



I Ogólnopolskie Sympozjum Geointerdyscyplinarnych Metod Badawczych

WYDZIAŁ GEOLOGII
UNIwersYTET WARSZAWSKI
4 K W I E T N I A 2 0 1 4 R.

ORGANIZATORZY:



WYDZIAŁ GEOLOGII
UNIwersYTET WARSZAWSKI



WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I INŻYNIERII ŚRODOWISKA
SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO



WYDZIAŁ GEODEZJI I KARTOGRAFII
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

PATRONAT HONOROWY:

GŁÓWNY GEOLOG KRAJU
Sławomir Brodziński



STOWARZYSZENIE
GEODETÓW POLSKICH

GŁÓWNY GEODETA KRAJU
Kazimierz Bujakowski

PRZEGLĄD
GEOLOGICZNY





**I Ogólnopolskie Sympozjum
Geointerdyscyplinarnych
Metod Badawczych**

REDAKCJA:

Anna Głowacka
Sebastian Kowalczyk

SKŁAD I ŁAMANIE:

Anna Głowacka

OPRAWA GRAFICZNA:

Anna Głowacka

**Wydział Geologii
Uniwersytet Warszawski
4 kwietnia 2014 r.**

PATRONAT HONOROWY:

Główny Geolog Kraju
Sławomir Brodziński

Główny Geodeta Kraju
Kazimierz Bujakowski



**STOWARZYSZENIE
GEODETÓW POLSKICH**

PATRONAT MEDIALNY:

 PRZEGLĄD
GEOLOGICZNY



ORGANIZATORZY:



**WYDZIAŁ GEOLOGII
UNIwersytet Warszawski**



**WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I INŻYNIERII ŚRODOWISKA
SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO**



**WYDZIAŁ GEODEZJI I KARTOGRAFII
POLITECHNIKA WARSZAWSKA**

KOMITET NAUKOWY:

prof. dr hab. inż. Jerzy Jeznach
prof. dr hab. Alina Maciejewska
prof. dr hab. inż. Joanna Pinińska
dr hab. Andrzej Konon, prof. UW
dr hab. Ewa Krogulec, prof. UW
dr hab. inż. Marek Woźniak, prof. PW

KOMITET ORGANIZACYJNY:

Przewodniczący:

dr Sebastian Kowalczyk

Z-ca przewodniczącego:

dr Dominik Łukasiak

Sekretarz:

mgr Alicja Bobrowska

Członkowie:

dr Anna Głowacka

dr Krzysztof Karsznia

dr Agnieszka Marcinowska

dr Radosław Mieszkowski

mgr inż. Sławomir Łapiński

mgr inż. Adrianna Tarnowska

SPIS TREŚCI:

METODY GEOFIZYCZNE W BADANIACH PRZYPowierzchniowych Warstw OŚRODKA GEOLOGICZNEGO	7
Dzierżek J., Mieszkowski R., Stańczuk D. Plejstocénskie struktury peryglacjalne w obrazie geologicznym i geoelektrycznym, na przykładzie stanowiska Wierchu Nagórna na Wysoczyźnie Drohickiej	8
Gańko M., Mieszkowski R., Gańko A. Obraz geofizyczny swobodnego zwierciadła wód pierwszego poziomu wodonośnego w świetle metody georadarowej i tomografii elektrooporowej	10
Glazer M., Mendecki M. J. Analiza wyników inwersyjnego obrazowania oporności na wybranych przykładach z wykorzystaniem współczynnika DOI i modelowania	11
Kaczmarek Ł., Mieszkowski R., Kołpaczyński M., Pacanowski G. Zastosowanie metody tomografii elektrooporowej (ERT) w rozpoznaniu stref osuwiskowych na przykładzie wybranych fragmentów skarpy płockiej	12
Kamiński M. Rozpoznanie struktury i dynamiki osuwisk metodami geofizycznymi i fotogrametrii lotniczej - przykład z Pogórza Dynowskiego (Karpaty fliszowe)	13
Kamiński M., Zientara P., Krawczyk M. Monitoring osuwisk metodą tomografii elektrooporowej – przykład z klifu w Jastrzębiej Górze	14
Lejzerowicz A., Kowalczyk S., Wysocka A. Metoda georadarowa w badaniach czwartorzędowych osadów wodnolodowcowych na przykładzie żwirowni w Kozłowie (powiat garwoliński)	15
Maślakowski M., Kowalczyk S., Mieszkowski R., Józefiak K. Wykorzystanie tomografii elektrooporowej jako metody 2D w geotechnicznych badaniach podłoża drogi ekspresowej	16
Mendecki M. J., Glazer M., Mycka M. Poszukiwanie poziomów wodonośnych przy wykorzystaniu metody tomografii elektrooporowej	17
Mendecki M. J., Glazer M., Mycka M. Wykorzystanie pasywnej sejsmiki do rozpoznania płytkiej budowy geologicznej w strefach zurbanizowanych	18
Pacanowski G., Mieszkowski R. Rola badań geofizycznych metodą ERT do oceny szczelności przesłony filtracyjnej głębokich wykopów fundamentowych	19
Pacanowski G., Sokołowska M., Majer E. Zastosowanie badań geoelektrycznych do oceny skomplikowanej budowy geologicznej na przykładzie wzgórza Morasko	20
Welc F., Trzciński J., Mieszkowski R., Kowalczyk S. Możliwości i ograniczenia aplikacyjne metody georadarowej w archeologii	21

MODELOWANIE ZJAWISK GEODYNAMICZNYCH W SYSTEMACH INFORMACJI PRZESTRZENNEJ GIS	22
Dmochowska-Dudek K., Majecka A.	
Przykłady map i modeli 3D wykonanych z zastosowaniem numerycznego modelu terenu (NMT) w prezentacji cech powierzchni międzyrzecza Mrogi i Mrożycy (Wysoczyzna Łódzka)	23
Falkowski T., Ostrowski P.	
Wykorzystanie metod geoinformacyjnych w badaniach morfodynamiki koryta Wisły w Warszawie	24
Frydel J., Jegliński W., Kramarska R.	
Dokumentacja rozwoju strefy brzegowej morza za pomocą skaningu laserowego 3D	25
Graniczny M., Przyłucka M., Kowalski Z.	
Analiza mobilności terenu na podstawie danych satelitarnej interferometrii radarowej na przykładzie wybranych obszarów Polski	26
Majecki P.	
Fotogrametria bliskiego zasięgu jako alternatywa dla skaningu laserowego na przykładzie badań wybrzeży klifowych Zbiornika Jeziorsko	27
Małka A.	
Analiza przestrzenna GIS osuwisk w obszarze młodoglacjalnym Polski północnej na przykładzie miasta Gdańska	28
Ozimek W.	
Skala obrazu satelitarnego a wyniki jego geologicznej interpretacji	29
Pieniak M., Andrasik E.	
Tworzenie numerycznych modeli form geomorfologicznych terenu	30
Wajs J.	
Przetwarzanie danych LiDAR w środowisku MatLAB i Terrascan	31
GEODEZYJNE MONITOROWANIE OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH ORAZ ZJAWISK NATURALNYCH	32
Ćmielewski K., Kuchmister J., Gołuch P., Ćmielewski B., Wilczyńska I.	
Pomiar niwelacyjny punktów niedostępnych z zastosowaniem dalmierza laserowego	33
Ćmielewski K., Kuchmister J., Gołuch P., Mąkowski K., Ćmielewski B.	
Zastosowanie pionu optoelektronicznego do obserwacji przemieszczeń ściany konstrukcyjnej budynku	34
Ćwiąkała P., Stanisław J., Wróbel A., Kaczmarski R., Drwal P., Grabek P., Daroch M., Pękała M., Świątek M., Zierkiewicz M.	
Określenie pola wektorowego przemieszczeń powierzchniowych na osuwisku w Kłodnem	35
Gołuch P., Ćmielewski K., Kuchmister J., Wilczyńska I., Ćmielewski B.	
Zestaw pomiarowy do wyznaczenia znacznych różnic wysokości w obiektach budowlanych	36
Kuchmister J., Gołuch P., Ćmielewski K., Mąkowski K., Wilczyńska I.	
Monitorowanie przemieszczeń pionowych budynku „Geodezji” Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu	37
Piechota A.	
Obsługa geodezyjna kompleksowych badań geofizycznych wałów przeciwpowodziowych w Polsce	38

Przyłucka M., Klimkowska A.	
Fotogrametria bliskiego zasięgu i skanowanie laserowe jako metody do monitoringu zmian geodynamicznych na przykładzie skarpy w Płocku	39
Sędor A., Gaik P., Czarnecki L.	
System monitorowania zagrożeń osuwiskowych w zakładzie górniczym KWB Bełchatów	40
Tarnowska A.	
Tereny zagrożone osuwiskami a kataster nieruchomości	41
Wojciechowski T., Nescieruk P., Michalski A., Perski Z., Warmuz B.	
Metody monitoringu geodynamicznego stosowane przez Państwową Służbę Geologiczną	42
Zaczek-Peplińska J., Kołakowska M., Malowany K., Malesa M.	
Badanie zachowania przyległej do elektrowni sekcji głuchej ZAPORY BETONOWEJ w trakcie pracy TURBIN	43
Zaczek-Peplińska J., Popielski P.	
Wykorzystanie technologii naziemnego skaningu laserowego, jako narzędzia do ustalania i weryfikacji geometrii modeli numerycznych betonowych obiektów hydrotechnicznych	44
PROBLEMATYKA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA	45
Bobrowska A.	
Energia zniszczenia jako kryterium oceny odporności wytrzymałościowej makroporowatych skał węglanowych	46
Dziedzic A.	
Wpływ wysokich ciśnień i temperatur na charakter deformacji piaskowców ciężkowickich w testach konwencjonalnego trójosiowego ściskania	47
Kania M. M.	
Identyfikacja przebiegu dawnego cieków w staromiejskim obszarze miasta Poznania	48
Kania M. M.	
Ocena stateczności skarpy na podstawie komplementarnych badań geologiczno-inżynierskich i archeologicznych	49
Łukasiak D.	
Wpływ cech litogenetycznych piaskowców godulskich na ich właściwości geomechaniczne	50
Łukaszewski P.	
Metody wyznaczania kąta tarcia wewnętrznego i spójności skał na podstawie testów laboratoryjnych	51
Pieczara Ł.	
Wyznaczanie parametru odporności na kruche pękanie (K_{IC}) ośrodków skalnych przy zastosowaniu metody <i>chevron bend</i>	52
Popielski P.	
Wykorzystanie interdyscyplinarnego programu badań do oceny stanu wałów przeciwpowodziowych	53
Rabarijoely S.	
Kryterium podziału podłoża budowli na warstwy geotechniczne	54

**METODY GEOFIZYCZNE W BADANIACH
PRZYPowierzchniowych Warstw OŚRODKA
GEOLOGICZNEGO**

Plejstocenijskie struktury peryglacialne w obrazie geologicznym i geoelektrycznym, na przykładzie stanowiska Wierchu Nagórna na Wysoczyźnie Drohickej

Jan Dzierżek¹, Radosław Mieszkowski¹, Dominik Stańczuk²

Przedstawiono wyniki badań struktur peryglacialnych w skarpie żwirowni w Wierchucy Nagórnej (SW część Wysoczyzny Drohickej) oraz na jej bezpośrednim zapleczu. W ścianie odkrywki pod warstwą gleby występują piaski różnoziarniste ze żwirem, pylaste, barwy jasnożółtej, o miąższości 0,3-0,5 m. W spągu warstwy miejscami występują nagromadzenia otoczek, ułożonych poziomo. Niżej leży brązowa glina lodowcowa, piaszczysta, z dużą ilością głazików, o miąższości do 1,5 m. Glina jest porożcinana licznymi klinami, żyłami i kieszeniami, wypełnionymi materiałem piaszczysto-żwirowym, miejscami z drobnymi warstewkami gliniastymi. Struktury te stanowią pseudomorfozy po plejstocenijskich klinach lodowych. Poniżej występuje piasek ze żwirem, warstwowany skośnie, o miąższości ponad 4 m. W ścianie wyrobiska rozpoznano pseudomorfozy po klinach lodowych. Są one wypełnione piaskiem drobnoziarnistym, miejscami z warstewkami gliniastymi i żwirem. Zwraca uwagę zróżnicowany kształt i wielkość struktur oraz ich duża gęstość. Dzięki datowaniom TL oraz dotychczasowemu rozpoznaniu geologicznemu można wnioskować, że struktury te powstały w czasie ostatniego zlodowacenia, kiedy to dalekie przedpole lądolodu objęte było permafrostem. Duża gęstość struktur w odsłonięciu świadczy o surowym klimacie (Dzierżek, Stańczuk 2006).

Struktury peryglacialne widoczne w ścianie żwirowni są częścią sieci poligonalnej na powierzchni wysoczyzny. Przy pomocy płytkich profilowań geoelektrycznych w bezpośrednim zapleczu krawędzi odkrywki dokonano próby odczytania zarysu sieci spękań w glinie przykrytej cienką warstwą nadkładu (Mieszkowski, Porzeżyński 2004, 2006). Podstawą interpretacji były różnice oporności pomiędzy gliną (30-80 Ωm), a piaskiem ze żwirem ($>150 \Omega\text{m}$). Uzyskany obraz nie jest jednoznaczny, dostarczył jednak argumentów do rozważań paleogeomorfologicznych. Fragmenty oczek sieci poligonalnej widoczne na mapie rozkładu oporności sugerują ich dużą gęstość i niewielkie rozmiary. We współczesnych obszarach polarnych obserwuje się zwykle zależność uprzywilejowania jednego kierunku spękań kontrakcyjnych, względem ważnego liniowego elementu morfologicznego (brzeg morza, krawędź tarasu, wychodnia skał bardziej odpornych). Analiza układu głównych osi klinów wykazała pewną korelację z morfolineamentami występującymi w najbliższym otoczeniu żwirowni, tj. z liniami grzbietowymi i osiami dolin uchodzących do rzeki głównej (Dzierżek 2009). Wskazuje to na istnienie głównych elementów rzeźby Wysoczyzny Drohickej, w tym doliny Bugu (Podlaski Przełom Bugu) już w czasie działania procesów peryglacialnych.

BIBLIOGRAFIA:

Dzierżek J. 2009. Paleogeografia wybranych obszarów Polski w czasie ostatniego zlodowacenia. *Acta Geographica Lodziensia*, 95: 1-112.

Dzierżek J., Stańczuk D. 2006 - Record and palaeogeographic implications of Pleistocene periglacial processes in the Drohiczyń Plateau, Podlasie Lowland. *Geol. Quart.*, 50 (2): 219-228.

¹Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; j.dzierzek@uw.edu.pl, r.mieszkowski@uw.edu.pl

²Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 03-975 Warszawa; dominik.stanczuk@pgi.gov.pl

Mieszkowski R., Porzeżyński S. 2004 - Opracowanie wyników badań geoelektrycznych w rejonie Drohiczyna. Arch. Inst. Geol. Podst. Uniw. Warsz.: ss. 6.

Mieszkowski R., Porzeżyński S. 2006 - Opracowanie wyników badań geoelektrycznych w rejonie Drohiczyna. Cz. II. ss. 8.

Obraz geofizyczny swobodnego zwierciadła wód pierwszego poziomu wodonośnego w świetle metody georadarowej i tomografii elektrooporowej

Magdalena Gańko¹, Radosław Mieszkowski¹, Adrian Gańko²

Analizie poddano obraz swobodnego zwierciadła wód podziemnych uzyskany metodą georadarową oraz metodą tomografii elektrooporowej. Jako poligon badawczy wybrano fragment tarasu zalewowego na rzece Wiśle, tuż poniżej zapory wodnej we Włocławku. Z uwagi na położenie poligonu badawczego, zwierciadło wód podziemnych ulega wahaniom w zakresie od 1,5 m do 3,9 m p.p.t. w dosyć krótkich odstępach czasowych. Problem badawczy skoncentrowano na poprawności określania położenia zwierciadła wody gruntowej wybranymi metodami geofizycznymi dla dynamicznie zmieniającego się układu. W celu korelacji wyników prac geofizycznych z warunkami gruntowo-wodnymi, na wybranym poligonie wykonano wiercenia, sondowania CPT oraz piezometr. Obserwacje na wybranym poligonie badawczym trwają od wiosny 2011 r. Interpretacja wyników jest skomplikowana ze względu na brak wyraźnego kontrastu fizycznego pomiędzy strefą saturacji i aeracji w obszarze wahania wód podziemnych.

¹Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; magdalena.ganko@student.uw.edu.pl, r.mieszkowski@uw.edu.pl

²GEOTEKO Projekty i Konsultacje Geotechniczne Sp. z o.o., ul. Wałbrzyska 3/5, 02-739 Warszawa; adrian.ganko@geoteko.com.pl

Analiza wyników inwersyjnego obrazowania oporności na wybranych przykładach z wykorzystaniem współczynnika DOI i modelowania

Michał Glazer¹, Maciej Jan Mendecki²

Interpretacja modeli geoelektrycznych powstałych w wyniku inwersyjnego obrazowania oporności w wielu przypadkach może być nierzetelna ze względu na występowanie artefaktów pozostawionych przez proces inwersji. Jednym ze sposobów na uniknięcie błędnych wniosków o budowie geologicznej jest posłużenie się mapami współczynnika DOI (*Depth of Investigation*). Mapy DOI opisują wytrzymałość modelu na zmienne parametry inwersji, dzięki czemu możliwe staje się wskazanie obszarów, które nie powinny stanowić przedmiotu interpretacji.

W celu uzyskania map DOI konieczne jest posłużenie się specjalnym algorytmem wymuszającym wykonanie dwóch inwersji na tym samym zbiorze danych z wykorzystaniem różnych modeli referencyjnych. Tam, gdzie presję wywierają dane pomiarowe, obie przeprowadzone inwersje odtwarzają te same wartości oporności modelu, natomiast w miejscach, w których dane nie wymuszają wartości oporności ostateczny wynik zależny jest od zadanego modelu referencyjnego.

Na podstawie sporządzonych map DOI wykonano reinterpretację wyników pomiarowych inwersyjnego obrazowania oporności przeprowadzonych w okolicy Borne Sulinowo-dolina rzeki Piławka, Chorzów-Chorzów Stary, Bytom-Karb, Czerwionce-Leszczyny oraz Sosnowiec-Wydział Nauk o Ziemi. Ponadto wykonano analizę modeli syntetycznych mając na celu uzasadnienie otrzymanych wyników.

Uzyskane mapy DOI oraz modelowanie przyczyniły się do zdefiniowania fragmentów, które są artefaktami inwersji na wybranych profilach opornościowych, a przez to uniknięcia błędnej interpretacji.

¹Katedra Geomorfologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; m.glazer@o2.pl

²Katedra Geologii Stosowanej, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; mmendecki@us.edu.pl

Zastosowanie metody tomografii elektrooporowej (ERT) w rozpoznaniu stref osuwiskowych na przykładzie wybranych fragmentów skarpy płockiej

**Łukasz Kaczmarek¹, Radosław Mieszkowski¹, Marcin Kołpaczyński²,
Grzegorz Pacanowski³**

W referacie zostaną przedstawione wyniki przeprowadzonych badań geofizycznych metodą tomografii elektrooporowej (ERT) na wybranych fragmentach skarpy płockiej tj. na wzgórzu Tumskim w pobliżu Bazyliki katedralnej Wniebowzięcia Najświętszej Marii Panny w Płocku oraz w Maszewie nad Wisłą kilka kilometrów na północ od Płocka. Odcinki te wytypowano ze względu na obserwowane tam zjawiska osuwiskowe. Stateczność wybranych odcinków skarpy płockiej uwarunkowana jest różnymi siłami destabilizującymi, wynikającymi ze zmiennych warunków gruntowo-wodnych, geometrii oraz stopnia urbanizacji. Celem przeprowadzonych badań ERT było uzyskanie rozkładu oporności elektrycznej gruntów w miejscach stwierdzonych ruchów masowych. Rezultaty badań geofizycznych przedstawiono w nawiązaniu do przekrojów geologicznych analizowanych fragmentów skarpy oraz wartości współczynnika bezpieczeństwa (F).

¹Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; lukasz.kaczmarek@uw.edu.pl, r.mieszkowski@uw.edu.pl

²Geotechnika Mazowsze s.c. ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; biuro@geotechnika-mazowsze.pl

³Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, ul. Jagiellońska 76 03-301 Warszawa; grzegorz.pacanowski@pgi.gov.pl

Rozpoznanie struktury i dynamiki osuwisk metodami geofizycznymi i fotogrametrii lotniczej - przykład z Pogórza Dynowskiego (Karpaty fliszowe)

Mirosław Kamiński¹

Na przykładzie osuwisk z obszaru Pogórza Dynowskiego w Karpatach fliszowych przedstawiono zastosowanie metody tomografii elektrooporowej ERT (*Electrical Resistivity Tomography*) oraz metody fotogrametrii lotniczej, jako skutecznych narzędzi służących do rozpoznawania struktury osuwisk oraz do określania ich dynamiki.

W badaniu struktury osuwisk użyteczne są metody sejsmiczne, geoelektryczne i grawimetryczne. Niezwykle przydatną metodą geofizyczną w rozpoznaniu szczegółowej struktury osuwisk jest tomografia elektrooporowa ERT. Umożliwia ona interpretację litologii koluwiów osuwiskowych oraz ich podłoża. Ponadto można rozpoznać strefy zawodnione oraz oszacować maksymalną miąższość koluwiów, a także głębokość występowania strefy poślizgu.

Interpretacja stereoskopowych zdjęć lotniczych jest od lat standardową metodą służącą do wstępnego rozpoznawania zasięgów osuwisk. Ostatnie lata przyniosły nowe rozwiązania technologiczne, które dają dodatkowe możliwości w analizie cyfrowej zdjęć lotniczych. Cyfrowe stacje fotogrametryczne dają nowe narzędzia do generowania wysokościowych fotogrametrycznych modeli terenu na podstawie stereopar zdjęć lotniczych. Wykorzystanie archiwalnych stereopar zdjęć lotniczych umożliwia prześledzenie dynamiki osuwisk na przestrzeni kilku lat. Można obliczyć objętość mas skalnych przemieszczonych w określonym czasie oraz określić dynamikę przemieszczeń. Niestety zdjęcia lotnicze mają ograniczone zastosowanie w analizie rzeźby terenu dla obszarów pokrytych bujną roślinnością i lasami.

W ostatnich latach z dużym powodzeniem stosuje się technikę lotniczego skaningu laserowego (ALS - *Airborne Laser Scanning*). Efektem ALS jest chmura punktów, która dokładnie obrazuje zarys skanowanych obiektów. Filtrując chmurę punktów otrzymujemy model cyfrowy terenu pozbawiony błędów wynikających z maskującego działania roślinności.

¹Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; miroslaw.kaminski@pgi.gov.pl

Monitoring osuwisk metodą tomografii elektrooporowej – przykład z klifu w Jastrzębiej Górze

Mirosław Kamiński¹, Piotr Zientara¹, Mirosław Krawczyk¹

W ostatnich latach znacznie wzrosło zastosowanie metod geofizycznych w badaniach osuwisk. Niezwykle przydatną metodą geofizyczną w rozpoznaniu struktury osuwisk okazała się tomografia elektrooporowa ERT (*Electrical Resistivity Tomography*). Dzięki niej można interpretować litologię koluwiów osuwiskowych oraz ich podłoża a także oszacować głębokość występowania strefy poślizgu. Metodę ERT wykorzystano do wykonania pilotażowych pomiarów na osuwisku w Jastrzębiej Górze.

Osuwisko w Jastrzębiej Górze jest osuwiskiem rozwiniętym w obrębie utworów czwartorzędowych zlodowacenia północnopolskiego (gliny, piaski i iły zastoiskowe). Strefa poślizgu występuje zazwyczaj w stropie ilów zastoiskowych. Osuwisko to uaktywniło się wiosną 2010 r. Badania przeprowadzone skanerem laserowym w 2010 r. wykazały przemieszczenia rzędu 0,5 m; maksymalne przemieszczenie czoła osuwiska wyniosło 8 m, a jego wysokość osiągnęła maksymalnie 2 m.

Pomiary geofizyczne zostały wykonane 17.04.2013 r. na osuwisku w klifie w Jastrzębiej Górze, następnie powtórzone 11.11.2013 r. w tym samym miejscu. Pomiary przeprowadzono stosując układ Schlumbergera. Odległość między elektrodami wynosiła 5 m, natomiast głębokość penetracji około 30 m. Całkowita długość profilu wyniosła 300 m. Profil elektrooporowy wykonany 17.04.2013 r. otrzymał nazwę JASG11 a profil wykonany 11.11.2013 r. JASG17. Inwersję pomiarów wykonano przy pomocy oprogramowania RES2DINV firmy Geotomo Software wykorzystując metodę upływu czasu (*time-lapse inversion method*). Dzięki zastosowaniu tej metody otrzymano procentową zmianę oporności między oboma wyżej wymienionymi profilami elektrooporowymi. Zwizualizowany w 2D procentowy rozkład oporności, obrazuje wzrost zawodnienia w czasie środkowej części koluwium osuwiskowego, co prognozuje jego dalszy ruch.

¹Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; mirosław.kaminski@pgi.gov.pl, piotr.zientara@pgi.gov.pl, mirosław.krawczyk@pgi.gov.pl

Metoda georadarowa w badaniach czwartorzędowych osadów wodnolodowcowych na przykładzie żwirowni w Kozłowie (powiat garwoliński)

Anna Lejzerowicz^{1,2}, Sebastian Kowalczyk², Anna Wysocka²

Metoda georadarowa (GPR - *Ground Penetrating Radar*) dostarcza wysokorozdzielcze i ciągłe profile georadarowe, co pozwala na uzyskanie nowych informacji o budowie wewnętrznej i wykształceniu facjalnym form depozycyjnych i osadów je budujących. Pomiary georadarowe pozwalają na bezinwazyjne poznanie budowy wewnętrznej badanych form geomorfologicznych i często wykorzystywane są przez geologów do interpretacji budowy warstw przypowierzchniowych.

W ścianach żwirowni w Kozłowie (województwo mazowieckie, powiat garwoliński, gmina Parysów) odsłaniają się plejstocénskie piaski i żwiry wodnolodowcowe stadiału mazowiecko-podlaskiego zlodowacenia środkowopolskiego, budujące oz. Do scharakteryzowania budowy wewnętrznej tej piaszczysto-żwirowej formy wykorzystano metodę GPR oraz analizy litofacjalne i teksturalne.

Podstawowym celem przeprowadzonych badań jest weryfikacja przydatności metody GPR w interpretacji budowy wewnętrznej osadów wodnolodowcowych oraz rozpoznanie cech litologicznych osadów występujących w żwirowni w Kozłowie.

Wykonano 11 profilowań georadarowych (o łącznej długości 365 m), aby zwizualizować budowę wewnętrzną ozu w wysokiej rozdzielczości. Dane geofizyczne zebrano wykorzystując ekranowaną antenę o częstotliwości 500 MHz firmy MalaGeosciences.

W analizowanych profilach można zaobserwować charakterystyczne facje radarowe widoczne w piaszczysto-żwirowym wyrobisku jako wyraźne litosomy. Dane GPR wskazują na obecność czterech geofizycznie różnych jednostek, które zostały scharakteryzowane na podstawie kształtu, relacji pomiędzy poszczególnymi refleksami oraz geometrii powierzchni ograniczających.

Do badań sedimentologicznych wytypowano 8 punktów badawczych, z których pobrano próbki do badań laboratoryjnych. Przeprowadzono analizy: litofacjalną osadów, uziarnienia, charakteru obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziaren kwarcu frakcji 0,5-1,0 mm oraz analizę mineralogiczno-petrograficzną frakcji piaszczystej.

Połączenie profilowań georadarowych z wynikami badań sedimentologicznych (przede wszystkim wykorzystanie analizy litofacjalnej) wskazało na południowy kierunek wypływu wód roztopowych z lodowca. Rekonstrukcja oparta na połączeniu tych dwóch metod badawczych pozwala na dokładniejszą charakterystykę jednostek sedimentologicznych, aniżeli rekonstrukcje oparte wyłącznie na danych punktowych.

¹Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa; a.lejzerowicz@il.pw.edu.pl

²Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; s.kowalczyk@uw.edu.pl, Anna.Wysocka@uw.edu.pl

Wykorzystanie tomografii elektrooporowej jako metody 2D w geotechnicznych badaniach podłoża drogi ekspresowej

Maciej Maślakowski¹, Sebastian Kowalczyk², Radosław Mieszkowski²,
Kazimierz Józefiak¹

Podstawowymi badaniami, z których uzyskujemy informację na temat środowiska gruntowo-wodnego są badania geologiczno-inżynierskie, czy geotechniczne takie jak: wiercenia i sondowania dynamiczne DPL, DPSH, sondowania statyczne CPT. Od czasu wejścia w życie Eurokodu 7 powszechne stało się również stosowanie dylatometrów DMT oraz presjometrów PMT. Otrzymane z wymienionych badań wyniki mają zawsze charakter punktowy, stanowią jednak podstawę do tworzenia modelu przestrzennego budowy geologicznej i ściśle powiązanych z nim geotechnicznych warunków podłoża budowlanego. Zakres przeprowadzonych prac i badań (wierceń, sondowań, a także badań laboratoryjnych) wpływa na szczegółowość oraz dokładność rozpoznania budowy geologicznej, a w rezultacie także na prawdopodobieństwo zgodności modelu przestrzennego z rzeczywistymi warunkami geologiczno-inżynierskim oraz geotechnicznymi podłoża. W artykule zostały przedstawione wyniki uzyskane nieinwazyjną metodą tomografii elektrooporowej (ERT - *Electrical Resistivity Tomography*), za pomocą której uzyskano 2-wymiarowy obraz zmienności oporności ośrodka gruntowego. Oporność elektryczna jest parametrem dobrze odzwierciedlającym zróżnicowanie ośrodka geologicznego pod względem litologicznym, a dowiązana do danych z wierceń, pozwala na dokładne określenie granic pomiędzy poszczególnymi warstwami gruntu.

W przeprowadzonych badaniach elektrooporowych wykorzystano aparaturę Terrameter LS szwedzkiej firmy ABEM. Pomiary wykonano w dwóch układach pomiarowych: w układzie Schlumbergera i gradientowym. Wykonanie ich, w rzeczywistych warunkach podczas budowy drogi ekspresowej, przyczyniło się do rozpoznania gruntów nienośnych, jakimi są grunty organiczne (torfy i namuły) oraz gruntów spoistych w stanie miękkoplastycznym i plastycznym. Grunty te stanowią główną przyczynę powstawania niedopuszczalnych osiadań w nowobudowanej inwestycji liniowej. Ponadto wymieniono wady i zalety metod stosowanych *in-situ*.

¹Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa; m.maslakowski@il.pw.edu.pl, k.jozefiak@il.pw.edu.pl

²Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; s.kowalczyk@uw.edu.pl, r.mieszkowski@uw.edu.pl

Poszukiwanie poziomów wodonośnych przy wykorzystaniu metody tomografii elektrooporowej

Maciej Jan Mendecki¹, Michał Glazer², Mateusz Mycka¹

Przedstawiono wyniki badań geofizycznych metodą tomografii elektrooporowej wykonane w celu zlokalizowania warstw wodonośnych. Badania zostały wykonane aparaturą Supersting R8/IP, dane przetworzono i zinterpretowano przy użyciu oprogramowania EARTHIMAGER 2D. Celem badań było wytypowanie najkorzystniejszego miejsca odwiertu hydrogeologicznego.

Obszar badań został uprzednio zniwelowany za pomocą tachimetru, uzyskane dane zostały naniezione na mapę oporności pozornej. Pomiary przeprowadzono w układzie Wenera. Uzyskana mapa oporności posłużyła do lokalizacji warstwy wodonośnej i wyznaczenia lokalizacji otworu hydrogeologicznego.

Skuteczność metody tomografii w wyznaczaniu tych obiektów została potwierdzona odwiertem.

¹Katedra Geologii Stosowanej, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; mmendecki@us.edu.pl, mateuszmycka@gmail.com

²Katedra Geomorfologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; m.glazer@o2.pl

Wykorzystanie pasywnej sejsmiki do rozpoznania płytkiej budowy geologicznej w strefach zurbanizowanych

Maciej Jan Mendecki¹, Michał Glazer², Mateusz Mycka¹

W obszarach zurbanizowanych poziom szumu sejsmicznego jest na ogół bardzo wysoki, co utrudnia badania metodą sejsmiki refleksyjnej oraz refrakcyjnej. Źródłem szumu jest zazwyczaj aktywność ludzka. Na szum antropogeniczny składa się m.in.: ruch uliczny (teren pomiarowy znajduje się w pobliżu ulicy), praca maszyn w fabrykach, elektrowniach, elektrociepłowniach itp. Drgania propagują poprzez warstwy przypowierzchniowe, głównie w postaci fal Rayleigh, następnie są rejestrowane i przetwarzane. Wynikiem są pionowe profile zmian parametrów sprężystych wraz z głębokością.

Podjęto próbę wykorzystania relatywnie wysokoczęstotliwościowego szumu do badania płytkiej budowy geologicznej metodą wykorzystującą analizę szumu sejsmicznego *Refraction Microtremor* (ReMi). W tym celu wybrano obszary zurbanizowane w rejonie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego: Sosnowiec-Pogoń, Chorzów-Chorzów Stary, Bytom-Karb. Każdy z wytypowanych obszarów zlokalizowany jest w pobliżu drogi o znacznym natężeniu ruchu samochodowego.

Uzyskane wyniki sejsmiki pasywnej (ReMi) zostały skonfrontowane z danymi otrzymanymi metodą wielokanałowej analizy fal powierzchniowych (MASW - *Multichannel Analysis of Surface Waves*) i obrazowaniem oporności (RI - *Resistivity Imaging*). Badania sejsmiczne wykonane zostały aparaturą PASI posiadającą 24 kanały z wykorzystaniem geofonów 10 Hz i 4,5 Hz. Otrzymane wyniki wykazały, że pasywne pomiary sejsmiczne zadowalająco sprawdzają się w takich warunkach. Geofony o niskiej częstotliwości własnej (4,5 Hz) ze względu na swoją charakterystykę bardzo dobrze zarejestrowały otaczający szum sejsmiczny, co przełożyło się na zadowalającą jakość wyników. Wyinterpretowana na podstawie sejsmiki płytka budowa geologiczna została potwierdzona badaniami elektrooporowymi.

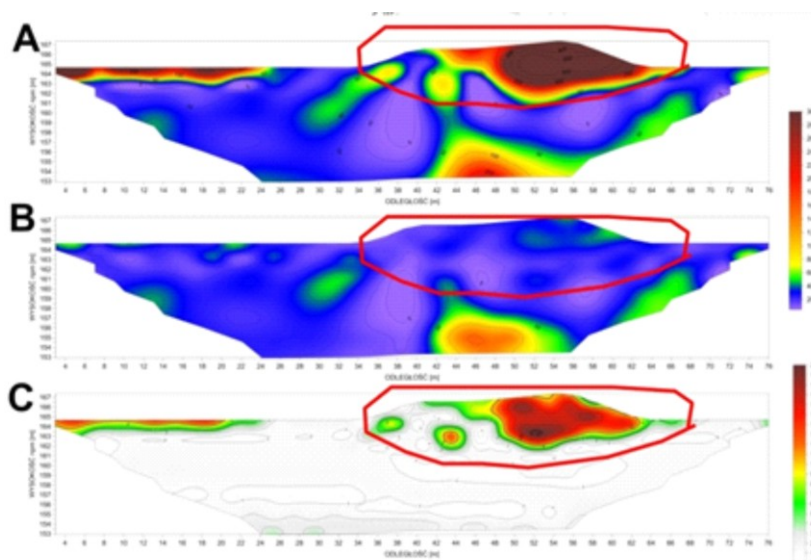
¹Katedra Geologii Stosowanej, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; mmendecki@us.edu.pl, mateuszmycka@gmail.com

²Katedra Geomorfologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; m.glazer@o2.pl

Rola badań geofizycznych metodą ERT do oceny szczelności przesłony filtracyjnej głębokich wykopów fundamentowych

Grzegorz Pacanowski¹, Radosław Mieszkowski²

W pracy zajęto się problemem oceny szczelności dna głębokiego wykopu fundamentowego, zabezpieczonego ścianą szczelinową, za pomocą geofizycznej metody tomografii elektrooporowej. Badania prowadzono na terenie dużej inwestycji budowlanej w Lublinie, w miejscu, gdzie występują skomplikowane warunki wodno-gruntowe, tj. poziom wód podziemnych występuje powyżej projektowanego dna wykopu fundamentowego, podłoże jest niejednorodne, ok. 8-10 m poniżej dna wykopu zalegają skrasowiałe i zwietrzałe osady węglanowe. W trakcie prowadzenia prac inżynierskich, pomimo obecności ściany szczelinowej okalającej cały wykop, do odsłonięcia zaczęła się dostawać woda. W celu wskazania rozmiaru strefy dopływu wód w środowisku gruntowym wykonano pomiary metodą tomografii elektrooporowej (ERT). Badania metodą ERT dały dobry rezultat. Obszar dopływu wód do wykopu (strefa o wysokiej oporności) zaznaczono na **Ryc. 1.A** kolorem czerwonym. Po wykonaniu przesłony przeciwfiltracyjnej (iniekcji) pomiary geofizyczne metodą ERT powtórzono - **Ryc. 1.B**. Zaobserwowano obniżenie oporności gruntów na skutek ich zailenia (zwiększenia szczelności). Na **Ryc. 1.C** zaprezentowano różnice oporności elektrycznej gruntów przed i po wykonaniu iniekcji. Zastosowane badania geofizyczne metodą ERT umożliwiły uzyskanie znakomitych efektów na etapie rozpoznania warunków gruntowo-wodnych i kontroli wykonanych prac naprawczych.



Ryc. 1. Zestawienia przekrojów ERT (**A** – oporność gruntów przed iniekcją; **B** – oporność gruntów po iniekcji; **C** – różnica oporności gruntów przed i po iniekcji).

¹Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa; grzegorz.pacanowski@pgi.gov.pl

²Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; r.mieszkowski@uw.edu.pl

Zastosowanie badań geoelektrycznych do oceny skomplikowanej budowy geologicznej na przykładzie wzgórza Morasko

Grzegorz Pacanowski¹, Marta Sokołowska¹, Edyta Majer¹

W referacie zaprezentowano przykład opracowania modelu geologicznego podłoża z wykorzystaniem metod geoelektrycznych w połączeniu z tradycyjnymi badaniami geologiczno-inżynierskimi. Celem badań była ocena stateczności wzgórza Morasko w Poznaniu w odniesieniu do planowanego zagospodarowania (zabudowy jednorodzinnej) mogącego wywierać negatywny wpływ na stateczność zbiorników zlokalizowanych na szczycie wzgórza. Wzgórze to stanowi ciąg moren czołowych, w podłożu których znajduje się silnie zdeformowany glacitektonicznie strop ilów plioceńskich charakteryzujący się deniwelacjami przekraczającymi 30 m.

Badaniami objęto obszar około 110 ha wykonując 6 profili tomografii elektrooporowej (ERT - *Electrical Resistivity Tomography*) o łącznej długości około 4 km. Na powierzchni występują zróżnicowane litologicznie utwory morenowe: piaski, piaski gliniaste, gliny piaszczyste i pylaste, w obrębie których mogą występować porwaki ilów plioceńskich.

Odtworzenie morfologii powierzchni stropowej ilów byłoby trudne lub niemożliwe przy zastosowaniu analizy tradycyjnych wierceń, ze względu na znaczne zróżnicowanie głębokości występowania stropu ilów nawet na niewielkich odległościach. Z uwagi na skomplikowane warunki geologiczne stwierdzone na etapie analizy materiałów archiwalnych, badania ERT przeprowadzono przed wykonaniem tradycyjnych badań geologiczno-inżynierskich, a ich wyniki wykorzystano do zaprojektowania optymalnej lokalizacji i głębokości wierceń oraz sondowań CPTU. Po wykonaniu wierceń i sondowań, dokonano ponownej reinterpretacji wyników pomiarów geoelektrycznych. Model budowy geologicznej uzyskany przy użyciu tomografii elektrooporowej pokrył się z wynikami analizy wierceń. Zastosowanie kompleksowych badań pozwoliło na opracowanie poprawnego modelu obliczeniowego wykorzystanego do analizy stateczności zboczy wzgórza Morasko metodami klasycznymi oraz metodami numerycznymi MES.

¹Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, ul. Jagiellońska 76 03-301 Warszawa; grzegorz.pacanowski@pgi.gov.pl, marta.sokolowska@pgi.gov.pl, edyta.majer@pgi.gov.pl

Możliwości i ograniczenia aplikacyjne metody georadarowej w archeologii

**Fabian Welc¹, Jerzy Trzcinski², Radosław Mieszkowski²,
Sebastian Kowalczyk²**

W ostatnich latach prospekcja georadarowa (GPR – *Ground Penetrating Radar*) jest jedną z głównych metod geofizyki powierzchniowej. Georadar stosuje się do ciągłego odwzorowania przypowierzchniowej budowy geologicznej. Głębokość prospekcji uzależniona jest od warunków geologicznych badanego obszaru oraz od częstotliwości anteny nadawczej. Obecnie stosowane georadary wykorzystują anteny emitujące impulsy elektromagnetyczne o częstotliwości fal zawartych w przedziale pomiędzy 50 MHz a 1,6 GHz.

Georadar stał się urządzeniem powszechnie wykorzystywanym również w badaniach archeologicznych, niestety nie tak często jak metody magnetyczne i elektrooporowe. Dotychczasowe badania dowiodły, iż współcześnie produkowane urządzenia GPR nadają się doskonale do wykrywania i lokalizacji m.in. starych fos, obwałowań, cmentarzysk (grobowców), podziemnych partii dawnych budynków. Georadar pozwala również na precyzyjne uchwycenie granic między warstwami kulturowymi oraz określenie ich miąższości. Omawiana metoda ma jednak pewne ograniczenia, w efekcie czego nie może być stosowana z powodzeniem na wszystkich typach stanowisk archeologicznych. Co więcej, na ostateczne wyniki ma duży wpływ zarówno budowa geologiczna badanego obszaru jak i dobór parametrów pomiarowych.

Podsumowując można stwierdzić, iż pomimo wysokich kosztów badań i skomplikowanego procesu przetwarzania danych, metoda georadarowa jest bardzo wszechstronna i jest jedną z najbardziej perspektywicznych metod nieinwazyjnej prospekcji stanowisk archeologicznych.

¹Instytut Archeologii, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego, ul. Wóycickiego 1/3, 01-938 Warszawa; f.welc@uksw.edu.pl

²Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; Jerzy.Trzcinski@uw.edu.pl, r.mieszkowski@uw.edu.pl, s.kowalczyk@uw.edu.pl

MODELOWANIE ZJAWISK GEODYNAMICZNYCH W SYSTEMACH INFORMACJI PRZESTRZENNEJ GIS

Przykłady map i modeli 3D wykonanych z zastosowaniem numerycznego modelu terenu (NMT) w prezentacji cech powierzchni międzyrzecza Mrogi i Mrożycy (Wysoczyzna Łódzka)

Karolina Dmochowska-Dudek¹, Aleksandra Majecka²

Wykonana wizualizacja 3D powierzchni terenu obejmowała fragment międzyrzecza Mrogi i Mrożycy, położony na Wysoczyźnie Łódzkiej. Obszar ten był przedmiotem badań w ramach pracy doktorskiej „Postwarciańskie przekształcenia obszarów wododziałowych na Wysoczyźnie Łódzkiej (na przykładzie międzyrzecza Mrogi i Mrożycy)” napisanej w 2012 r. w Katedrze Geomorfologii i Paleogeografii UŁ. Dla potrzeb wieloaspektowego zaprezentowania terenu badań skorzystano z oprogramowania ArcGIS firmy ESRI - licencja ArcInfo 9.3. Modele 3D prezentujące ukształtowanie powierzchni, formy geomorfologiczne i powierzchniową budowę geologiczną międzyrzecza Mrogi i Mrożycy wykonane zostały przy użyciu aplikacji ArcScene, na podstawie numerycznego modelu terenu (NMT) oraz rastrowych map topograficznych w skali 1:10 000, zdjęć lotniczych, szkiców geomorfologicznych i geologicznych. Mapy hipsometryczną, geomorfologiczną oraz geologiczną wykonano w oparciu o NMT przy użyciu aplikacji Raster Surface, narzędzi *aspect* i *slope*. Cechy morfometryczne terenu badań, takie jak nachylenie i ekspozycja stoków, wygenerowano korzystając z grupy narzędzi *Spacial Analyst Tools (Zonal Geometry)*. Prezentacja cech powierzchni terenu w postaci trójwymiarowych modeli umożliwiła pełniejszą analizę i uchwycenie zależności pomiędzy budową geologiczną a rzeźbą terenu.

BIBLIOGRAFIA:

Majecka A. 2012. Postwarciańskie przekształcenia rzeźby obszarów wododziałowych na Wysoczyźnie Łódzkiej (na przykładzie międzyrzecza Mrogi i Mrożycy). Maszynopis pracy doktorskiej.

¹Katedra Geografii Regionalnej i Społecznej, Instytut Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Organizacji Przestrzeni, Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki, ul. Kopcińskiego 31, 90-131 Łódź; k.dmochowska@gmail.com

²Zakład Geologii Klimatycznej, Instytut Geologii Podstawowej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; a.majecka@uw.edu.pl

Wykorzystanie metod geoinformacyjnych w badaniach morfodynamiki koryta Wisły w Warszawie

Tomasz Falkowski¹, Piotr Ostrowski¹

Warunkiem racjonalnego zarządzania środowiskiem dolin rzecznych jest prawidłowe rozpoznanie przyczyn i kierunków ewolucji procesów przebiegających w ich obrębie. Analizy takie wymagają od geologa rejestracji dużej liczby obserwacji terenowych, obejmujących często trudno dostępny obszar strefy korytowej. Oprócz precyzji w lokalizowaniu punktów dokumentacyjnych i obserwacyjnych, niezbędna jest także możliwość określania zmian stanu środowiska w krótszych (np. w poszczególnych kampaniach badawczych) i dłuższych (np. w przypadku wieloletnich obserwacji ewolucji koryta) interwałach czasowych. Idealnym narzędziem integrującym wyniki badań geologicznych dolin rzecznych są geograficzne systemy informacyjne (GIS).

Przedstawiono wyniki badań prowadzone z wykorzystaniem technologii GIS na odcinku Wisły w obrębie granic administracyjnych Warszawy. Na obszarze tym specyficzną reakcję środowiska fluwialnego na zagospodarowanie strefy korytowej warunkuje jej budowa geologiczna. Na odcinku od Siekierok do Portu Żerańskiego trudno rozmywalne podłoże współczesnych aluwów tworzy kulminację o zróżnicowanej morfologii. Niewielka miąższość współczesnych aluwów korytowych na tym odcinku w istotny sposób wpływa na przebieg procesów fluwialnych. Poza nią miąższość aluwów dochodzi nawet do 20 m. Regulacja Wisły i zwężenie koryta średniej wody do około 220 m na odcinku miejskim (od Siekierok do Portu Żerańskiego), a także intensywna eksploatacja rumowiska spowodowała obniżenie dna koryta średniej wody o około 2,5 m. Zjawisko to stanowi zagrożenie dla związanej z korytem infrastruktury. Jednocześnie z obniżaniem się poziomu dna koryta na odcinku miejskim powierzchnia międzywała powyżej i poniżej tej strefy jest stale nadbudowywana, co powoduje zwiększanie się zagrożenia powodziowego dla miasta.

Badanie morfodynamiki koryta, w sytuacji gdy jest ona warunkowana interakcją wielu czynników (geologicznych, antropogenicznych oraz hydrologicznych), jest trudne i wymaga analizy zróżnicowanych typów danych geoprzestrzennych. Zastosowanie technik geoinformacyjnych pozwoliło nie tylko na jakościową i ilościową analizę procesów korytowych na odcinku Wisły w Warszawie, ale także na ocenę ich wpływu na „funkcjonowanie” rzeki w przyszłości.

¹Katedra Geoinżynierii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa; tomasz.falkowski@sggw.pl, piotr.ostrowski@sggw.pl

Dokumentacja rozwoju strefy brzegowej morza za pomocą skaningu laserowego 3D

Jerzy Frydel¹, Wojciech Jegliński¹, Regina Kramarska¹

Historia komercyjnego zastosowania metody skaningu laserowego 3D (LiDAR) w celu uzyskania szczegółowej, *quasi*-ciągłej informacji topograficznej datuje się na początek XXI w. Zasadność jej wykorzystania w badaniach lądowej części strefy brzegowej morza znalazła potwierdzenie w licznych publikacjach międzynarodowego grona badaczy, w tym również reprezentujących narodowe służby geologiczne. W kolejnych latach zakres zastosowań technologii LiDAR został poszerzony o płytkowodne pomiary batymetryczne (ALB), stanowiące alternatywę dla tradycyjnych technik hydroakustycznych, których wykorzystanie w strefie przybrzeżnej jest mocno utrudnione. Wykorzystanie technologii LiDAR umożliwia monitoring deformacji, zarówno powierzchni naturalnych jak i obiektów inżynierskich. Istotną zaletą tej metody jest również możliwość wykonywania pomiarów z bezpiecznej odległości, przy zachowaniu wysokiej dokładności i szybkości zobrazowania badanego obiektu.

Począwszy od roku 2010 Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) stosuje metodę naziemnego skaningu laserowego (TLS) w celu pozyskiwania precyzyjnych danych morfometrycznych pochodzących z klifowych odcinków polskiego wybrzeża. Wykonywane cykliczne pomiary TLS pozwalają nie tylko na aktualną dokumentację stanu zboczy klifowych, ale również umożliwiają ocenę dynamiki procesów erozyjnych i ruchów masowych w określonych przedziałach czasowych. Podstawowym produktem pochodnym skaningu laserowego są numeryczne modele terenu (NMT), wykorzystywane m.in. w celu przeprowadzania ilościowych analiz różnicowych. Ponadto NMT są niezmiennie przydatne do budowy przestrzennych modeli geologicznych i hydrogeologicznych, konstrukcji przekrojów geologicznych, przeprowadzania analiz morfologicznych i rekonstrukcji paleogeograficznych, czy też wykonywania wielkoskalowych map topograficznych. Prowadzone aktualnie przez Oddział Geologii Morza PIG-PIB badania, dotyczące podatności i tempa erozji klifowych odcinków wybrzeża w odniesieniu do ich budowy geologicznej, stanowią pierwszy krok na drodze do opracowania długoterminowych prognoz zmian przebiegu linii brzegowej polskiego wybrzeża Bałtyku.

¹Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza, ul. Kościarska 5, 80-328 Gdańsk; jerzy.frydel@pgi.gov.pl, wojciech.jegliński@pgi.gov.pl, regina.kramarska@pgi.gov.pl

Analiza mobilności terenu na podstawie danych satelitarnej interferometrii radarowej na przykładzie wybranych obszarów Polski

Marek Graniczny¹, Maria Przyłucka¹, Zbigniew Kowalski¹

Opracowanie zawiera rezultaty badań nad wykorzystaniem satelitarnych danych radarowych (*Synthetic Aperture Radar* - SAR) przetworzonych technikami interferometrii do analizy mobilności terenu. Zaprezentowane zestawy danych pochodzą z zobrażeń pozyskanych w trzech różnych pasmach radarowych: C, L oraz X oraz z pięciu satelitów (ERS-1, ERS-2, Envisat, ALOS, TerraSAR-X). Bogaty zbiór danych zawiera tradycyjne interferogramy różnicowe (technika *Differential SAR Interferometry* - DInSAR) obrazujące deformacje powierzchni terenu w postaci prążków interferometrycznych oraz zestawy danych przetworzonych techniką *Persistent Scatterer Interferometry* - PSInSAR, składające się z zestawów dziesiątków tysięcy punktów zarejestrowanych na powierzchni terenu, z których każdy zawiera informacje o prędkości pionowych przemieszczeń. Początki techniki radarowej sięgają lat trzydziestych XX w., a przetworzeń interferometrycznych lat dziewięćdziesiątych. Pozwalają one na detekcję deformacji powierzchni terenu od 1 mm po decymetry w ciągu roku. Ostatnie lata przyniosły dalszy rozwój interferometrii, obecnie wprowadzane są już nowe metody przetworzeń scen satelitarnych, takie jak SqueeSAR, czy GlobalSAR umożliwiające jednoczesne łączenie informacji o szybkich jak i bardzo powolnych przemieszczeniach. W badaniach przedstawiono przykłady wykorzystania danych SAR do analizy mobilności terenu związanej z: działalnością górniczą na obszarze aktywnych i zamkniętych kopalń węgla kamiennego na Górnym Śląsku; zmianami poziomu wód podziemnych w rejonie Trójmiasta i okolic; oraz z obciążeniami dynamicznymi na torach kolejowych na terenie Warszawy. Materiał interferometryczny, prezentowany w niniejszym artykule, pozyskano w ramach projektów dofinansowywanych z Komisji Europejskiej w 7 PR: Doris (Grant Agreement 242212), Subcoast (Grant Agreement 242332) i PanGeo (Grant Agreement 262371).

¹Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; marek.graniczny@pgi.gov.pl, maria.przylucka@pgi.gov.pl, zbigniew.kowalski@pgi.gov.pl

Fotogrametria bliskiego zasięgu jako alternatywa dla skaningu laserowego na przykładzie badań wybrzeży klifowych Zbiornika Jeziorsko

Piotr Majecki¹

Skaning laserowy jest innowacyjną metodą pomiarową dostępną dla szerszej grupy badaczy od zaledwie kilku lat. Metoda ta wykorzystuje promień lasera do pozyskania chmury punktów osadzonych w przyjętym układzie współrzędnych, która stanowi przestrzenny obraz skanowanego obiektu. Metoda skaningu laserowego znajduje zastosowanie głównie przy projektowaniu i inwentaryzacji architektonicznej, leśnictwie, archeologii, coraz częściej również przy pomiarach i inwentaryzacji różnorodnych form geomorfologicznych. Wynikiem takiego pomiaru jest chmura punktów, na podstawie której można wygenerować kompletny model 3D lub numeryczny model terenu. Do zalet tej metody zaliczyć należy bardzo dużą szybkość pozyskiwania danych dochodzącą do 1 000 000 punktów na sekundę oraz dokładność pomiaru wynoszącą 2 mm. Wadą jest wysoka cena urządzenia oraz kwalifikacje wymagane do obsługi skanera.

Alternatywą dla tej technologii jest fotogrametria bliskiego zasięgu, dzięki której w oparciu o uzyskaną chmurę punktów można wygenerować model 3D lub cyfrowy model terenu dla obiektów oddalonych o 1-300 m. Uzyskane w ten sposób dane charakteryzują się bardzo dużą rozdzielczością, dokładnością oraz ceną niemożliwą do osiągnięcia przy zastosowaniu innej technologii.

Fotogrametrię bliskiego zasięgu zastosowano w celu pozyskania danych morfometrycznych klifów znajdujących się na wschodnim wybrzeżu Zbiornika Jeziorsko. Zbiornik ten jest położony w centralnej Polsce, na rzece Warcie, 60 km na zachód od Łodzi. Aktualnie pozyskano metodą fotogrametrii bliskiego zasięgu dane morfometryczne wszystkich klifów leżących na wschodnim wybrzeżu Zbiornika Jeziorsko. Uzyskane informacje to zarówno chmury punktów jak i modele 3D, których gęstość wynosi 1500 punktów na metr kwadratowy, a średni błąd nie przekracza 5 mm. Dzięki zastosowaniu techniki GPS RTK wszystkie punkty posiadają pełną georeferencję, co umożliwia implementację do środowiska GIS i dalszą analizę.

¹Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; piotr_m@onet.eu

Analiza przestrzenna GIS osuwisk w obszarze młodoglacjalnym Polski północnej na przykładzie miasta Gdańska

Anna Małka¹

Regulacje prawne wprowadzone po „katastrofie osuwiskowej” w 2000 r., zobligowały organy administracji samorządowej w Polsce do obserwacji terenów zagrożonych ruchami masowymi oraz gromadzenia danych dotyczących tych obszarów w formie bazy sporządzonej w systemie informacji przestrzennej GIS. Dane te, w postaci Map Osuwisk i Terenów Zagrożonych (MOTZ) w skali 1:10 000, mogą stanowić źródło informacji przestrzennej umożliwiające predykcję wystąpień ruchów masowych.

W 2011 r. przeprowadzono w Gdańsku prace terenowe, którymi objęto obszar 125 km² charakteryzujący się rzeźbą młodoglacjalną, narażony na powstawanie potencjalnych osuwisk. Na terenie miasta Gdańska w trakcie prac terenowych zlokalizowano 96 osuwisk. Wskaźnik osuwiskowości powierzchniowej dla tego obszaru wynosi 0,26%. Wykonane wówczas MOTZ oraz pozyskane bezpłatnie z państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego dane cyfrowe posłużyły do przeprowadzenia analizy GIS oraz sporządzenia mapy podatności osuwiskowej dla tego terenu.

Analizę przestrzenną GIS przeprowadzono w oparciu o precyzyjny cyfrowy model wysokościowy z projektu ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju), zmniejszając jednak rozdzielczość modelu w zapisie rastrowym do 5x5 m. W efekcie modelowania w programie ArcGIS wygenerowano mapy spadków, ekspozycji stoków i krzywizny wertykalnej oraz sporządzono ich histogramy. Na wysoczyznowym terenie Gdańska najwięcej spadków występuje w przedziale 3°–10°, a przeważającymi ekspozycjami stoków są kierunki N, NE, E, SE i S. Takie ekspozycje są uwarunkowane równoleżnikowym układem dolin rzecznych oraz wschodnią ekspozycją strefy krawędziowej wysoczyzny. Osuwiska najczęściej występują przy nachyleniach stoków między 6° a 18°, przeważnie na całych długościach lub w dolnych partiach stoków o ekspozycjach N, NW i NE.

Do sporządzenia mapy podatności osuwiskowej w skali 1:10 000 wykorzystano: zdjęcie geologiczne, pochodne cyfrowego modelu wysokościowego, dane cyfrowe dotyczące pokrycia terenu opracowane w ramach europejskiego projektu Urban Atlas oraz mapy gruntów podłoża budowlanego z „Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji trójmiejskiej”. Mapę tę dla opracowywanego obszaru wykonano za pomocą metody statystycznej *landslide index metod*. Jest to pierwsza tego typu mapa przedstawiająca rozmieszczenie obszarów podatnych na osuwanie dla terenu zurbanizowanego charakteryzującego się rzeźbą młodoglacjalną, wykonana z zastosowaniem statystycznej analizy przestrzennej.

¹Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza, ul. Kościarska 5, 80-328 Gdańsk; anna.malka@pgi.gov.pl

Skala obrazu satelitarnego a wyniki jego geologicznej interpretacji

Wojciech Ozimkowski¹

Na obrazach satelitarnych w różnych skalach czytelne są struktury (lineamenty) różnego rzędu: na obrazach małoskalowych – regionalne, a na wielkoskalowych – lokalne. Aby określić ilościowe parametry tego zróżnicowania poddano interpretacji przez 15 interpretatorów ten sam obraz w 3 skalach o mianownikach różniących się dwukrotnie: 1:2 000 000, 1:1 000 000 i 1:500 000. Obraz ze skanera MSS satelity Landsat obejmował część Karpat od Żywca na NW do Koszyc na NE, na południu po Wielką Nizinę Węgierską. Na wszystkich interpretacjach pomierzono ilość lineamentów, ich łączną długość na interpretacji (w mm) i w terenie (w km) oraz średnie długości lineamentów na interpretacji (w mm) i w terenie (w km). Przeanalizowano także diagramy rozetowe kierunków lineamentów dla ich ilości, łącznej długości i średniej długości (w terenie) w poszczególnych skalach.

Po statystycznym opracowaniu wyników stwierdzono, że ze wzrostem szczegółowości skali:

- rośnie ilość lineamentów, ale wolniej niż skala obrazu,
- łączna długość lineamentów na interpretacji (w mm) rośnie nieco szybciej niż skala,
- łączna długość lineamentów w terenie (w km) prawie się nie zmienia wraz ze zmianą skali, co przy rosnącej ilości lineamentów powoduje, że chociaż ze wzrostem skali:
- wyraźnie rośnie średnia długość (w mm) lineamentu wyznaczanego na interpretacji, to:
- dość wyraźnie maleje średnia długość lineamentu wyznaczonego w terenie (w km).

Stwierdzona mniejsza średnia długość lineamentu wyznaczonego w terenie potwierdza tezę, że na szczegółowych obrazach struktury regionalne są słabiej czytelne niż na obrazach w mniejszej skali.

Rozety kierunków lineamentów, wykonane dla poszczególnych skal, także ukazują pewne zróżnicowanie kierunków.

Zróżnicowanie wyników zależnie od skali analizowanego obrazu jest groźne dla spójności interpretacji, zwłaszcza obecnie, gdy nie interpretujemy obrazu na odbitce lub wydruku o stałej skali, lecz na monitorze, stosując różne powiększenia, zmieniane zależnie od potrzeb. Aby uniknąć problemów powinno się przeprowadzać interpretację całego obszaru na obrazie w tej samej skali (przy tym samym powiększeniu), powtarzając interpretację dla całego obszaru po każdej zmianie skali (powiększenia). Kolejne uzyskane interpretacje można na siebie nakładać metodą pokryw wielokrotnych nie tracąc w ten sposób informacji uzyskanych w różnych skalach.

¹Zakład Tektoniki i Kartografii Geologicznej, Instytut Geologii Podstawowej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; Wojciech.Ozimkowski@uw.edu.pl

Tworzenie numerycznych modeli form geomorfologicznych terenu

Magdalena Pieniak¹, Ewa Andrasik¹

Blisko 80% występujących na terenie Polski typów i form terenowych zostało ukształtowanych przez rzeźbotwórczą działalność lądolodów i lodowców. Formy te ulegają stopniowemu zatarciu, wygładzeniu krawędzi na skutek niszczącej działalności wód, wiatrów oraz ruchów masowych w wysokich partiach gór. Rzeźba terenu jest elementem ulegającym ciągłym zmianom. Jej szczegółowy opis przedstawiają mapy geomorfologiczne, które obrazują wszystkie formy terenowe w zależności od ich genezy oraz okresu powstania.

Aktualnym problemem jest modelowanie i badanie form terenowych, z tego względu prowadzona jest dyskusja nad opracowaniem projektu założeń merytorycznych, technicznych i redakcyjnych wykonania cyfrowych map geomorfologicznych. Jako dane do ich tworzenia wykorzystano m.in. numeryczny model terenu (NMT) otrzymany na podstawie odfiltrowanej chmury punktów z lotniczego skaningu laserowego (LiDAR). Kluczowym elementem w tworzeniu NMT jest dobór odpowiedniego algorytmu interpolacji.

Różnorodność form terenowych oraz stopień ich zdegradowania w wyniku działalności antropogenicznej implikuje potrzebę użycia odpowiednich modeli terenu. Celem opracowania jest przetestowanie oraz ocena adekwatności modeli NMT generowanych z użyciem różnych technik predykcji statystycznej dla detekcji i interpretacji poszczególnych form geomorfologicznych.

¹Katedra Geodezji i Astronomii Geodezyjnej, Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska, pl. Politechniki 1, 00-661 Warszawa; m.pieniak@gik.pw.edu.pl, e.andrasik@gik.pw.edu.pl

Przetwarzanie danych LiDAR w środowisku MatLAB i Terrascan

Jarosław Wajs¹

W opracowaniu przedstawiono badania dotyczące możliwości przetwarzania oraz funkcjonalności w opracowywaniu danych LiDAR. Badania testowe przeprowadzono na danych pokrywających rejon Jeziora Rożnowskiego. Badania zrealizowano pod kątem możliwości wykonania kontroli dokładności wewnętrznej spójności danych lotniczego skaningu laserowego. Celem opracowania było przetworzenie chmury punktów przez osobę zamawiającą dane - użytkownika końcowego z uwzględnieniem określenia możliwości przetwarzania silnika danych pakietu MatLAB. Problem przetwarzania chmury punktów z lotniczego skaningu laserowego sprowadzony został do ekstrakcji charakterystycznych segmentów informacji z danych LiDAR. Przedstawiono także możliwości oprogramowania TerraScan, jako pakietu służącego do kompleksowego przetwarzania danych LiDAR. Praca wykonana została na Platformie Obsługi Nauki PLATON, Politechnika Wrocławska, Wrocławskie Centrum Sieciowo-Superkomputerowe.

¹Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wrocławska, ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław; jaroslaw.wajs@pwr.edu.pl

GEODEZYJNE MONITOROWANIE OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH ORAZ ZJAWISK NATURALNYCH

Pomiar niwelacyjny punktów niedostępnych z zastosowaniem dalmierza laserowego

**Kazimierz Ćmielewski¹, Janusz Kuchmister¹, Piotr Gołuch¹,
Bartłomiej Ćmielewski², Izabela Wilczyńska¹**

W pomiarach inżynierskich często zachodzi konieczność wyznaczenia wysokości punktów, na których nie można bezpośrednio ustawić łąty niwelacyjnej. Autorzy opracowali i wykonali zestaw pomiarowy umożliwiający wyznaczenie wysokości punktów z użyciem dalmierza laserowego Disto. Zestaw pomiarowy pozwala określić wysokość punktów, osi, płaszczyzn elementów zasłoniętych, przesłoniętych, elementów będących w ruchu (wały napędowe, rolki taśmociągów, itp.) lub elementów konstrukcyjnych budowli inżynierskich o utrudnionym dostępie.

W pracy przedstawiono skonstruowany prototyp zestawu pomiarowego oraz wyniki pomiarów doświadczalnych przeprowadzonych w laboratorium IGiG UP we Wrocławiu.

Opracowany zestaw pomiarowy charakteryzuje się: prostą obsługą, nieskomplikowaną konstrukcją, możliwością współpracy ze standardowymi przyrządami pomiarowymi (niwelator, łąta niwelacyjna) oraz możliwością współpracy z różnymi dalmierzami.

Zastosowany dalmierz laserowy Disto oraz użyta łąta niwelacyjna ze standardową libellą pudełkową pozwoliły uzyskać dokładność wyznaczenia wysokości punktu na poziomie geometrycznej niwelacji technicznej (pojedyncze milimetry).

¹Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław; kazimierz.cmielewski@up.wroc.pl, janusz.kuchmister@up.wroc.pl, piotr.goluch@up.wroc.pl, izabela.wilczynska@igig.up.wroc.pl

²Laboratorium Skanowania i Modelowania 3D, Politechnika Wrocławska, ul. Bolesława Prusa 53/55, 50-317 Wrocław; bartlomiej.cmielewski@pwr.wroc.pl

Zastosowanie pionu optoelektronicznego do obserwacji przemieszczeń ściany konstrukcyjnej budynku

Kazimierz Ćmielewski¹, Janusz Kuchmister¹, Piotr Gołuch¹,
Krzysztof Mąkowski¹, Bartłomiej Ćmielewski²

W sąsiedztwie istniejącego budynku UP we Wrocławiu jest realizowana inwestycja w głębokim wykopie. W związku z tym prowadzony jest monitoring przemieszczeń pionowych w oparciu o założoną w 2006 r. sieć reperów. Sieć ta została uzupełniona o dodatkowe repery zlokalizowane w bezpośrednim sąsiedztwie nowej inwestycji. Jako uzupełnienie tej sieci zostały zamontowane na ścianie konstrukcyjnej istniejącego budynku dwa niezależne systemy pomiarowe, z których pierwszy to własnej konstrukcji pion optoelektroniczny, a drugi to libella elektroniczna Nivell firmy Leica. Zainstalowane systemy pomiarowe umożliwiają wykonywanie pomiarów względnych pochyłeń monitorowanych obiektów w sposób ciągły z zadany interwałem.

Przyrząd został zbudowany z elementów techniki optoelektronicznej. Podstawowymi elementami konstrukcyjnymi są: światłowód włóknisty, kamera CCD/CMOS oraz laser półprzewodnikowy. Opracowany przyrząd działa w systemie Centralnej Rejestracji i Przetwarzania Danych (CRPD). Wychylenia zawieszonego swobodnie światłowodu rejestrowane są przez kamerę CCD/CMOS i przesyłane do zewnętrznego rejestratora (*notebook*). Zakres pomiarowy urządzenia wynika z długości zastosowanego światłowodu. Dokładność przyrządu uzależniona jest od: sposobu zawieszenia światłowodu, sposobu tłumienia wahań światłowodu, rozdzielczości kamery CCD i zastosowanej metody identyfikacji obrazu rejestrowanej plamki lasera. Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że prototyp urządzenia uzyskuje submilimetrowe dokładności.

W pracy zostaną przedstawione wyniki pomiarów porównawczych obu zastosowanych systemów pomiarowych w odniesieniu do pomiarów założonej sieci kontrolno-pomiarowej, umożliwiającej wyznaczenie przemieszczeń pionowych metodą geometrycznej niwelacji precyzyjnej.

¹Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław; kazimierz.cmielewski@up.wroc.pl, janusz.kuchmister@up.wroc.pl, piotr.goluch@up.wroc.pl, krzysztof.makolski@up.wroc.pl

²Laboratorium Skanowania i Modelowania 3D, Politechnika Wrocławska, ul. Bolesława Prusa 53/55, 50-317 Wrocław; bartlomiej.cmielewski@pwr.wroc.pl

Określenie pola wektorowego przemieszczeń powierzchniowych na osuwisku w Kłodnem

**Paweł Ćwiąkała¹, Jacek Stanisław¹, Andrzej Wróbel¹, Robert Kaczmarczyk¹,
Paweł Drwal¹, Paulina Grabek¹, Monika Daroch¹, Michał Pękała¹,
Małgorzata Świątek¹, Mateusz Zierkiewicz¹**

Osuwisko w Kłodnem, położone na południowym zboczu góry Chełm należy do największych i najgroźniejszych osuwisk uaktywnionych w ostatnich latach. Z uwagi na jego skalę (obejmuje ono obszar ok. 32 ha), zakres wywołanych zniszczeń oraz zagrożeń dla budynków i infrastruktury stało się ono przedmiotem badań pracowników i studentów krakowskiej AGH.

W pierwszym etapie badań wykonano prace kartograficzno-geologiczne polegające na wyznaczeniu aktualnych, zewnętrznych granic osuwiska oraz porównano je z podobnym opracowaniem sporządzonym w 2010 r. przez PIG-PIB. Zewnętrzny kontur osuwiska, mimo odstępu 3 lat, ma zbliżony kształt w obu opracowaniach. W drugim etapie prowadzone były pomiary geodezyjne, na podstawie których utworzono bazową sieć pomiarową składającą się z 70 zastabilizowanych w gruncie punktów. Pomiary wykonano z użyciem statycznych obserwacji GNSS (*Global Navigation Satellite System*) oraz obserwacji kątowno-liniowych z użyciem tachimetru precyzyjnego. Przeprowadzone analizy wyników badań nie wskazują na ciągłą aktywność badanego osuwiska. W roku 2013 ruch mas gruntowych był właściwie niewidoczny. Wartości przemieszczeń poziomych wynosiły w kilku przypadkach od 4 do 7 mm, a pionowych do 17 mm. Błędy wyznaczenia przemieszczeń wyniosły odpowiednio 4 i 10 mm. Wyniki mają charakter jakościowy i będą uzupełniane o dane uzyskane z kolejnych serii pomiarowych.

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; pawelcwi@agh.edu.pl, jstanisz@agh.edu.pl, awrobel@agh.edu.pl

Zestaw pomiarowy do wyznaczenia znacznych różnic wysokości w obiektach budowlanych

**Piotr Gołuch¹, Kazimierz Ćmielewski¹, Janusz Kuchmister¹
Izabela Wilczyńska¹, Bartłomiej Ćmielewski²**

Autorzy opracowali i wykonali zestaw pomiarowy złożony z stolików reperowych i zwierciadeł płaskich umożliwiające przeniesienie wysokości z użyciem tachimetru elektronicznego z funkcją pomiaru odległości bez stosowania pryzmatów zwrotnych.

W pracy zostaną przedstawione wyniki badań doświadczalnych zrealizowanych w laboratorium Instytutu Geodezji i Geoinformatyki oraz w budynku „Geodezji” UP we Wrocławiu z użyciem wykonanego zestawu pomiarowego i tachimetru Leica TC407 Power.

Przeprowadzone prace badawcze umożliwiły analizę wykonanego zestawu pomiarowego w odniesieniu do pomiarów z zastosowaniem niwelatora precyzyjnego Leica DNA03 pod względem: dokładności, czasu wykonanego pomiaru oraz ergonomii.

Zaproponowana metoda i użyty zestaw pomiarowy pozwoliły na określenie różnicy wysokości wynoszącej około 17 m z dokładnością $\pm 0,5$ mm.

¹Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław; piotr.goluch@up.wroc.pl, kazimierz.cmielewski@up.wroc.pl, janusz.kuchmister@up.wroc.pl, izabela.wilczynska@igig.up.wroc.pl

²Laboratorium Skanowania i Modelowania 3D, Politechnika Wrocławska, ul. Bolesława Prusa 53/55, 50-317 Wrocław; bartlomiej.cmielewski@pwr.wroc.pl

Monitorowanie przemieszczeń pionowych budynku „Geodezji” Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

**Janusz Kuchmister¹, Piotr Gołuch¹, Kazimierz Ćmielewski¹,
Krzysztof Mąkowski¹, Izabela Wilczyńska¹**

W roku 2013 w sąsiedztwie istniejącego budynku Geodezji UP we Wrocławiu rozpoczęto inwestycję budowlaną Centrum Geo-Hydro-Info, która wymagała wykonania głębokiego wykopu. W związku z tym niezbędne było rozpoczęcie monitoringu przemieszczeń pionowych metodą geometrycznej niwelacji precyzyjnej. Do pomiarów tych zaadaptowano repery istniejącej sieci kontrolno-pomiarowej, założonej w 2006 r. ze względu na konieczność monitoringu budynków UP w związku z realizacją szeregu inwestycji w okolicy placu Grunwaldzkiego. Ocieplenie budynku oraz montaż na ścianach budynku reklam, skrzynek pocztowych itp. uniemożliwia dostęp do niektórych reperów niezbędnych do wykonania pomiarów z zastosowaniem klasycznego sprzętu geodezyjnego. W związku z tym autorzy opracowali metody i przyrządy pomiarowe umożliwiające przeniesienie wysokości z reperów częściowo zabudowanych na nowe punkty wysokościowe, zlokalizowane w ich sąsiedztwie.

W pracy zostaną przedstawione wyniki wykonanych pomiarów na zmodyfikowanej sieci kontrolno-pomiarowej do monitorowania budynku Geodezji UP we Wrocławiu z użyciem opracowanych i wykonanych przyrządów pomiarowych, umożliwiających przeniesienie wysokości z reperu częściowo zabudowanego na reper roboczy z dokładnością klasycznej niwelacji precyzyjnej. W pracy zaprezentowane zostaną również wyniki kampanii pomiarowej zrealizowanej na wspomnianej niwelacyjnej sieci kontrolno-pomiarowej.

¹Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław; janusz.kuchmister@up.wroc.pl, piotr.goluch@up.wroc.pl, kazimierz.cmielewski@up.wroc.pl, krzysztof.makolski@up.wroc.pl, izabela.wilczynska@igig.up.wroc.pl

Obsługa geodezyjna kompleksowych badań geofizycznych wałów przeciwpowodziowych w Polsce

Arkadiusz Piechota¹

Referat obejmować będzie swoim zakresem metodykę prac geodezyjnych zaprojektowanych na potrzeby pilotażowego programu wykorzystania prac geofizycznych do oceny stanu technicznego wałów przeciwpowodziowych w Polsce. Przedstawione zostaną metody obsługi geodezyjnej badań konduktometrycznych, georadarowych, grawimetrycznych, elektrooporowych oraz sejsmicznych. Ponadto zaprezentowana zostanie forma przekazywania danych geodezyjnych na potrzeby interpretacji danych geofizycznych.

¹Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych Sp. z o.o., ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa; kontakt@arpigeo.pl

Fotogrametria bliskiego zasięgu i skanowanie laserowe jako metody do monitoringu zmian geodynamicznych na przykładzie skarpy w Płocku

Maria Przyłucka¹, Anna Klimkowska¹

Osuwiska są zjawiskiem powszechnie występującym na zboczach dolin i zbiorników wodnych, jak również na obszarach źródłiskowych rzek, na nasypach oraz w skarpach wyrobisk. Osuwanie się mas ziemnych jest częstą przyczyną degradacji terenów objętych osuwiskami oraz niszczenia posadowionej na nich infrastruktury. Z tego względu wskazany jest monitoring osuwisk, w szczególności zachodzących na nich zmian geodynamicznych. Monitoring powierzchniowy zwykle jest wykonywany w oparciu o następujące metody: pomiary GPS, metody geodezyjne, naziemny skanowanie laserowe, lotniczy skanowanie laserowe, satelitarna interferometria radarowa oraz metody fotogrametryczne. W prezentowanych badaniach wykorzystano metodę fotogrametrii bliskiego zasięgu (FBZ) oraz naziemny skanowanie laserowe (TLS - *terrestrial laser scanning*) w celu określenia zmian morfologicznych zaistniałych na fragmencie skarpy wiślanej w Płocku w przeciągu jednego roku. Dane do analizy zostały zebrane podczas trzech pomiarów: w listopadzie 2012 r. (FBZ), w maju 2013 r. (FBZ), oraz w listopadzie 2013 r. (FBZ i TLS). Na podstawie zdjęć każdorazowo wykonano gęstą chmurę punktów oraz trójwymiarowy model terenu badanego obszaru. Dla ostatniego pomiaru w celach porównawczych wykonano również model na podstawie pomiarów wykonanych przy użyciu skaningu laserowego. Kolejnym etapem było przeprowadzenie analiz porównawczych modeli wykonanych w różnym czasie. W rezultacie wykazano ogólną stabilność skarpy w badanym okresie z niewielkimi zmianami rzędu kilku decymetrów w niektórych jej rejonach. Przeprowadzone badania dowodzą, iż na terenach trudnych morfologicznie metoda FBZ pomaga uzyskać informację o kierunku i wielkości deformacji wówczas, gdy powstają one gwałtownie i przyczyniają się do dużych (przynajmniej kilkudecymetrowych) zmian geodynamicznych.

¹Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; maria.przylucka@pgi.gov.pl, anna.klimkowska@pgi.gov.pl

System monitorowania zagrożeń osuwiskowych w zakładzie górniczym KWB Bełchatów

Aleksandra Sędor¹, Piotr Gaik¹, Leopold Czarnecki¹

Prowadzenie eksploatacji złoża metodą odkrywkową stwarza szereg problemów oraz zagrożeń wynikających ze specyfiki stosowanej metody oraz ogólnie pojętych warunków geologiczno-górniczych. Wykonywanie robót górniczych, związanych z udostępnianiem kolejnych poziomów eksploatacyjnych, powoduje naruszenie istniejącego dotychczas stanu równowagi a tym samym naruszenie stateczności górotworu. W przypadku kopalni odkrywkowej do najbardziej niebezpiecznych zagrożeń należą wieloskarpowe osuwiska, zwłaszcza, jeżeli zostaną uruchomione niespodziewanie oraz w sposób niekontrolowany.

W referacie przedstawiono sposób wydzielenia stref potencjalnych zagrożeń na etapie projektowania oraz ich kategoryzację w zależności od stopnia zagrożenia jakie mogą stanowić dla ruchu zakładu górniczego, obiektów zakładu górniczego i użyteczności publicznej oraz eksploatacji węgla, a także pod kątem stopnia rozpoznania budowy geologicznej na danym obszarze, co decyduje o klasyfikacji rejonu zagrożeń do odpowiedniej kategorii. Przedstawiono także sposób oraz zakres prowadzonego monitoringu dla poszczególnych rodzajów wydzielonych rejonów zagrożeń, kryteria zagrożenia oraz wytyczne projektowe dla prowadzenia tego typu prac.

Wykonanie tak szczegółowej analizy oraz skategoryzowanie rejonów, pozwala na odpowiednio wczesną próbę dobrania sposobu oraz metody minimalizacji zagrożenia. Niezwykle istotnym elementem podejmowania tych decyzji jest sprawnie działający system prowadzenia obserwacji oraz interpretacji wyników zarówno pomiaru deformacji powierzchniowych jak i wgłębnych, a także postępujące równocześnie uściślenie rozpoznania budowy geologicznej ujawniające stopniowo nowe jej szczegóły. Działania te ograniczają możliwość wystąpienia wcześniej nieprognozowanych deformacji wieloskarpowych na zboczach stałych.

Ze względu na stanowiące zagrożenie dla ruchu zakładu górniczego, obiektów zakładu górniczego i użyteczności publicznej, eksploatacji węgla oraz podejmowanych działań zabezpieczających wydzielono 5 kategorii rejonów zagrożeń (I-V). Ze względu na stopień rozpoznania danego rejonu zagrożeń określono 4 stopnie rozpoznania (A-D).

¹PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A., Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów, Rogowiec, ul. Św. Barbary 3, 97 – 400 Bełchatów; Leopold.Czarnecki@gkpge.pl

Tereny zagrożone osuwiskami a kataster nieruchomości

Adrianna Tarnowska¹

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska [Dz. U. 2001 nr 62 poz. 627 z późn. zm.] w art. 110a ust. 1 zobowiązała starostów do prowadzenia obserwacji i rejestrów terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy.

Dla realizacji powyższego zadania, Ministerstwo Środowiska podjęło się wykonania trzech projektów, z których dwa zostały już zakończone. „Rejestracja osuwisk na terenach Karpat (monitoring zdarzeń katastrofalnych na obszarze polskich Karpat fliszowych)” to temat zrealizowany w latach 2001-2004 przez Państwowy Instytut Geologiczny Oddział Karpacki, obejmujący obszar gminy Cieszyn w woj. śląskim, gminy i miasta Gorlice w woj. małopolskim oraz gmin Wiśniowa i Strzyżów w woj. podkarpackim. „Rejestracja i inwentaryzacja naturalnych zagrożeń geologicznych (ze szczególnym uwzględnieniem osuwisk oraz innych zjawisk geodynamicznych) - z wyłączeniem Polski karpackiej” to temat zrealizowany w latach 2002-2005 przez Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie, obejmujący strefy obszarów górskich, dolin rzek, wybrzeża morskiego, skarp będących wynikiem działalności człowieka oraz zagrożenia powierzchni wynikające z eksploatacji górniczej na obszarze całego kraju, z wyłączeniem Polski karpackiej.

Projekt: „System Osłony Przeciwośuwiskowej SOPO” rozpoczęto w roku 2006, obecnie realizowany jest Etap II „Kartowanie i wykonywanie map osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi dla obszaru Karpat Polskich (75% powierzchni) oraz monitorowanie wybranych osuwisk w Karpatach”, w którym „Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi” zostanie wykonana dla 198 gmin karpackich.

Nierzadko zdarza się, że zagrożenie wystąpieniem zjawisk osuwiskowych przedstawione na mapie osuwisk i terenów zagrożonych skutkuje zmianami w ewidencji gruntów i budynków. Autorka zaprezentuje przykład obszaru, na którym zagrożenie wystąpieniem osuwiska spowodowało nie tylko zmiany w ewidencji gruntów i budynków w zakresie granic działek ewidencyjnych, użytków oraz właścicieli/władających działkami, ale także istotne inwestycje w infrastrukturę drogową – wszystko to dla zapewnienia bezpieczeństwa podróżnych i drożności przejazdu.

¹Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska, pl. Politechniki 1, 00-661 Warszawa; adrianna.tarnowska@gmail.com

Metody monitoringu geodynamicznego stosowane przez Państwową Służbę Geologiczną

**Tomasz Wojciechowski¹, Piotr Nescieruk¹, Andrzej Michalski¹,
Zbigniew Perski¹, Bartłomiej Warmuz¹**

Państwowa Służba Geologiczna prowadzi obecnie monitoring 61 osuwisk położonych w obrębie Karpat, stanowiących zagrożenie dla tzw. infrastruktury krytycznej. Monitorowanie oparte jest na metodach wgłębnych i powierzchniowych. Obraz wgłębnej aktywności osuwisk tworzą odczyty z inklinometrów i piezometrów, które sączytywane są w 6-cio miesięcznym interwale czasowym. Dla każdego osuwiska zainstalowano sieć punktów stałego monitorowania metodą GNSS (*Global Navigation Satellite System*), a dla 20 osuwisk regularnie prowadzony jest naziemny skaningu laserowy. Wyniki uzupełniają dane ze stałych obserwacji opadów atmosferycznych. Dotychczasowe analizy monitorowanych osuwisk wykazują, że część z nich przejawia ciągłą aktywność.

Referat skupiony został głównie na charakterystyce metod powierzchniowych. Pomiar GNSS, a zwłaszcza skaningu laserowego dostarczają bowiem unikalnych danych o aktywności rejestrowanej na powierzchni poszczególnych osuwisk. Opracowanie numerycznych modeli rzeźby terenu o wysokiej rozdzielczości i tworzenie modeli różnicowych bazujących na kolejnych pomiarach, informuje o wielkościach deformacji zarówno w jednostkach odległościowych jak i objętościowych. Kompatybilność tych danych z informacjami pochodzącymi z monitoringu wgłębego, umożliwia wygenerowanie bardzo wiarygodnego wgłębego modelu osuwiska, a w rezultacie obliczenie objętości koluwium.

Nową jakość w monitorowaniu osuwisk dostarczają dane pochodzące z lotniczego skaningu laserowego i satelitarnej interferometrii radarowej. Umożliwiają one prowadzenie obserwacji na dużych obszarach z bardzo dużą dokładnością. Pierwsze testy stosowania tych metod, które przeprowadzono dla terenów przyległych do zbiornika Rożnowskiego, wskazują na możliwości prowadzenia szczegółowego monitoringu obszarów objętych osuwiskami. Wyniki prowadzonych badań dowodzą, że przy obecnym stanie rozwoju tych technologii konieczne jest ich wdrożenie do systemu monitorowania szeroko pojętych ruchów masowych.

¹Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; tomasz.wojciechowski@pgi.gov.pl, piotr.nescieruk@pgi.gov.pl, andrzej.michalski@pgi.gov.pl, zbigniew.perski@pgi.gov.pl, bartlomiej.warmuz@pgi.gov.pl

Badanie zachowania przyległej do elektrowni sekcji głuchej ZAPORY BETONOWEJ w trakcie pracy TURBIN

**Janina Zaczek-Peplińska¹, Maria Kołakowska¹, Krzysztof Malowany²,
Marcin Malesa²**

Artykuł przedstawia wynik doświadczenia pomiarowego przeprowadzonego w Elektrowni Wodnej Rożnów. W okresie pracy turbin ściana odpowietrzna zapory była monitorowana pod kątem jej ewentualnego przemieszczenia w kierunku równoległym do osi konstrukcji. Wykorzystano geodezyjne techniki pomiarowe oraz metodę Cyfrowej Korelacji Obrazu (wykorzystującą zdjęcia obiektu, rejestrowane za pomocą kamery cyfrowej), które porównano pod względem wiarygodności, efektywności i dokładności. Tego typu badania mogą stanowić dodatkowy element oceny wpływu zmiennego obciążenia w postaci uruchomienia przepływów przez turbiny na stan konstrukcji.

¹Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska, pl. Politechniki 1, 00-661 Warszawa; jzaczek@gik.pw.edu.pl, m.kolakowska@gik.pw.edu.pl

²Wydział Mechatroniki, Politechnika Warszawska, ul. św. Andrzeja Boboli 8, 02-525 Warszawa; k.malowany@mchtr.pw.edu.pl, m.malesa@mchtr.pw.edu.pl

Wykorzystanie technologii naziemnego skaningu laserowego, jako narzędzia do ustalania i weryfikacji geometrii modeli numerycznych betonowych obiektów hydrotechnicznych

Janina Zaczek-Peplińska¹, Paweł Popielski²

W pracy przedstawiono możliwość wykorzystania naziemnego skaningu laserowego do ustalania geometrii betonowych obiektów hydrotechnicznych oraz do weryfikacji geometrii numerycznych modeli ustalonych na podstawie dokumentacji projektowej. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów dokonano zmian w geometrii modeli numerycznych i analizowano, czy zaobserwowane zmiany kształtu mają istotny wpływ na prognozowane zachowanie obiektów hydrotechnicznych. Po weryfikacji geometrii kilkunastometrowej betonowej zapory przeliczone różnice przemieszczeń pomiędzy modelami znajdowały się na poziomie pojedynczych milimetrów. Uzyskane wyniki można zinterpretować jako potwierdzenie zasadności i przydatności wykorzystania naziemnego skaningu laserowego do ustalania i weryfikacji geometrii modeli numerycznych zachowania się obiektów budowlanych.

¹Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska, pl. Politechniki 1, 00-661 Warszawa; jzaczek@gik.pw.edu.pl

²Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa; pawel.popielski@is.pw.edu.pl

PROBLEMATYKA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA

Energia zniszczenia jako kryterium oceny odporności wytrzymałościowej makroporowatych skał węglanowych

Alicja Bobrowska¹

Kryteria energetyczne stosowane są do opisu procesów deformacji już od początków XX w. Rozważania te jednak dotyczyły materiałów jednorodnych, głównie metali i kryształów, dlatego ich aplikacja dla skał będących ośrodkami niejednorodnymi, anizotropowymi była trudna.

Badania nad energetyczną charakterystyką procesu deformacji makroporowatych skał węglanowych wykonano na podstawie krzywych deformacji, uzyskanych z badań wytrzymałościowo-odkształceniowych. Ponieważ wzrost naprężenia w ściskanej próbce implikuje wzrost jej energii wewnętrznej, to równocześnie spadek naprężenia wynikający ze zniszczenia jej struktury jest miarą energii zużytej na spękanie skały. Wyznaczenie krytycznej wartości energii, jaka jest zużywana na rozwój takiego pęknięcia pozwala ustalić właściwe danej skale energetyczne kryterium zniszczenia. Umożliwia też ocenę stopnia osłabienia skały wskutek pękania na podstawie ogólnego spadku jej energii wewnętrznej zużytej w czasie propagacji pęknięć. Zatem, generalnie ujmując, wyznaczone w badaniach laboratoryjnych energetyczne kryterium zniszczenia pozwala ustalić krytyczną ilość energii, jaką należy przekazać ciału, aby dokonać jego określonej deformacji.

Jako materiał badawczy wybrano trawertyny ze złoża Pamukkale-Hierapolis (Turcja Egejska) oraz wapienie skaliste o technicznej nazwie „polskie trawertyny” ze złoża Raciszyn (Polska). Skały te różnią się wiekiem, genezą i warunkami sedymentacyjnymi, lecz posiadają wspólną, charakterystyczną cechą jaką jest makroporowatość.

Energetyczna analiza procesu deformacji trawertynów, wskazuje, że do ich zniszczenia w stanie pokrytycznym potrzebna jest znacząca ilość energii, wynosząca blisko 80% energii całego procesu. Skały te wykazują więc znaczną odporność na zniszczenie nawet po przekroczeniu krytycznej wartości naprężenia. Ich dalsza destrukcja możliwa jest zatem jedynie poprzez dostarczenie z zewnątrz dodatkowej energii. Energia etapu pokrytycznego stanowi bowiem zasadniczą część energii całego procesu deformacji.

Jak wskazują przeprowadzone badania, trawertyny to skały, które w fazie pokrytycznej są w stanie zgromadzić znacznie większą ilość energii niż w fazie przedkrytycznej. Ta korzystna ich cecha wyjaśnia długotrwałą i wysoką odporność na mechaniczne zniszczenia, obserwowane w antycznych kamiennych obiektach architektury greckiej i rzymskiej wzniesionych z tego surowca.

¹Zakład Geomechaniki, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; a.bobrowska@uw.edu.pl

Wpływ wysokich ciśnień i temperatur na charakter deformacji piaskowców ciężkowickich w testach konwencjonalnego trójosiowego ściskania

Artur Dziedzic¹

Prawidłowe rozpoznanie właściwości wytrzymałościowo-odkształceniowych skał występujących w górotworze wymaga stosowania w badaniach geomechanicznych metod pozwalających odwzorować rzeczywiste ciśnienia (P) i temperatury (T) panujące na danej głębokości. Konieczne jest zatem wykonywanie testów wytrzymałościowych w złożonym stanie naprężenia z użyciem komór termociśnieniowych, w których możliwe jest śledzenie ścieżki deformacji i ustalenie reakcji materiału skalnego na wzrastające naprężenie różnicowe ($\sigma_1 - \sigma_3$). Wyznaczone na tej podstawie fazy deformacji opisują przebieg odkształcenia i pękania materiału skalnego oraz wskazują zakresy naprężenia odpowiadające za poszczególne etapy zmian strukturalnych skały w zmiennych warunkach ciśnienia i temperatury. Analiza krzywych naprężenie-odkształcenie pozwala także ustalić istotne parametry geomechaniczne, niezbędne przy projektowaniu zabiegów inżynierskich w górotworze, których wartości zmieniają się w zależności od ciśnienia (P) i temperatury (T).

Badania takie są szczególnie istotne w ocenie właściwości skał będących kolektorami węglowodorów, w których wykonywane są zabiegi szczelinowania. Eksploatowana na obszarze polskich Karpat fliszowych ropa naftowa występuje między innymi w warstwach piaskowców ciężkowickich. Próbkę tych skał zostały poddane w laboratorium Zakładu Geomechaniki UW testom konwencjonalnego, trójosiowego ściskania w sztywnej prasie MTS-815 wyposażonej w komorę termociśnieniową. W wyniku badań otrzymano krzywe naprężenie-odkształcenie i na ich podstawie wydzielono kolejne fazy deformacji oraz ustalono podstawowe parametry wytrzymałościowo-odkształceniowe. Badania wykonywano w zmiennych warunkach ciśnienia okólnego ($P = \sigma_2 = \sigma_3$) i temperatury (T) modelując warunki panujące w górotworze do głębokości ok. 3,5 km p.p.t., ustalając przy tym kilka poziomów głębokościowych w interwale 500 m.

Z przeprowadzonych badań wynika, że ciśnienie okólne ($P = \sigma_2 = \sigma_3$) i temperatura (T) wpływają na przebieg deformacji badanych skał oraz na charakter zniszczenia. Wraz ze wzrostem P i T zmniejsza się udział fazy kompaktacji, wzrasta zakres odkształceń sprężystych oraz pojawia się i zwiększa swoją obecność faza pękania stabilnego. Pękanie niestabilne, zapoczątkowane progiem dyatacji właściwej, wraz ze wzrostem P i T zmniejsza swój udział w całości naprężenia różnicowego ($\sigma_1 - \sigma_3$)_{max} z 70% w warunkach ciśnienie atmosferycznego i temperatury pokojowej do nieco ponad 10% na poziomach P i T odpowiadających głębokości 3 km p.p.t. Zmiany te wpływają na sposób niszczenia badanego materiału skalnego, który ze spokojnego, kontrolowanego pękania przy niskich P i T przechodzi w szybkie, gwałtowne zniszczenie w warunkach wysokiego P i T. Znajduje to swoje odzwierciedlenie także w oznaczanych wartościach modułu Younga (E), który wzrasta z ok. 5 GPa w warunkach powierzchniowych (ciśnienie atmosferyczne i temperatura pokojowa) do prawie 25 GPa dla modelowanej głębokości 3 km p.p.t., a współczynnik Poissona (ν) zmniejsza się odpowiednio od 0,40 do 0,15.

¹Zakład Geomechaniki, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; artur.dziedzic@uw.edu.pl

Identyfikacja przebiegu dawnego ciek w staromiejskim obszarze miasta Poznania

Mieczysław M. Kania¹

Współczesne warunki geologiczno-inżynierskie i hydrogeologiczne w historycznych centrach miast są wypadkową szeregu naturalnych i cywilizacyjnych procesów, kształtujących przypowierzchniowe partie podłoża gruntowego. Procesy takie zachodziły także na terenie staromiejskiego obszaru miasta Poznania, gdzie na przełomie XVIII i XIX w. istniała jeszcze naturalna sieć cieków zasilających wody rzeki Warty. Zachodzące w czasach historycznych przeobrażenia tej sieci obejmowały zmiany przebiegu koryta lub zanikanie poszczególnych cieków. Niektóre z nich zostały zasypane materiałem gruntowym o stosunkowo dobrej wodoprzepuszczalności i obecnie mogą stanowić drogi uprzywilejowanej filtracji wód gruntowych pierwszego poziomu.

W referacie omówiono przykład interdyscyplinarnych dociekań nad ustaleniem przebiegu ciek, zbierającego w przeszłości wody gruntowe I poziomu, spływające w zboczu ograniczającym nadzalewową terasę doliny Warty. Przedstawiono również fragmenty dostępnych historycznych zasobów kartograficznych Poznania z XVIII i XIX w. z zaznaczonym ciekim i późniejszymi zmianami jego przebiegu. Znaleziono także dawne mapy katastralne zespołu staromiejskiego, na których badany ciek był wydzielony jako odrębny obszar własności instytucjonalnej. Korzystając z dostępnych obrazów satelitarnych miasta udokumentowano jednoznaczne powiązanie historycznego przebiegu ciek ze specyficznymi śladami we współczesnej strukturze zabudowy terenu. Rozpoznano również stosunki hydrogeologiczne w podłożu analizowanego fragmentu Starego Miasta w Poznaniu w oparciu o przestrzenny model terenu i podłoża oraz warunków spływu wód gruntowych. Połączenie wzajemnie uzupełniających się informacji pozyskanych z archiwalnych danych kartograficznych, danych katastralnych oraz baz danych geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych, a także rezultatów analizy struktury istniejącej zabudowy pozwoliło na precyzyjne zlokalizowanie dawnego ciek na współczesnej mapie miasta.

Dokładne określenie przebiegu dawnych cieków ma znaczenie dla oceny współczesnych warunków geologiczno-inżynierskich i hydrogeologicznych w obszarze staromiejskim Poznania. Przeprowadzone badania są szczególnie istotne z punktu widzenia prognozowania wpływu systematycznie rosnącej koncentracji wodoszczelnych przegród (w postaci ścian kondygnacji podziemnych zagłębionych do warstw o słabej wodoprzepuszczalności), usytuowanych na głównych drogach przepływu wód gruntowych I poziomu. Szczególnym elementem prezentowanego opracowania jest wykorzystanie archiwalnych zasobów katastralnych jako nośnika dokładnej informacji hydrologicznej.

¹Zakład Geotechniki i Geologii Inżynierskiej, Instytut Inżynierii Lądowej, Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań; Mieczyslaw.Kania@put.poznan.pl

Ocena stateczności skarpy na podstawie komplementarnych badań geologiczno-inżynierskich i archeologicznych

Mieczysław M. Kania¹

W referacie omówiono problemy oceny stateczności skarpy podzamcza tzw. Góry Przemysła w Poznaniu, lokalnego wzniesienia, na którym znajdują się relikty obronnego zamku króla Przemysła II. W przypowierzchniowych partiach wzgórza dominuje warstwa gruntów nasypowych o zmiennej miąższości, spoczywająca na mocno zaburzonej pierwotnej, przedlokacyjnej powierzchni terenu. W trakcie rozbudowy obiektów na wzgórzu, zaszła konieczność przeprowadzenia drogi dojazdowej w wąskiej przestrzeni między budynkami, a krawędzią istniejącej skarpy. W tym celu niezbędne było określenie warunków stateczności omawianej skarpy. Możliwości wykonywania wierceń badawczych są na tym terenie ograniczone, z uwagi na ochronę konserwatorską całego wzgórza oraz istniejące zadrzewienie.

W ramach badań prowadzonych przez Autora na wzgórzu, w dostępnych miejscach zrealizowano wiercenia penetracyjne i badania elektrooporowe podłoża. Ponadto odnaleziono opracowania archiwalne wyników wcześniejszych badań geologiczno-inżynierskich, w tym unikatową dokumentację archiwalną z wierceń wykonanych przed II wojną światową na potrzeby budownictwa wojskowego. Wobec niemożności uzyskania z wymienionych badań wystarczająco dokładnego odwzorowania układu warstw w skarpie, przeprowadzono dodatkowe rozpoznanie w zasobach instytucji wykonujących w przeszłości na Górze Przemysła szeroko zakrojone badania archeologiczne. Pozyskane archeologiczne źródła informacji zawierające dokładne, ciągłe przekroje podłużne, doprowadzone do warstwy gruntów rodzimych umożliwiły zbudowanie dokładniejszego modelu numerycznego, niezbędnego dla obliczeń stateczności metodą elementów skończonych. Połączenie różnych technik badawczych oraz różnych źródeł danych, wytworzonych w ramach różnych dyscyplin naukowych, pozwoliło na zwiększenie wiarygodności odtworzenia poszukiwanej powierzchni stropu warstwy gruntów rodzimych oraz na zwiększenie dokładności modelu obliczeniowego wykorzystanego w analizie stateczności skarpy.

¹Zakład Geotechniki i Geologii Inżynierskiej, Instytut Inżynierii Lądowej, Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań; Mieczyslaw.Kania@put.poznan.pl

Wpływ cech litogenetycznych piaskowców godulskich na ich właściwości geomechaniczne

Dominik Łukasiak¹

Kamień wykorzystywany jest w architekturze i sztuce ze względu na swoje piękno i trwałość, jednak z upływem czasu materiał ten ulega procesowi deterioracji. Przejawia się to stopniowym spadkiem jego walorów dekoracyjnych oraz zmianami właściwości geomechanicznych. Wahania klimatyczne oraz rozwój cywilizacji, przede wszystkim przemysłu, przyspieszają proces niszczenia, nawet w przypadku skał bardziej odpornych na dezintegrację. W celu spowolnienia tego procesu istotne jest ustalenie mechanizmu niszczenia materiału skalnego w odniesieniu do warunków geosrodowiskowych miejsca ekspozycji, oraz do budowy wewnętrznej materiału skalnego.

Jako przykład analizy ukierunkowanej na ocenę wpływu cech litogenetycznych na właściwości geomechaniczne wybrano piaskowce godulskie z Brennej (Karpaty zewnętrzne), które eksploatowane są w kamieniołomie Głębiec z przeznaczeniem m.in. na elementy okładzinowe. Materiał ten charakteryzujący się szarozielonym i szaroniebieskim zabarwieniem wykorzystywany jest zarówno w obiektach architektonicznych zlokalizowanych w Beskidzie Śląskim, jak również w wybranych aglomeracjach europejskich.

Zastosowanie laboratoryjnych badań wytrzymałości na jedno- i trójosiowe ściskanie oraz wytrzymałości na rozciąganie, a także wykorzystanie badań ultradźwiękowych, pozwoliło na rozpoznanie anizotropii wytrzymałościowej i akustycznej w analizowanych piaskowcach. Zmienność tych właściwości geomechanicznych piaskowców godulskich wywołana jest głównie kierunkowym ułożeniem ziaren mineralnych, powstałym podczas głębokomorskiej sedymentacji silikoklastycznej w basenie śląskim. Rozpoznane cechy strukturalne mają również znaczący wpływ na mechanizm niszczenia analizowanego materiału skalnego. Proces niszczenia, modelowany badaniami wytrzymałościowymi oraz deterioracją w warunkach laboratoryjnych, inicjowany jest głównie przez pękanie intergranularne powstające w spoiwie i podrzędnie w minerałach warstwowych równoległe do stropu warstw. Niszczenie piaskowców godulskich następuje również w wyniku propagacji spękań ciosowych występujących w masywie skalnym.

Zastosowana metodyka badawcza umożliwiła rozpoznanie wpływu cech litogenetycznych analizowanych piaskowców na ich właściwości użytkowe. Z przeprowadzonych badań wynika, że eksploatacja piaskowców powinna być prowadzona z selektywnym doбором ich przeznaczenia, gdyż charakteryzują się one powierzchniami o zwiększonej podatności na zniszczenie, które związane jest z ich cechami litogenetycznymi.

¹Zakład Geomechaniki, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; dominik.lukasiak@uw.edu.pl

Metody wyznaczania kąta tarcia wewnętrznego i spójności skał na podstawie testów laboratoryjnych

Paweł Łukaszewski¹

Współczesne techniki laboratoryjne dają możliwość uzyskania w złożonym stanie naprężenia parametry wytrzymałości skał, na podstawie których można określić stałe materiałowe, takie jak kąt tarcia wewnętrznego (ϕ) oraz spójność (c), potrzebne przy projektowaniu obiektów inżynierskich oraz przy modelowaniu zagadnień z zakresu geomechaniki.

Zgodnie z zaleceniami Międzynarodowego Towarzystwa Mechaniki Skał (ISRM), w zależności od ścieżki obciążenia, a tym samym od sposobu uzyskania obwiedni wytrzymałości, kąt tarcia wewnętrznego (ϕ) i spójność (c) można określić na podstawie trzech typów badań trójosiowych: klasycznych testów trójosiowych (metoda 1), testu wielokrotnego zniszczenia (metoda 2) oraz testu ciągłego zniszczenia (metoda 3).

Parametry te można także wyznaczyć dysponując tylko wytrzymałością na jednoosiowe ściskanie (R_c) oraz wytrzymałością na rozciąganie (R_r) na podstawie kryterium Coulomba-Mohra (metoda 4) oraz obwiedni Fairhursta (metoda 5).

W referacie opisane zostaną wszystkie metody wyznaczania kąta tarcia wewnętrznego i spójności oraz uzyskane na ich podstawie wartości ϕ i c dla trzech różniących się uziarnieniem piaskowców fliszowych.

Porównanie zastosowanych technik badawczych, wraz z uzyskanymi wartościami stałych materiałowych oraz obwiedni wytrzymałości dla analizowanych skał, umożliwi ocenę poprawności i dokładności oznaczeń wyznaczanych stałych materiałowych.

¹Zakład Geomechaniki, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; pawel.lukaszewski@uw.edu.pl

Wyznaczanie parametru odporności na kruche pękanie (K_{IC}) ośrodków skalnych przy zastosowaniu metody *chevron bend*

Łukasz Pieczara¹

Niszczenie ośrodków skalnych w wyniku pękania polega na gwałtownym rozprzestrzenianiu się szczelin. Przebieg tego procesu jest indywidualną cechą skały, zależną od jej genezy, struktury i składu litologicznego. Parametr ten można zdefiniować jako odporność na kruche pękanie (K_{IC}). Jest to stała materiałowa, charakteryzującą zdolność danego ośrodka skalnego do stawiania oporu rozprzestrzenianiu się pęknięcia przy zadanym obciążeniu. Wskaźnik ten znajduje w geologii szerokie zastosowanie praktyczne m.in. jako wskaźnik służący do klasyfikacji ośrodków skalnych, podczas prac związanych z drążeniem tuneli, a także na etapie szczelinowania hydraulicznego w trakcie wydobywania węglowodorów ze źródeł niekonwencjonalnych.

Jedną z metod, charakteryzującą się wysokim stopniem skomplikowania, wyznaczania odporności na kruche pękanie (K_{IC}) jest metoda *chevron bend*. Została ona zaadoptowana na potrzeby geomechaniki z innych dziedzin zajmujących się mechaniką pękania, gdzie z powodzeniem jest stosowana od lat przy badaniu m.in. metali oraz ceramiki. Metoda *chevron bend* polega na zginięciu w maszynie wytrzymałościowej odpowiednio przygotowanej próbki skalnej z nacięciem inicjalnym w kształcie klina. Próbka obciążana od góry, podparta jest dwoma stalowymi wałkami. Siła obciążająca przyłożona jest nad szczeliną inicjalną i wywołuje lokalną koncentrację naprężeń w wierzchołku klina. Takie warunki badania pozwalają uznać, że za zniszczenie materiału odpowiedzialne są siły rozciągające. Stosowane są dwa warianty metody *chevron bend*, które w instrukcjach Międzynarodowej Organizacji Mechaniki Skał (ISRM) nazywane są *Level 1* i *Level 2*.

W badaniach *Level 1* w warunkach stałego przyrostu obciążenia, skutkującego zniszczeniem próbki, wskaźnik odporności na pękanie, z racji stosowanych metod obliczeniowych, odzwierciedla zależność K_{IC} od maksymalnej siły niszczącej (F_{max}) w badaniach prowadzonych przy stałej zmianie szerokości szczeliny z zastosowaniem cykli odciążających (*Level 2*), wskaźnik odporności na kruche pękanie wyznaczany jest przy zastosowaniu dwóch metod. W pierwszym przypadku, podobnie jak w wariancie *Level 1*, wartość tego parametru odniesiona zostaje do maksymalnej siły niszczącej. W drugim sposobie, do jego obliczenia używany jest stopień nieliniowości [p], charakteryzujący odkształcalność danego materiału. Uniezależnia on wartość wyznaczonego K_{IC} od rozmiarów badanej próbki. Określany jest na podstawie wybranych, z zastosowaniem odpowiednich kryteriów, reprezentatywnych cykli odciążenia (interpretacja otrzymanej w trakcie badań krzywej obciążenie-przemieszczenie).

Otrzymane wartości wskaźnika odporności na pękanie, mogą być analizowane w celu oceny wpływu budowy wewnętrznej ośrodka skalnego oraz warunków prowadzenia badania na charakterystykę mechanizmów pękania skał.

¹Zakład Geomechaniki, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; lukaszpieczara@student.uw.edu.pl

Wykorzystanie interdyscyplinarnego programu badań do oceny stanu wałów przeciwpowodziowych

Paweł Popielski¹

W pracy omówiono zalecany program badań oceny stanu technicznego wałów przeciwpowodziowych. Proponowany program badań wykorzystuje wybrane metody geofizyczne, geotechniczne i zaawansowane modelowanie numeryczne. W pracy przedstawiono wyniki wykonanych badań geofizycznych i geotechnicznych przeprowadzonych wybranych odcinków obwałowań na terenie Doliny Maciejowickiej. Do analizy wykorzystano przekroje, w których zaobserwowano przesiąki wody na stronę zawala podczas powodzi w 2010 r. W celu oceny rozwoju zjawiska filtracji i stateczności badanych obwałowań w poszczególnych dniach wezbrania wykonano analizę numeryczną filtracji nieustalonej podstawie rzeczywistych hydrogramów przejścia fali powodziowej w roku 2010. Otrzymane wyniki odpowiadały przeprowadzonym obserwacjom w trakcie wezbrania w 2010 r.

¹Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa; pawel.popielski@is.pw.edu.pl

Kryterium podziału podłoża budowli na warstwy geotechniczne

Simon Rabarijoely¹, Klaudia Kukawska¹

Przedstawiono kryteria podziału podłoża budowli na warstwy geotechniczne. Na wstępie wyjaśniono pojęcie umożliwiające lepsze zrozumienie przedstawionego problemu. W dalszej części pracy opisano kategorie podziału podłoża budowli ze względów geologicznych i geotechnicznych. W ostatniej części pracy wyznaczono granice warstw projektowanego stadionu SGGW, poletka doświadczalnego na Stegnach, na podstawie wyników sondowania statycznego CPT i badania dylatometrycznego DMT².

¹Zakład Geoinżynierii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159, Warszawa; simon_rabarijoely@sggw.pl

²*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009-2015 z dwóch projektów badawczych NCN: N N506 218039 i UMO-2011/03/D/ST8/04309.*