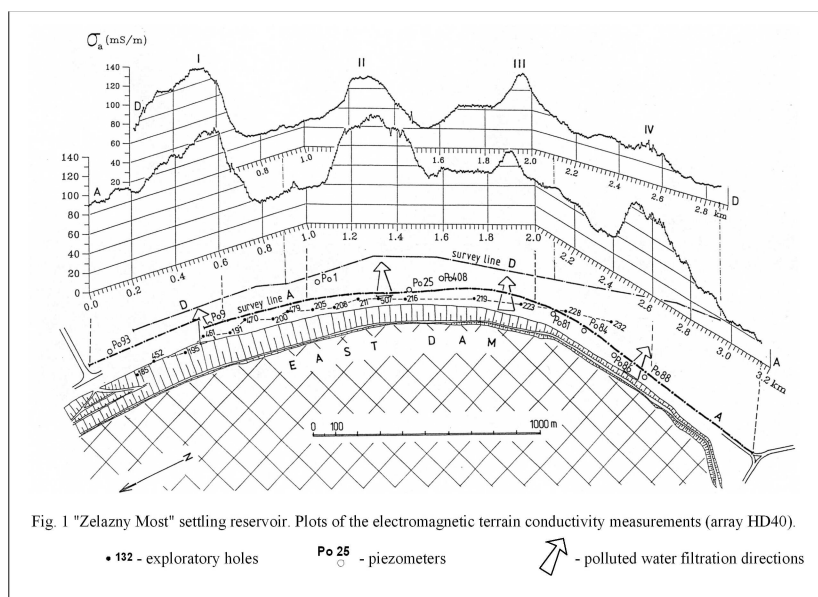


Fig.6 Badania elektromagnetyczne na wschodnim przedpołu zbiornika osadów poflotacyjnych z przeróbki rud miedzi „Żelazny Most” k. Legnicy (za: Antoniuk J., Mościcki W.J. 1996⁸)

Na fragmencie mapy przewodności pozornej przedstawionej na Fig. 7a, ukazującej wykryty i skartowany przez nas „jęzor” skażeń⁹, zaznaczone są kolorowymi kółkami miejsca wykonania badań metodą penetracyjnego profilowania oporności (PPO). Zestawione obok na Fig. 7b wykresy PPO ukazują wyraźne, łatwe do interpretacji rozkłady oporności ośrodka (a pośrednio mineralizacji wody podziemnej) z głębokością. Przebieg krzywych różni się znacząco w przypadku występowania skażeń (co miało miejsca na stanowisku *Wlas*, a częściowo również na *W150*) od sytuacji, gdy skażonych wód podziemnych nie ma (stanowisko *W350* – występują tu głównie miększe utwory gliniaste/liaste). Warto przy okazji zaznaczyć, że same tylko badania powierzchniowe nie umożliwiłyby wykrycia skażeń wód podziemnych na stanowisku *W150*. Powodem jest to, że w tym przypadku niskooporowa strefa występowania skażonych wód podziemnych (mniej więcej na głębokości 5-7 m) jest „zamaskowana” przez wyskooporowy, w przewodze piaszczysty, nadkład o miąższości ok. 4 m.

⁹ Antoniuk J., Mościcki W.J., Janicki K. 2003 Badania geoelektryczne rozprzestrzeniania się wód skażonych chemicznie ze składowiska odpadów poflotacyjnych „Żelazny Most” *Geoelectric investigations of migration of chemically-polluted waters from the post-flotation settlement reservoir “Żelazny Most”* WUG nr 5(117) 2003 Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, s.12-13

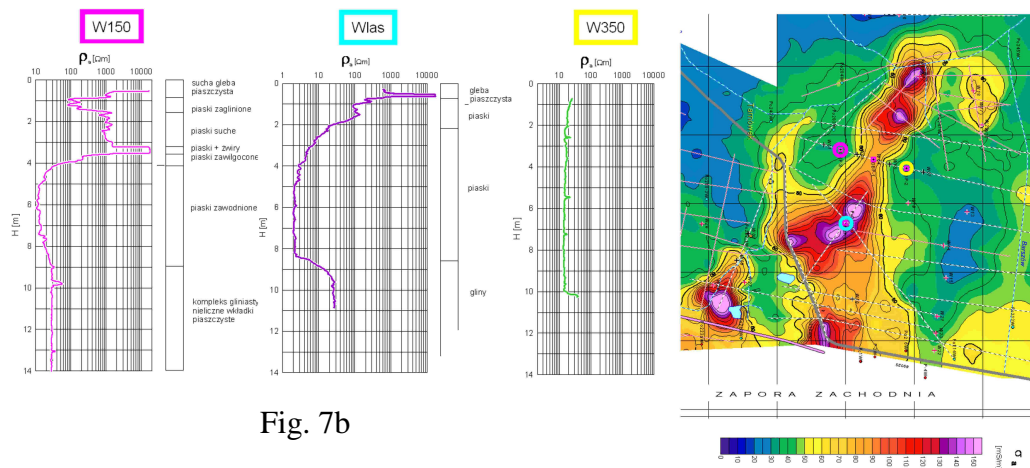


Fig. 7b

Fig. 7a

Komentarz do:

{M5} Mościcki W.J. 2009 – Characterization of near-surface sediments based on combined geoelectric studies at Starunia paleontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine). *Annales Societatis Gelogorum Poloniae*, vol 79, no3. p.333-342, ISSN 0208-9068

{M6} Mościcki W.J., Sokołowski T. 2009 – Electric resistivity and compactness of sediments in the vicinity of breholes drilled in the years 2007-2008 in the area of Starunia paleontological site(Carpathian region, Ukraine). *Annales Societatis Gelogorum Poloniae*, vol 79, no3. p.343-356, ISSN 0208-9068

Obie, uzupełniające się, publikacje ukazują skuteczne wykorzystanie zespołu metod geoelektrycznych (powierzchniowych i penetracyjnych) do rozpoznania budowy i właściwości utworów przypowierzchniowych w szczególnie nietypowym, a jednocześnie cennym (w skali światowej) stanowisku paleontologicznym w Staruni. Jest to obiekt, na którym przeplatają się zagadnienia geologii, geomorfologii, paleontologii i „skażenia” środowiska. Warto podkreślić, że warunki pomiarowe są w tym miejscu skrajnie nietypowe (a jednocześnie trudne) z uwagi na współwystępowanie wpływów solanki, rozlewisk ropy i objawów emisji gazu. Dodatkowo badany teren jest miejscem dawnego wydobywania wosku ziemnego i występują na nim liczne pokopalniane pozostałości antropogeniczne. Są to zarówno elementy konstrukcji naziemnych, hałdy jak i istniejące, lub zlikwidowane szyby/szybiki eksploatacyjne.

Badania geoelektryczne pozwoliły określić zróżnicowanie elektryczno/litologiczne utworów przypowierzchniowych, a także rozpoznać pewne elementy przestrzennej budowy geologicznej utworów przypowierzchniowych. W konsekwencji umożliwiły one okonturowanie *paleobagniska* stanowiącego potencjalne miejsce dalszych znalezisk kopalnych ssaków.

Jednym z niezwykle ciekawych, interdyscyplinarnych wyników badań było stwierdzenie występowania wyraźnego podobieństwa między rozkładem anomalii oporności elektrycznej utwo-

rów przypowierzchniowych, a rozkładem powierzchniowych anomalii geochemicznych związanych ze składem gazów glebowych¹⁰. To wyraźne podobieństwo rozkładu wspomnianych anomalii widoczne jest na Fig. 8. Porównanie map sugeruje występowanie wspólnych dróg transportu (wypływu) wód podziemnych i gazów wglębnych. Daje też przesłanki do rozważań, czy i jaką rolę odgrywa wypływ podziemnych wód na rozprzestrzenianie się i migrację gazów w środowisku gruntowo-wodnym.

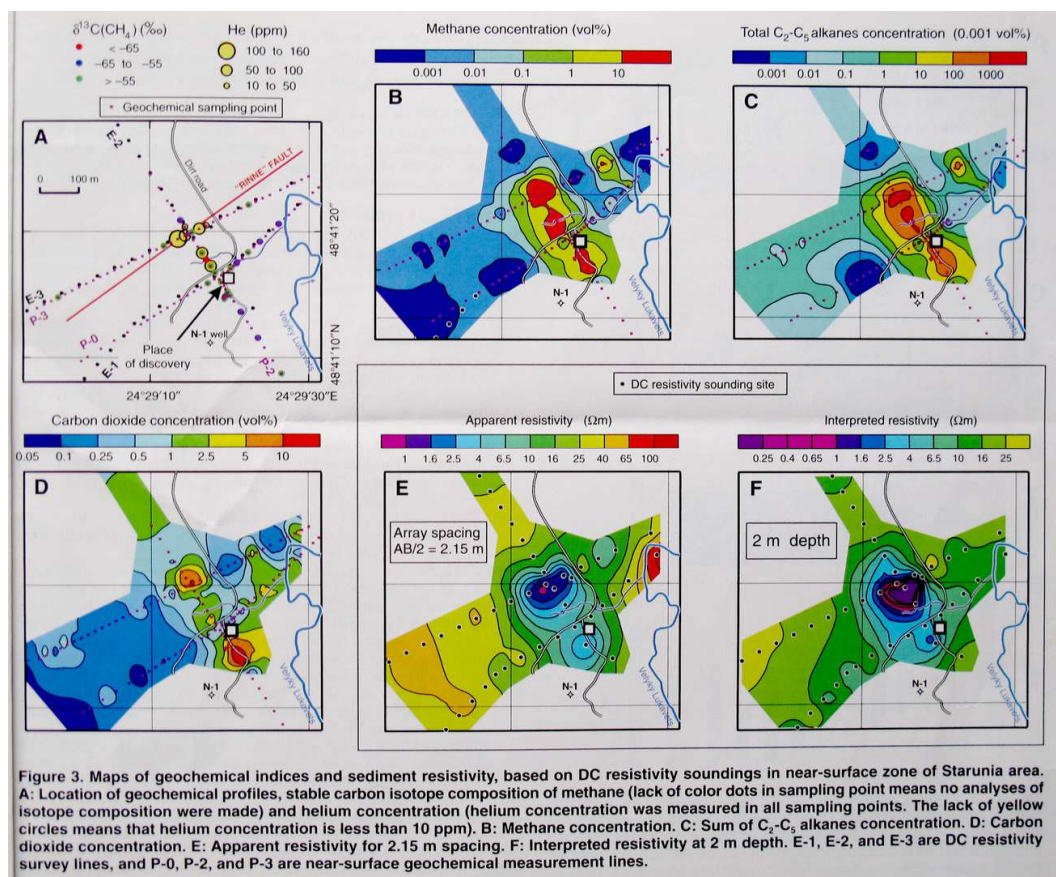


Fig. 8 Zmienność składu i stężeń gazów glebowych oraz oporności utworów przypowierzchniowych na stanowisku paleontologicznym w Staruni. Wg: Kotarba et al. 2008¹¹

¹⁰ Kotarba M.J., Sechman H., Dzieńiewicz M. 2009 – Distribution and origin of gaseous hydrocarbons and carbon dioxide in the Quaternary sediments at Starunia paleontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine) *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, vol 79, no.3. p.403-420, ISSN 0208-9068

¹¹ Kotarba M.J., Dzieńiewicz M., Mościcki W.J., Sechman H. 2008 – Unique Quaternary environment for discoveries of woolly rhinoceros in Starunia, fore-Carpathian region, Ukraine: Geochemical and geoelectric studies. *Geology*, July 2008; vol.36; no.7; p.567-570

Komentarz do:

{M7} Mościcki W.J., Kędzia S. 2001 - Investigation of mountain permafrost in the Kožia Dolinka valley, Tatra Mountains, Poland. *Norsk.Geograf.Tids. Vol55*,pp. 235-240, Oslo, ISSN 0029-1951

{M8} Mościcki W.J., Kotarba A., Kędzia S., 2006 - GLACIAL EROSION IN THE ABISKO MOUNTAINS, NORTHERN SWEDEN, *Geografiska Annaler, (Series A Physical Geography)*, 88 A (2) : 151-173

Oba artykuły dotyczą skutecznego wykorzystania *metody elektrooporowej* w zagadnieniach geomorfologii górskiej.

Podstawą do zastosowania pomiarów elektrooporowych w badaniach wieloletniej zmarzliny (*permafrost*) są właściwości lodu i/lub przemarzniętych utworów skalnych. Mają one bardzo wysoką oporność właściwą w porównaniu z otoczeniem, co powoduje, że wywołują wyraźne anomalie wysokooporowe. Tym niemniej, stosowanie warunkach górskich sondowań elektrooporowych (lub metody resistivity imaging) nie jest łatwe z uwagi, między innymi, na skomplikowaną morfologię powierzchni i warunki pomiarowe. Dodatkowo, zwłaszcza w odniesieniu do tzw. zmarzliny nieciągłej (sporadic permafrost), krzywe sondowań mogą być w sposób specyficzny zaburzone i są nieinterpretowalne modelem 1D. Dla omawianego w {M7} przypadku wieloletniej zmarzliny w Koziej Dolince w Tatrach Wysokich zaburzenia te wyjaśniłem na drodze modelowania fizycznego w skali laboratoryjnej. Należy przy okazji wspomnieć, że w środowisku badaczy „perylacjalnych” próbowano dokonać klasyfikacji krzywych sondowań¹² ze względu na ich kształt w konkretnych sytuacjach geomorfologicznych. Z geofizycznego punktu widzenia takie podejście nie wydaje się uzasadnione, gdyż nie uwzględnia ono fundamentalnej zależności kształtu krzywych sondowań od kontrastu oporności (a nie od wartości bezwzględnych tego parametru), oraz od charakteru topografii terenu badań¹³.

Artykuł {M8} podsumowuje efektywne wykorzystanie metody elektrooporowej w badaniach podłoża dolin górskich modelowanych przez lodowce. W latach 1998, 2001 i 2003 prowadziłem badania elektrooporowe w Górach Abisko (północna Szwecja) w ramach współpracy między Polską Akademią Nauk (prof. dr hab. Adam Kotarba) i Szwedzką Akademią Nauk (dr Christer Jonasson). Współpraca naukowa dotyczy porównawczego badania Tatr i Gór Abisko pod kątem przebiegu wybranych procesów geomorfologicznych. Rekonesansowe badania elektrooporowe (w czasie dwóch, letnich sezonów pomiarowych wykonaliśmy ponad 80 sondowań)

¹² Hauck C., Kneisel C., 2008. Applied geophysics in periglacial environments. *Cambridge University Press. p.240*

¹³ Mościcki W.J 2011 – The use of the DC Resistivity Sounding in High Mountain Areas – Example from Periglacial Zone of the Sucha Woda Valley (Tatra Mts., Poland), *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, XLV, 2011,p.107-120, ISSN 0081-6434*

przeprowadzone zostały pod moim kierunkiem w dwóch dolinach położonych za kręgiem polarnym, Kärkevagge i Vassivagge. Interpretacja sondowań pozwoliła na scharakteryzowanie opornościowe i, pośrednio, na zróżnicowanie utworów geologicznych oraz na wykrycie podobnej, specyficznej morfologii (zakrytej) podłoża tych dolin. Jest ona wyrazem erozji glacialnej i późniejszej historii gromadzenia się osadów. W górnej części obu dolin, w polodowcowych przełębieniach, występują wyraźne strefy wypełnione utworami o oporności znacznie niższej od otoczenia, co sugeruje ich glacyfluwialne i/lub fluwialne pochodzenie. Mogą one świadczyć o skomplikowanej historii przeobrażania (erozja wodna/jeziora zastoiskowe) osadów polodowcowych wypełniających przebadane doliny. Do geomorfologicznej, wariantowej oceny tych zjawisk można wykorzystywać analizę zjawiska ekwiwalencji, tak jak pokazałem to w {M8}.

Komentarz do:

- {M9} Domogalla W., Mościcki W.J., 2006 Zastosowanie geofizycznych badań elektrooporowych w rozpoznaniu morfologii antropogenicznej – na przykładzie zamku Błogosławionej Salomei w Grodzisku pod Skatą (Małopolska). *Application of geophysical resistivity methods to recognition of anthropogenic morphology – a case story of the Blessed Salomea castle in Grodzisko near Skala (Malopolska province, south Poland)*.
Kwartalnik Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, Geologia 2006, Tom 32, zeszyt 4, 405-418, ISSN 0138-0974

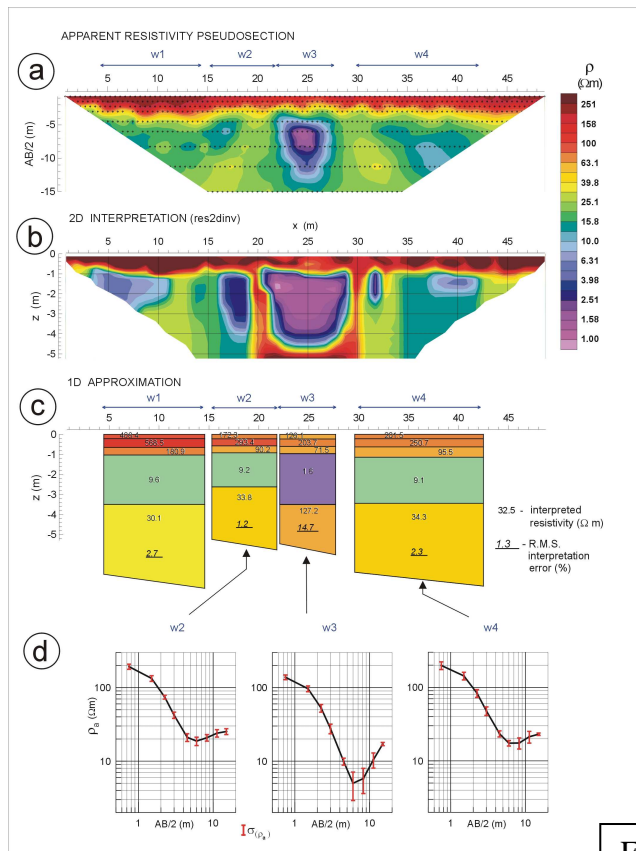
Omawiany przypadek pokazuje jak skuteczne i pomocne może być zastosowanie metod elektrooporowych na etapie planowania archeologicznych prac wykopaliskowych. Mimo skomplikowanych warunków morfologicznych i ograniczonego terenu badań (zamek Błogosławionej Salomei zajmuje wierzchołek wzgórza zbudowanego z wapieni jurajskich) badania elektrooporowe umożliwiły precyzyjne wytypowanie interesujących archeologicznie fragmentów terenu. Późniejsze prace wykopaliskowe znakomicie potwierdziły zbieżność położenia podziemnych elementów architektonicznych z rozkładem anomalii wysokooporowych. Dodatkowo pokazana jest wysoka przydatność penetracyjnych profilowań oporności w rozróżnianiu nawarstwień antropogenicznych.

W przypadku badań warstw przypowierzchniowych w zagadnieniach archeologicznych należy liczyć się z występowaniem *obiektów antropogenicznych* na „tle” *naturalnego ośrodka geologicznego*. Pojawia się przy tym problem odróżniania tych dwóch „składników”, lub przynajmniej szacowania ich „udziału” w mierzonym efekcie geofizycznym. Wymaga to odpowied-

niego podejścia badawczego zarówno na etapie pomiarowym jak i przy późniejszej interpretacji. W przypadku interpretacji badań elektrooporowych wykonanych metodą *resistivity imaging* można wykorzystać tu pomocniczą, uproszczoną analizę 1D, o której wspomniałem omawiając artykuł {M3}. W metodzie tej zakładam, że w przekroju oporności pozornej można wyodrębnić, w sposób arbitralny, fragmenty ("okna"), w których chcemy oszacować lokalną budowę. Przyjmujemy przy tym, że jest to typowy ośrodek warstwowy – „płasko-równoległy”. Na podstawie danych pomiarowych objętych takim „oknem” obliczona zostaje uśredniona krzywa sondowania, wraz z oszacowaniem statystycznym. Krzywa ta jest następnie analizowana (ekstrema, kąty nachylenia gałęzi) w celu wyboru startowego modelu interpretacyjnego 1D. Interpretacja ilościowa przeprowadzana jest metodą najszybszego spadku (*the steepest descent*). Cały proces jest/może być zautomatyzowany. Rezultatem interpretacji „wypreparowanej” krzywej sondowania jest model 1D charakteryzujący budowę w wytypowanym „oknie”. Krzywa i model mogą być dalej wariantowo analizowane z wykorzystaniem standardowych programów do inwersji sondowań elektrooporowych. Podana procedura umożliwia oszacowanie „naturalnej” budowy warstw przypowierzchniowych, przy założeniu jej warstwowego charakteru (częstego w odniesieniu do utworów czwartorzędowych). Metoda jest interaktywna i pozwala w elastyczny (dowolny) sposób wydzielać „okna” do analizy i ustalać parametry dalszej interpretacji.

Przykładem skuteczności takiego podejścia mogą być badania przeprowadzone przeze mnie na Krakowskim Rynku. Na Fig.9 pokazane są wyniki badań metodą *resistivity imaging*, których celem było dokładne zlokalizowanie podziemnego, poniemieckiego zbiornika przeciwpożarowego¹⁴. Widać, że wyniki inwersji 2D (opcja *robust* w programie RES2DINV) wyjątkowo dobrze „oddały” położenie i rozmiary zbiornika - Fig.9b. Tym niemniej, jeżeli nawet występuje „naturalne” warstwowanie ośrodka, to jednak nie zaznaczyło się ono w obrazie „inwersyjnym” (poza całkiem powierzchniową strefą, odpowiadającą praktycznie płytom granitowym i wapiennym stanowiącym wówczas nawierzchnię Rynku). Zastosowanie omówionej, przybliżonej metody 1D, pozwala jednak zauważyć, że charakter utworów przypowierzchniowych może być warstwowy – Fig.9c,d. Przeprowadzone prace wykopaliskowe potwierdziły zarówno doskonałą skuteczność metody *resistivity imaging* (co ilustruje zdjęcie odkopanego zbiornika z naniesionym położeniem linii pomiarowej - Fot.1, widok z wieży Bazyliki Mariackiej), jak i przydatność zaproponowanej metody pomocniczej w ocenie występującego w rzeczywistości naturalnego warstwowania ośrodka geologicznego. Widać je dobrze na Fot.2, wykonanej już po wyburzeniu i usunięciu omawianego zbiornika.

¹⁴ Mościcki W.J 2008 - The application of Resistivity investigations in Archaeology – two case studies from Kraków, Poland. 14th European, Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, Extended Abstracts P58, 15-17 September 2008, Kraków, Poland



Fot.1



Fot.2

Fig.9

Można też dodać, że wcześniej wykonane badania georadarowe, mające na celu zlokalizowanie zbiornika, nie okazały się w tym przypadku skuteczne. Przyczyną była bardzo niska oporność utworów przypowierzchniowych, co stwierdzono dopiero *post factum* na podstawie naszych pomiarów elektrooporowych. Efektem tej niskiej oporności, rzędu $10 \Omega m$, było znaczne tłumienie sygnału radarowego przez ośrodek przypowierzchniowy.

Podsumowanie

Przedstawiony cykl publikacji miał na celu pokazanie możliwości i sposobów efektywnego wykorzystania metod geoelektrycznych do badania właściwości, struktur i zjawisk/procesów zachodzących w utworach przypowierzchniowych.

Do istotnych osiągnięć w tym zakresie osobiście zaliczam:

1. Opracowanie metody geoelektrycznych badań penetracyjnych, które umożliwiają szczegółowe rozpoznanie zmienności nieskonsolidowanych utworów przypowierzchniowych w profilu pionowym. Dodatkowo, wykorzystanie zagłębionej sondy penetracyjnej jako tzw. pograżonego źródła pozwala na przestrzenne badanie ośrodka (rodzaj prześwietlenia (*powierzchnia - otwór*)).
2. Udokumentowanie możliwości wykorzystywania monitoringu elektrooporowego do wykrywania potencjalnego zagrożenia powierzchni deformacjami nieciągłymi. Wyjaśniłem też naturę pojawiających się w takiej sytuacji anomalii elektrooporowych. Zaproponowany przeze mnie sposób przybliżonej analizy przekrojów oporności pozornej ułatwia kontekstową interpretację badań wykonanych metodą resistivity imaging.
3. Opracowanie (wspólnie z dr Januszem Antoniukiem) metodyki kompleksowych, geoelektrycznych badań wód podziemnych skażonych chemicznie. Wykorzystuje ona powierzchniowe profilowania indukcyjne, sondowania azymutalne, metodę resistivity imaging, oraz geoelektryczne badania penetracyjne. Metodyka ta była skutecznie stosowana w praktyce w badaniach i monitoringu oddziaływania składowiska odpadów poflotacyjnych „Żelazny Most” na środowisko hydrogeologiczne.
4. Efektywne, kontekstowe wykorzystanie metod geoelektrycznych w badaniach utworów przypowierzchniowych dla konkretnych zagadnień z zakresu: geomorfologii – udokumentowanie występowania wieloletniej zmarzliny w Tatrach Polskich, rozpoznanie erozji glacialnej w Górach Abisko w Szwecji ; geologii/paleontologii – wykrycie i scharakteryzowanie przestrzenne paleobagniska, miejsca występowania kopalnych nosorożców w Staruni na Ukrainie; archeologii - wykazanie skuteczności powierzchniowych i penetracyjnych metod geoelektrycznych dla potrzeb planowania prac wykopaliskowych i rozpoznawania nawarstwień historycznych.

=====

5. Działalność badawcza, dorobek i osiągnięcia naukowe – życiorys naukowy

Ujęcie chronologiczne; odwołania literaturowe odnoszą się do **Załącznika 3** z uwzględnieniem przyjętej w nim, zgodnie z zaleceniem- wzorem CK, sposobem numeracji rozdziałów i podrozdziałów:

Na przykład:

II-A1 , II-D43 - pozycje w spisie publikacji,
II-I9 - projekty badawcze,
III-M6 - opracowania, ekspertyzy

Studia magisterskie na Wydziale Geologiczno-Poszukiwawczym Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie podjąłem w roku 1966 na kierunku *geofizyka poszukiwawcza*. W okresie studiów swoje zainteresowania naukowe rozwijałem działając w Kole Naukowym Geofizyków (przez pewien czas byłem jego przewodniczącym). W listopadzie 1971 obroniłem pracę dyplomową z zakresu geofizyki jądrowej p.t. „Możliwości pomiaru gęstości torfów metodą gamma-gamma w zakresie 0.6 – 1.4 g/cm³”. Był to problem o charakterze użytkowym, wymagający znacznego nakładu pracy doświadczalno-eksperymentalnej. Wyniki moich badań zostały opublikowane jako Report ITJ (II-D1). Dzięki opiece naukowej Prof. Jana A. Czubka i dr Jana Woźniaka poznałem wówczas „smak” pracy w przyjaznej atmosferze naukowej. Podczas częstych spotkań w Zakładzie Geofizyki Jądrowej, Instytutu Techniki Jądrowej wiele skorzystałem, będąc świadkiem wymiany myśli i dyskusji problemów badawczych przez fizyków (zwłaszcza profesorów: J.A. Czubka i A. Zubera).

Po ukończeniu studiów zostałem przyjęty do pracy w charakterze inżyniera stażysty w Międzyresortowym Instytucie Geofizyki Stosowanej i Geologii Naftowej (dalej MIG), na Wydz. Geologiczno-Poszukiwawczym AGH. Moim bezpośrednim opiekunem naukowym był Prof. dr hab. inż. Juliusz Miecznik specjalizujący się w badaniach geoelektrycznych. Jednocześnie z podjęciem pracy rozpocząłem starania o dostanie się na studia doktoranckie w USA. Weryfikacja moich kwalifikacji przeprowadzona przez stronę amerykańską zaowocowała wstępnym przyjęciem mnie na studia na Wydziale Geologii University of Pennsylvania na rok 1972-1973. Mimo indywidualnego charakteru przyznanego mi stypendium, nie uzyskałem wówczas zgody na wyjazd (powodów do dzisiaj nie znam).

W początkowym okresie mojej pracy zajmowałem się głównie problematyką stosowania metod geoelektrycznych – przede wszystkim metody elektrooporowej – do rozwiązywania **zagadnień geofizyki inżynierskiej i górniczej**. Brałem aktywny udział w terenowych pracach badawczych prowadzonych przez MIG w ramach realizowania ówczesnych tzw. Problemów Rząd-

wych i Węzłowych (odpowiedników dzisiejszych grantów). Przeważała tematyka związana z ochroną powierzchni terenu na obszarach podziemnej eksploatacji węgla kamiennego (II-I1, II-I2).

W międzyczasie zostałem asystentem i w ramach wymiany praktyk studenckich byłem opiekunem polskiej grupy w Bergakademie we Freibergu (ówczesna NRD, r.1974). Podczas owego pobytu zapoznałem się między innymi z pracami dr Ch. Oelsnera zajmującego się zastosowaniem techniki podczerwieni w badaniach o charakterze geologiczno-inżynierskim. Zainspirowało mnie to do podjęcia studiów i badań nad możliwością wykorzystania **kontaktowych pomiarów temperatury** do rozwiązywania zagadnień z dziedziny geofizyki inżynierskiej, a zwłaszcza poszukiwania „pustek” podziemnych (II-D2). Była to wówczas problematyka „na czasie” z uwagi na katastrofy budowlane na obszarach pogórnich na Śląsku. Również w Krakowie zagadnienia te były istotne z uwagi na prowadzone prace rewaloryzacyjne i inwentaryzacyjne dotyczące tzw. kanałów blokowych. Moje plany spotkały się z niezwykle życzliwą aprobatą, pomocą i wsparciem ze strony dyrektora MIG, Prof. dr hab. inż. Stanisława Małoszewskiego. Po skonstruowaniu odpowiedniej aparatury pomiarowej prowadziłem przez kilka lat badania terenowe w różnych warunkach m. innymi na Górnym Śląsku, w Krakowie, w Wałbrzychu i w Sandomierzu (II-D4, II-D5). Jednocześnie analizowałem problem od strony teoretycznej, zarówno na drodze analitycznej, jak i modelowania numerycznego (rozwiązywałem 2D równanie Fourier’a wykorzystując metodę różnic skończonych i własne oprogramowanie w języku Fortran). Efektem było opracowanie nowej, oryginalnej metody badawczej i obrona, w roku 1979, rozprawy doktorskiej p.t. „Lokalizowanie wyrobisk podziemnych metodą geotermiczną”.

W roku 1977 uczestniczyłem w geologicznej wyprawie naukowej NEPAL’77 (kierowanej przez (obecnie) prof. dr hab. inż. Macieja Kotarbę z AGH. Zadaniem wyprawy było między innymi zbadanie geologicznych uwarunkowań występowania ciepłych źródeł w dolinie Kali Gandaki, jednej z głównych rzek Nepalu, rozdzielającej masywy Annapurna Himal i Dhaulagiri Himal. Metodami geofizycznymi (magnetometria, geotermika i met. potencjałów naturalnych) prowadziliśmy badania w rejonie miejscowości Tato Pani (Gorące Źródła). Wyniki naszych prac badawczych zostały przekazane w formie raportu rządowi Nepalu (II-D3), a także opublikowane w kwartalniku Geologia (II-D7).

Zagadnienia **badawcze związane ze środowiskiem wysokogórskim** zaczęły zajmować już wcześniej istotne miejsce w moich zainteresowaniach naukowych. Stało się tak za sprawą inicjatywy prof. dr hab. Adama Kotarby z Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Zakładu Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn PAN i Dr inż. Wincentego Smolaka z MIG AGH, którzy postanowili wykorzystać możliwości nieinwazyjnych metod geofizycznych w pro-

blematyce geomorfologii górskiej (jednymi z pierwszych badań, przy których pomagałem, było rozpoznawanie morfologii podłoża tatrzańskiej Doliny Małej Łąki w 1975 roku – metodami elektrooporową, sejsmiczną i magnetyczną¹⁵).

Na początku lat 80-tych zajmowałem się *badaniami geoelektrycznymi i termicznymi w problematyce górniczej*. Oprócz rozwiązywania zagadnień metodyczno-pomiarowych uczestniczyłem również w projektowaniu i prowadzeniu badań elektrooporowych w warunkach podziemnych w kopalniach węgla kamiennego. Były to m. innymi w śląskie KWK „Czerwone Zagłębie”, „Pstrowski”, „Rokitnica”, a także lubelska KWK „Bogdanka” (II-D8, II-D9, II-I3, III-M1)

W okresie 1985 – 1987 byłem członkiem, jako ekspert - geofizyk, zespołu geologicznego, którego zadaniem były prace kartograficzne na Saharze Algierskiej¹⁶. Moja działalność obejmowała analizę i interpretację dostępnych materiałów archiwalnych, w tym map grawimetrycznych i magnetycznych (aero), oraz projektowanie i wykonywanie detalicznych badań naziemnych wymienionymi metodami na terenie pustyni - arkusze NH-30-VI-EL KSEÏBAT i NG-30-XXIV- ADAR (III-M4, III-M5). Oprócz działalności w macierzystym zespole kartograficznym (kierowanym przez dr M. Wilczyńskiego), wykonywałem również „awaryjne” badania magnetometryczne dla innych zespołów (projekt *Guettara* – kierownik dr hab. inż. A. Paulo; projekt *Damran* – kierownik dr W. Bareja). Naukowe aspekty mojej działalności na Saharze przedstawiałem na specjalistycznych spotkaniach: CXX Sesji Naukowej PIG i Konferencji PTG/PAN (II-K1).

Pod koniec lat 80-tych i na początku 90-tych uczestniczyłem w programach badawczych poświęconych *bezpieczeństwu pracy w kopalniach węgla kamiennego zagrożonych wybuchami/wyrzutami dwutlenku węgla* (II-I4, II-D11). W tej tematyce szczególnie cenię sobie owocną współpracę z Prof. dr hab. inż. Zofią Majewską (AGH), która prowadziła wówczas podstawowe badania nad procesami sorbcji/desorbcji w układzie gaz/węgiel i zaprosiła mnie do pracy w swoim Zespole, w zakresie badań termicznych. Owocem tej działalności były liczne publikacje (II-D15, II-D20, II-D21, II-D22).

Jednym z praktycznych efektów mojego zaangażowania w problematyce bezpieczeństwa w kopalniach wyrzutowych było opracowanie i opatentowanie (wspólnie z prof. dr hab. inż. H. Marcakiem i dr J. Ziętkiem, obaj z AGH) metody prognozowania takich zagrożeń (II-C1). Badania nad tą metodą prowadzone były w Wałbrzychu, w nadzwyczaj trudnych warunkach podziemnych tamtejszych kopalni węgla koksującego „Thorez” i „Victoria”.

¹⁵ Marchewka A., Smolak W., Wspaniały J., 1978 – Wybrane zagadnienia geomorfologii walnych dolin tatrzańskich w świetle badań geofizycznych. GEOLOGIA t.4, z.2, s.20-28

¹⁶ „Polscy geolodzy na pięciu kontynentach” red. W. Śliżewski, W. Salski i Z. Werner, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2005, ISBN 83-7372-840-6

W tym okresie poszerzanie moich zainteresowań zaowocowało pracami z zakresu **badania metodami termicznymi i geoelektrycznymi** (metoda ciała naładowanego - „*mise-à-la-masse*“) **stanu zapór wodnych** (II-D12, II-D14, II-I5), a współpraca z geologami naftowymi (dr inż. M. Dzieniewicz i dr inż. H. Sechman) - publikacjami z problematyki **powierzchniowych badań geochemicznych i geotermicznych**, oraz ich opracowywania statystycznego (II-D6, II-D13, II-D16). Z okresu lat 80-tych (i późniejszego) mogę również wymienić intensywny udział w zagadnieniach **doskonalenia metodyki badań geoelektrycznych dla potrzeb rozpoznawania i dokumentowania złóż surowców węglanowych** (II-D25, II-D26, II-D55, III-M2, III-M3, III-M9, III-M18, III-M19, III-M22, III-M23, III-M24, III-M25, III-M26). Podsumowałem też publikacją w miesięczniku *Geophysical Prospecting* wyniki swoich badań w zakresie wykrywania pustek podziemnych metodą geotermiczną (II-A1).

W roku 1992 miały miejsce katastrofalne wypływy wód podziemnych i upłynnionych utworów geologicznych do podziemnych wyrobisk w Kopalni Soli w Wieliczce. Konsekwencją były znaczne odkształcenia powierzchni ziemi na dużym obszarze i lokalne deformacje nieciągłe (zapadliska, szczeliny). Przypadek Wieliczki stał się obiektem intensywnych prac ratunkowych oraz równoległe prowadzonych badań i monitoringu geofizycznego (zwłaszcza metodą grawimetryczną). W tym czasie, wspólnie z dr inż. Januszem Antoniukiem (AGH) tworzyliśmy laboratorium geoelektryczne w Instytucie Geofizyki AGH i zajmowaliśmy się modelowaniami analogowymi z wykorzystaniem techniki multielektrodowych profilowań elektrooporowych. Bazowaliśmy na prototypowej laboratoryjnej aparaturze GEOMES-RR5 zaprojektowanej i wykonanej pod koniec lat 80-tych. Była to technika (II-M44) zbliżona do „rodzącej się” wówczas metody *resistivity imaging - tomografii elektrooporowej (ERT)*¹⁷. Naszą aparaturę wykorzystywaliśmy z powodzeniem w „terenie” do badań monitoringowych w Wieliczce i Jastrzębiu Zdroju (II-D17, II-D18, II-I7) i w problematyce geotechnicznej (II-D44).

W tym okresie moje zainteresowania naukowo-badawcze zaczęły stopniowo się koncentrować wokół **stosowania geofizycznych metod geoelektrycznych i geotermicznych w problematyce ekologicznej - badania skutków antropopresji** (np. II-I6) i ochrony środowiska geologicznego/hydrogeologicznego.

Z początkiem lat 90-tych w zespole z dr inż. Januszem Antoniukiem podjęliśmy prace nad wykorzystaniem metod geoelektrycznych (elektrooporowych, elektromagnetycznych i penetracyjnych) w problematyce **badania stanu i ochrony środowiska hydrogeologicznego w otoczeniu ognisk skażeń chemicznych** (składowiska odpadów przemysłowych, komunalnych itp). Prace te

¹⁷ Np.: Dahlin T., 1996. 2D resistivity surveying for environmental and engineering applications. FIRST BREAK vol.14, No 7, 275-283

związane były z badaniami podstawowymi w realizowanych przez nas indywidualnych projektach badawczych (II-I8, II-I9, II-D30), a oprócz tego miały ważne znaczenie użytkowe. Głównym poligonem badawczym (zresztą nie tylko dla naszego zespołu z AGH¹⁸) było największe składowisko poflotacyjnych odpadów górnictwa miedziowego „Żelazny Most” koło Legnicy (LGOM). Na obiekcie tym, współpracując od strony hydrogeologicznej z prof. dr hab. inż. Stanisławem Witczakiem i dr inż. Robertem Dudą (obaj z AGH), prowadziliśmy badania przez prawie 15 lat. Początkowo nasze prace koncentrowały się na wschodnim przedpolu składowiska (okolice miejscowości Rudna), gdzie zagrożenie przeciekami skażonych wód poflotacyjnych do wód podziemnych było największe. W późniejszym okresie prowadziliśmy badania również na przedpolu zachodnim (okolice miejscowości Tarnówek), a następnie zajmowaliśmy się głębokim monitoringiem geoelektrycznym po północnej stronie składowiska i w końcu tworzeniem bazy danych geofizycznych dla Zakładu Hydrotechnicznego KGHM (III-M8, III-M16, III-M17, III-M20, III-M28 i inne).

Część z miejsc przeciekania wód ze składowiska na przedpola była wcześniej znana na podstawie monitoringu punktowego – rutynowego śledzenia zmian mineralizacji wody w otworach obserwacyjnych. Nasze badania umożliwiły scharakteryzowanie istniejących, oraz wykrycie nowych miejsc wycieków i, co było szczególnie istotne, pokazanie ich przestrzennego zasięgu. Określiliśmy również dynamikę rozchodzenia się skażeń na podstawie serii powtarzanych w przeciągu wielu lat obserwacji monitoringowych. Wieloaspektowa analiza i interpretacja badań geoelektrycznych pozwoliła na przedstawienie prognozy odnośnie kierunku dalszego rozprzestrzeniania się skażeń, oraz scharakteryzowania ich rozkładu w profilu pionowym. Dodatkowym, praktycznym wymiarem naszych prac było także wskazanie optymalnego miejsca do wykonania nowej studni drenażowej uzupełniającej system ochrony wód podziemnych w otoczeniu składowiska. Wyniki tych prac były sukcesywnie publikowane (II-A2, II-D23, II-D24, II-D27, II-D29, II-D31, II-D32, II-D33, II-D34, II-D39, II-D47, II-D53).

Opracowana metodyka badań stosowana była ona przez nas z powodzeniem również w problematyce składowisk odpadów komunalnych (II-D38, II-D40, II-D43, II-D47, III-M10, III-M11, III-M12, III-M29).

W drugiej połowie lat 90-tych zajmowałem się również tematyką **wykorzystania metod geoelektrycznych w zagadnieniach geomorfologicznych i archeologicznych**. Metody badawcze rozwinięte przy realizacji indywidualnego grantu (II-I9) wykorzystałem w badaniach paleoemia andra Wisły (II-D37) i w badaniach archeologicznych (II-D62, II-D64). W kilku przypadkach

¹⁸ Np.: zespół prof. Królikowskiego z Państwowego Instytutu Geologicznego - liczne publikacje np. w tomie: *Geofizyka w Inżynierii i Ochronie Środowiska*, Dębie 2002, patronat - MEN, KBN, MŚ, Komitet Geofizyki PAN, Geofizyka Toruń, Geofizyka Kraków, SEGI-AT.

możliwe było porównanie (weryfikacja) wyników badań geoelektrycznych z danymi geomorfologicznymi bądź z rezultatami wykopalisk. Potwierdziło to skuteczność i przydatność opracowanej metodyki badań geoelektrycznych.

W tym okresie (i później) uczestniczyłem przy *wykorzystaniu metod geofizycznych w problematyce geomorfologii górskiej* (w zespole prof. Adama Kotarby z PAN). W Polsce dotyczyły one między innymi zagadnienia termiki jezior tatrzańskich (II-D28, II-D36), lodowców gruzowych (II-D52) i występowania wieloletniej zmarzliny w Tatrach (II-D41, II-D45, II-D46, II-D51, II-I10). W szczególności zajmowałem się specyfiką stosowania i analizy badań elektrooporowych w badaniach górskich (II-D68, II-D69). W publikacjach tych wskazałem na ograniczenia stosowalności, a jednocześnie na możliwości lepszego wykorzystania dostępnych metod geoelektrycznych i właściwej interpretacji/oceny wyników pomiarów.

W latach 1998, 2001 i 2003 prowadziłem badania elektrooporowe w Górach Abisko (północna Szwecja) w ramach współpracy między Polską Akademią Nauk (Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania - prof. dr hab. Adam Kotarba) i Szwedzką Królewską Akademią Nauk (Abisko Scientific Research Station - dr Christer Jonasson). Współpraca naukowa dotyczyła rozwiązywania wybranych zagadnień geomorfologicznych i porównawczych studiów nad Tatrami i Górami Abisko. Badania elektrooporowe przeprowadzone w dwóch dolinach położonych za kręgiem polarnym, Kärkevage i Vassivagge, pozwoliły na scharakteryzowanie i zróżnicowanie opornościowe utworów geologicznych oraz na wykrycie podobnej, specyficznej morfologii podłoża tych dolin (II-D48, II-D49, II-D61).

W okresie 2004 – 2007 byłem uczestnikiem międzynarodowego projektu badawczego (II-I12) kierowanego przez prof. dr hab. inż. Macieja Kotarbę (AGH) i mającego na celu multidyscyplinarne, w tym geofizyczne, rozpoznanie unikalnego miejsca występowania kopalnych nosorożców włochatych, w *Staruni* k. Ivano-Frankivska (dawny Stanisławów) na Ukrainie. Badania geofizyczne były prowadzone etapowo i obejmowały również pomiary geoelektryczne, którymi kierowałem. Rekonesansowe badania metodą sondowań elektrooporowych umożliwiły, między innymi, powierzchniową i głębokościową charakterystykę geoelektryczną terenu odkryć paleontologicznych (np. II-D57). Należy podkreślić, że miejsce badań – unikalny obszar występowania kopalnych nosorożców włochatych – mogło zostać tak dokładnie i wszechstronnie zbadane jedynie dzięki zastosowaniu kompleksowego¹⁹ podejścia do tej problematyki (II-A3, II-A4, II-D56, II-D66).

¹⁹ „INTERDISCIPLINARY STUDIES (2006-2009) AT STRAUNIA (CARPATHIAN REGION, UKRAINE) – THE AREA OF DISCOVERIES OF WOOLLY RHINOCEROSSES” ed. Maciej J. Kotarba, *Annales Societatis Geologorum Poloniae*. Vol. 79, no. 3, Kraków 2009

W swojej działalności naukowo-badawczej zajmowałem się również zagadnieniami zastosowania metod geoelektrycznych w *problematyce odkrywkowego górnictwa węgla brunatnego* (II-D50, II54), a także *badaniem uwarunkowań powstawania osuwisk* (II-D58, II-D59).

Aktualnie prowadzona działalność badawcza

- W roku 2005/2006 rozpocząłem (II-I19, II-I20) badania nad zmiennością temperatury w gruncie i w pokrywie śniegowej w alpejskim piętrze polskich Tatr Wysokich (Kozia Dolinka, północne zbocza Świnicy, Hala Gąsienicowa). Celem tych prac są studia nad czasowo-przestrzenną zmiennością temperatury i jej związkiem z dynamiką wieloletniej zmarzliny w Koziej Dolince, a także ze zmianami klimatu. Projekt ten wymagał ode mnie opracowania, również od strony technicznej, sposobu skutecznego, całorocznego pomiaru/rejestracji temperatury w szczególnie wymagających warunkach górskich. Prace te, których istotą jest długofalowy monitoring (II-D65, II-D67) są aktualnie przeze mnie kontynuowane (II-I21).
- Zajmuję się zagadnieniami zastosowania metod geoelektrycznych w badaniu nawarstwień historycznych miast dzieląc się doświadczeniami w tym zakresie z archeologami i „ochroniarzami” ... (poprzednie ²⁰ i ostatnie 3. Forum Naukowe 2012 „Nawarstwienia Historyczne Miast Europy Środkowej” – listopad 2012, www.forumkrakow.geol.agh.edu.pl, II-D71)
- Uczestniczę w realizowanym obecnie projekcie badawczym:

„Zmienność antropogenicznego pola węglowodorów gazowych w utworach przypowierzchniowych w zależności od warunków geologicznych i fizjograficznych” (II-I14) (3377/B/T02/2010/38 - kier. Dr inż Henryk Sechman, AGH).

Jako *wykonawca* zajmuję się prowadzeniem, analizą i interpretacją badań geoelektrycznych (sondowania azymutalne, tomografia elektrooporowa, geoelektryczne badania penetracyjne, profilowania indukcyjne) oraz powierzchniowych pomiarów temperatury

Część z tych badań jest aktualnie publikowana w prestiżowym czasopiśmie *Geoderma*

Sechman H., Mościcki J. W., Dzieniewicz M. 2013 - Pollution of near-surface zone in the vicinity of gas wells. *Geoderma*, /w druku,/

DOI: 10.1016/j.geoderma.2013.01.012.

(II-A50)

²⁰ „Nawarstwienia historyczne miast” 2010, red. M. Pawlikowski, M. Wardas, J. Such, Stephen J. Bodnar , Forum Naukowe 2008, ISSN I 6896742

Międzynarodowa działalność i współpraca badawczo-naukowa

- 1977 - udział w geologicznej wyprawie naukowej „Nepal’77”; badanie metodami geofizycznymi rejonu ciepłych źródeł w dolinie Kali Gandaki, Nepal;
- 1985 - 1987 - ekspert z zakresu geofizyki w *Enterprise Nationale de Recherche Mieniere* w Algierii; prowadzenie badań geofizycznych metodami grawimetryczną i magnetyczną na Saharze w ramach działalności zespołu geologów-kartografów (PUGzG „GEOPOL” XII-1985 - II-1988);
- 1998, 2001, 2003 - pobyty w *Abisko Scientific Research Station* (Szwecja) - badania geoelektryczne za kręgiem polarnym w celu rozpoznania erozji glacialnej i możliwości występowania wieloletniej zmarzliny; prace w ramach współpracy między Polską Akademią Nauk (Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn – prof. dr hab. Adam Kotarba) i Royal Swedish Academy of Sciences (ASRS Abisko - Dr Christer Jonasson);
- 2004 - 2007 - badania geoelektryczne w miejscowości *Starunia* k. Ivano-Frankivska (dawny Stanisławów) na terenie Ukrainy w miejscu występowania kopalnych nosorożców włośchatych; działalność w ramach międzynarodowego projektu badawczego kierowanego przez prof. dr hab. inż. Macieja Kotarbę, WGGiOŚ AGH;
- 2006 - pobyt w Wietnamie, współpraca z *Institute of Geophysics, Vietnamese Academy of Sciences and Technology* (VAST-Hanoi, Vietnam) w ramach projektu „Application of Geophysical and Geological Methods into Engineering and Environmental Tasks”.

