

Summary

Summary in English

Main objective of the doctoral thesis: An attempt to image the subsurface in cases where it is strongly correlated with environmental factors and estimate changes due to varying climatic conditions and the current climate state.

The environmental changes observed during the 20th and 21st centuries constitute a significant challenge for modern natural and mathematical sciences (Barnett, 2009; Mieszkowska, 2021). In addition, they pose a challenge to modern geophysics, the only advanced method that allows for a precise and accurate study of spatial changes resulting from climate evolution (Bergamo et al., 2016). It is not without significance that, along with environmental changes, also geohazards, both locally and globally, are evolving (Barnett, 2009). While changes on the surface are well documented and monitored, underground imaging changes still require far-reaching further methodological research. A particular case is understanding changes and structures visible to a depth not exceeding 500 m below the ground surface where climate evolution-related changes occur. Therefore, adapting and integrating more advanced data processing and interpretation techniques are necessary to solve the mentioned challenges.

The methodology presented in this thesis integrates the classically used geophysical research methods, such as electrical resistivity tomography, ground penetrating radar imaging and refraction seismic, with more advanced and newer techniques of reflection imaging and multichannel analysis of surface waves (Marciniak et al., 2019, 2021). Furthermore, the presented approach and scheme of data processing treat the uncertainty of each method separately, not only as an interpretative parameter but as a fundamental value affecting data processing. As a result, the scientific value of the results is much greater than the sum of the individual methods used separately, and the final data are characterized by higher accuracy and lower interpretive uncertainty.

Among the applications of the methodology for the classical recognition of geological formations, exceptional cases are solutions to environmental problems representing the local scale, such as landslides, and global issues, which include the increase in the thickness of the active layer in polar regions. In both cases, a particular problem is the challenging data acquisition and the complex geological structure of the study area. The solution to this problem can only be provided by a comprehensive geophysical approach using several techniques that allow an unambiguous and high-resolution separation of environmental variables from the geological structure. An important parameter is the water content spatial and temporal variability in both the landslide and the thickness of the active layer problem. This parameter is directly (polar studies) or indirectly (landslide studies) induced by climate change.

Summary in Polish

Główny cel pracy: Próba zobrazowania podłoża w przypadkach, gdy jest ono silnie skorelowane z czynnikami środowiskowymi, oraz oszacowania zmian spowodowanych zmiennymi warunkami klimatycznymi i aktualnym stanem klimatycznym.

Obserwowane w ciągu XX i XXI wieku zmiany środowiskowe stanowią istotne wyzwanie dla współczesnych nauk przyrodniczych i matematycznych (Barnett, 2009; Mieszkowska, 2021). Stawiają one szczególne wyzwanie współczesnej geofizyce, której zaawansowane metody jako jedyne pozwalają w sposób precyzyjny i dokładny badać przestrzenne zmiany wynikające z ewolucji klimatu (Bergamo et al., 2016). Nie bez znaczenia pozostaje fakt, iż wraz ze zmianami środowiskowymi, ewoluują także geozagrożenia zarówno w ujęciu lokalnym jak i globalnym (Barnett, 2009). O ile zmiany zachodzące na powierzchni są dobrze udokumentowane i monitorowane, o tyle obrazowanie zmian zachodzących pod powierzchnią ziemi wciąż wymaga dalszych badań metodologicznych. Szczególnym przypadkiem jest zrozumienie zmian i struktur widocznych do głębokości nieprzekraczających 500 m pod powierzchnią terenu, gdzie widoczne są efekty związane z ewolucją klimatu. W celu rozwiązania wyżej wymienionych wyzwań, konieczne jest zaadoptowanie oraz zintegrowanie coraz bardziej zaawansowanych technik przetwarzania danych i ich interpretacji.

Przytoczona w pracy metodyka w sposób prosty i przejrzysty integruje klasycznie wykorzystywane metody badań geofizycznych takie jak tomografia elektrooporowa, obrazowanie georadarowe i sejsmika refrakcyjna, z bardziej zaawansowanymi i nowszymi technikami obrazowania refleksyjnego i analizy fal powierzchniowych (Marciniak et al., 2019, 2021). Przedstawione podejście i schemat przetwarzania danych traktuje niepewność każdej metody z osobna nie tylko jako parametr interpretacyjny, lecz jako realną wartość mającą wpływ na przetwarzanie danych. W rezultacie wartość naukowa wyników jest znacznie większa niż suma poszczególnych użytych metod osobno, a same finalne wyniki cechują się większą dokładnością i mniejszą niepewnością interpretacyjną.

Pośród zastosowań metodyki dla klasycznego rozpoznania utworów geologicznych, specyficznymi przypadkami są rozwiązania problemów środowiskowych reprezentujących skalę lokalną, takich jak osuwiska, oraz zagadnienia globalne, do których należy zaliczyć wzrost miąższości warstwy czynnej w rejonach polarnych. W obu wymienionych przypadkach problemem jest zarówno trudna akwizycja danych, jak i skomplikowana budowa geologiczna badanego obszaru. Szczególnym problemem, możliwym do rozwiązania tylko poprzez kompleksowe podejście geofizyczne wykorzystujące kilka technik, jest fakt rozdzielenia zmiennych środowiskowych od budowy geologicznej w sposób jednoznaczny i wysokorozdzielczy. Zarówno w zagadnieniu osuwiskowym jak i zmienności miąższości warstwy czynnej istotnym parametrem jest zmienność zawodnienia gruntu. Zmienność tego parametru zarówno w czasie jak i przestrzeni jest w sposób bezpośredni (badania polarne) lub pośredni (badania osuwiskowe) powiązana ze zmianami klimatycznymi.