

90-lecie Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Udział

GEODEZJA NA

Do ciekawszych prac Wydziału Geodezji i Kartografii PW zarówno ze względu na tematykę, jak i miejsce ich prowadzenia, z pewnością można zaliczyć badania polarne. Sięgły one obu biegunów, przyczyniając się do rozwoju nie tylko samej geodezji, ale również innych dziedzin nauki związanych z tematyką polarną.

ANDRZEJ PACHUTA,
ARTUR ADAMEK,
ZDZISŁAW KURCZYŃSKI,
JANUSZ WAŁO, KINGA WĘŻKA

Historia udziału pracowników i studentów WGiK PW w badaniach obszarów podbiegunowych sięga roku 1957. Wtedy to bowiem członkiem pierwszej ekspedycji arktycznej organizowanej podczas II Roku Geofizycznego był prof. Jerzy Fellmann, późniejszy dziekan Wydziału. W następnym roku w wyprawie Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk na przeciwległy kraniec świata (Antarktydę) wzięli udział późniejsi profesorowie Janusz Śledziński i Zbigniew Ząbek. W sumie pracownicy, studenci oraz doktoranci WGiK uczestniczyli w kilkunastu wyprawach naukowych, których większość była zorganizowana we współpracy z Instytutem Geofizyki PAN (szczegółowy wykaz poniżej). Polowa tych wypraw polarnych odbyła się

w ostatnich latach (2003-09) i na ten okres przypada szczególnie intensywna działalność naukowo-badawcza. Wiązała się ona głównie z wdrażaniem najnowszych technologii pomiarowych, takich jak satelitarne wyznaczanie pozycji GNSS oraz naziemne skanowanie laserowe.

● KIERUNEK POŁUDNIE

Pierwszą polską wyprawę na Antarktydę zorganizował w 1958 roku Instytut Geofizyki PAN do radzieckiej stacji w Oazie Bungera. Stacja ta przekazana została oficjalnie Polsce w styczniu 1959 roku i otrzymała nazwę im. Antoniego Bolesława Dobrowolskiego (profesora geofizyki, uczestnika wyprawy na Antarktydę na statku „Belgica” w latach 1897-99). W wyprawie w latach 1958/59 wzięło udział 3 geodetów, w tym dwóch wspomnianych już pracowników WGiK PW: Janusz Śledziński i Zbigniew Ząbek [Śledziński i in., 1982]. Kierownikiem wyprawy był także geodeta Wojciech Krzemiński (pracownik Instytutu Geodezji i Kartografii

blisko związany z Politechniką Warszawską, której był absolwentem, a na WGiK prowadził przez pewien czas zajęcia z geofizyki geodezyjnej).

Najważniejszym punktem programu naukowego było wyznaczenie przyspieszenia siły ciężkości na punkcie w stacji [Ząbek Z., Śledziński J., 1960]. Pomiary wykonano za pomocą aparatu czterowahadłowego firmy Askania. W tym celu przeniesiono metodą względną przyspieszenie z Warszawy, nawiązując się do punktu w laboratorium grawimetrycznym na Politechnice Warszawskiej. Wykonane wyznaczenie wartości przyspieszenia ($9,824384 \text{ m/s}^2$) było jedną z pierwszych prób pomiaru grawimetrycznego na Antarktydzie.

Po raz drugi na stację im. A.B. Dobrowolskiego wyruszyła wyprawa w listopadzie 1978 roku. Ekspedycja ta również była historyczna. Po raz pierwszy zorganizowano wyprawę samodzielnie, po raz pierwszy polski statek MS „Zawichost” przybił do brzegów Antarktydy i polskie

POLARNE WYPRAWY NAUKOWE PRACOWNIKÓW, DOKTORANTÓW

Antarktyda (polska stacja imienia Antoniego Bolesława Dobrowolskiego)

● **1958/59 r.** – Wyprawa Instytutu Geofizyki PAN; uczestnicy: Janusz Śledziński, Zbigniew Ząbek.

● **1978/79 r.** – Pierwsza Samodzielna Polska Wyprawa na Antarktydę; organizator Instytut Geofizyki PAN; uczestnik Andrzej Pachuta.

Arktyka (Spitsbergen, Polska Stacja Polarna IGF PAN im. Stanisława Siedleckiego)

● **1957 r.** – Wyprawa na Spitsbergen; uczestnicy: Jerzy Fellman, Jerzy Jasnorzewski.

● **1983/84 r.** – VI Wyprawa Instytutu Geofizyki PAN; uczestnicy: Jan Cisek (kierownik), Szymon Barna.

● **1987/88 r.** – X Wyprawa Instytutu Geofizyki PAN; uczest-

nicy: Stanisław Dąbrowski (kierownik), Zdzisław Kurczyński.

● **1988 r.** – Pierwsza wyprawa pracowników i studentów WGiK na Spitsbergen; uczestnicy: Andrzej Pachuta (kierownik), Ryszard Preuss (opiekun naukowy), Artur Gustowski, Jarosław Kutyna, Dariusz Osuch, Piotr Wypych.

● **2003 r.** – Ogólnopolska Studencka Wyprawa orga-

nizowana przez Ogólnopolski Klub Studentów Geodezji przy Stowarzyszeniu Geodetów Polskich; wśród 12 uczestników czworo z WGiK: Artur Adamek (kierownik), Zdzisław Kurczyński (opiekun naukowy), Małgorzata Piskorz, Michał Sagan.

● **2004 r.** – wyprawa studentów i pracowników WGiK; uczestnicy: Artur Adamek

pracowników, doktorantów i studentów w badaniach polarnych

BIEGUNACH



Rys 1: Lokalizacja stacji im. Antoniego Bolesława Dobrowolskiego

śmigłowce latały nad Szóstym Kontynentem. Wyprawa ta miała charakter typowo geodezyjny, a wśród jej uczestników było aż pięciu geodetów. Kierownikiem ekspedycji był ponownie doc. Wojciech Krzemieński, a WGiK reprezentował Andrzej

Pachuta. Pozostali geodeci to Jan Cisak i Seweryn Mroczek z IGiK oraz Zbigniew Batke z Zarządu Topograficznego Sztabu Generalnego WP. Głównym celem badań było określenie dynamiki lodowców okalających Oazę Bungera, wykonanie mapy



Rys. 2: Pomiary geodezyjne w Oazie Bungera wykonuje Andrzej Pachuta (1978/79)

okolic stacji oraz kontynuacja badań grawimetrycznych podjętych podczas pierwszej wyprawy.

Wykonano nawiązanie punktu w Oazie Bungera do grawimetrycznego punktu w radzieckiej stacji Mirnyj [Pachuta, 1980]. Pomiar ten przeprowadzono za pomocą astatyzowanego grawimetru Sharpe CG-2, którego współczynnik kalibracyjny (stałą grawimetru) wyznaczono na miejscu metodą nachylania, wykorzystując w tym celu specjalnie skonstruowany egzaminator. W trakcie pobytu w Oazie Bungera wykonano pomiary grawimetryczne wokół stacji, co pozwoliło wyznaczyć anomalie Bouguera (rozpoznawcze zdjęcie grawimetryczne), dzięki którym określono grubość skorupy ziemskiej w tym rejonie na podstawie teorii Woolarda.

I STUDENTÓW WYDZIAŁU GiK POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

(kierownik), Marek Woźniak (opiekun naukowy).

● **2005/06 r.** – XXVIII Wyprawa Instytutu Geofizyki PAN; uczestnik: Artur Adamek.

● **2005 r.** – Wyprawa studentów i pracowników WGiK; uczestnicy: Kinga Węzka (kierownik), Janusz Walo (opiekun naukowy), Zbigniew Malinowski, Marcin Rajner.

● **2006/07 r.** – XXIX Wyprawa Instytutu Geofizyki PAN; uczestnik: Marcin Rajner.

● **2006 r.** – Wyprawa studentów i pracowników WGiK; uczestnicy: Kinga Węzka (kierownik), Andrzej Pachuta (opiekun naukowy), Dominik Próchniewicz.

● **2006 r. (jesień) i 2007 r. (wiosna)** – Udział doktoranta WGiK w projekcie badaw-

czym UNIS-u (The University Centre in Svalbard); uczestnik Artur Adamek.

● **2007 r.** – Wyprawa doktoranta WGiK w ramach grantu uczelnianego; uczestnik Artur Adamek.

● **2008 r.** – Wyprawa doktorantów i studentów WGiK; uczestnicy: Kinga Węzka (kierownik), Artur Adamek, Maciej Pańnikowski.

● **2009 r. (wiosna)** – Wyprawa doktoranta WGiK w ramach projektu CSZ PW (Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej); uczestnik Artur Adamek.

● **2009 r. (lato)** – Wyprawa doktorantów i studentów WGiK; uczestnicy: Artur Adamek (kierownik w ramach projektu CSZ PW), Ewa Gruszka.



Rys. 3. Położenie Spitsbergenu



Rys. 4. Polska Stacja Polarna Instytutu Geofizyki PAN im. Stanisława Siedleckiego

• KIERUNEK PÓŁNOC

Miejszem wypraw w kierunku biegu na północnego były okolice fiordu Hornsund na południu największej wyspy Archipelagu Svalbard – Spitsbergenu Zachodniego. Bazą docelową była Stacja Polarna im. Stanisława Siedleckiego należąca do Instytutu Geofizyki PAN, najdalej na północ wysunięta polska placówka naukowo-badawcza.

Stacja jest jednym z zaledwie kilku miejsc na Svalbardzie, gdzie prowadzone są całoroczne badania w takich dyscyplinach, jak: meteorologia, sejsmologia, glaciologia, geofizyka czy badania środowiskowe. Geodezyjne prace naukowe stanowią ważne uzupełnienie tych badań, wpływając na poszerzenie zakresu obserwacji prowadzonych w okolicach stacji oraz wydatnie przyczyniając się do wdrażania najnowszych technik obserwacyjnych do prac badawczych z innych dyscyplin. Tematyka prac geodezyjnych obejmowała między innymi: badania ruchów lodowców, badania geodynamiczne, badania przemieszczeń konstrukcji

budowlanych, analizę wyników obserwacji stacji permanentnej GPS, monitorowanie powierzchni czynnej warstwy wieloletniej zmarzliny oraz wykorzystanie technologii skanowania laserowego w badaniach polarnych.

• BADANIA KINEMATYKI LODOWCA HANSA

Jednym z głównych zadań ekspedycji na Spitsbergen było przeprowadzenie prac geodezyjnych zmierzających do określenia charakteru ruchu powierzchniowego oraz zasięgu klifu lodowca Hansa położonego w pobliżu stacji Hornsund. Dostarczenie danych o kinematyce powierzchniowego ruchu lodowców ma istotne znaczenie w badaniu zjawisk glacialnych oraz w analizie zmian klimatycznych naszej planety. Lodowiec Hansa ma około 16 kilometrów długości i zajmuje powierzchnię blisko 57 km². Boczne partie lodowca oparte są o brzegi doliny, a jego główny nurt spoczywa na dnie fiordu. Jest on średniej wielkości lodowcem Spitsbergenu. Światowa Służba Monito-

ringu Lodowców (WGMS – World Glacier Monitoring Service) włączyła go do swojej bazy obejmującej 100 wybranych lodowców świata. Lodowiec Hansa jest jednym z lepiej zbadanych i monitorowanych w Arktyce.

• ŚLEDZENIE KINEMATYKI LODOWCA W WYBRANYCH PUNKTACH

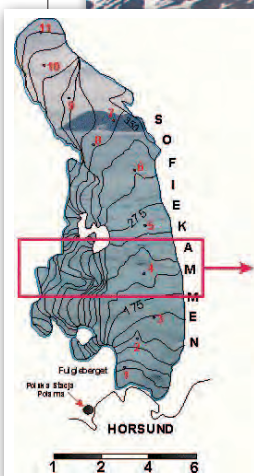
Tradycyjną metodą badania powierzchniowego ruchu lodowca jest śledzenie zmian położenia jego charakterystycznych punktów zwykle zamarkowanych tyczkami ablacyjnymi. Z wielkościami

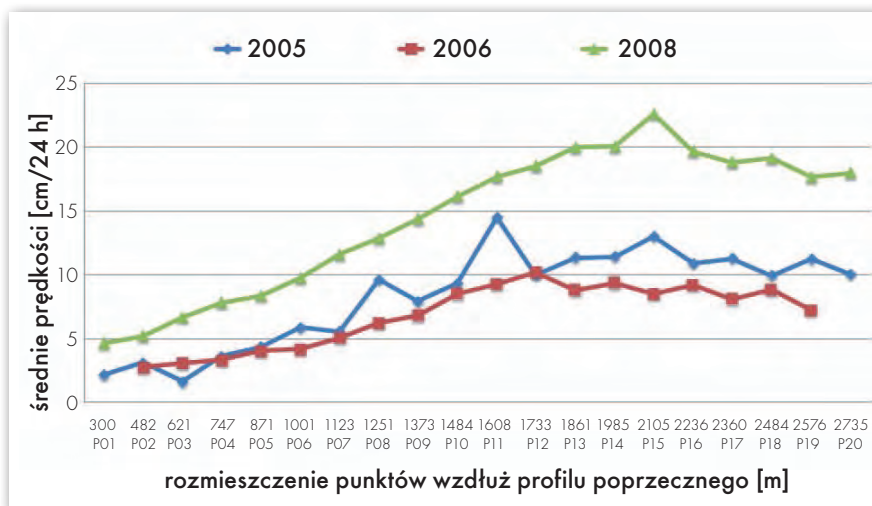


Rys. 5. Lodowiec Hansa. Profile podłużny i poprzeczny

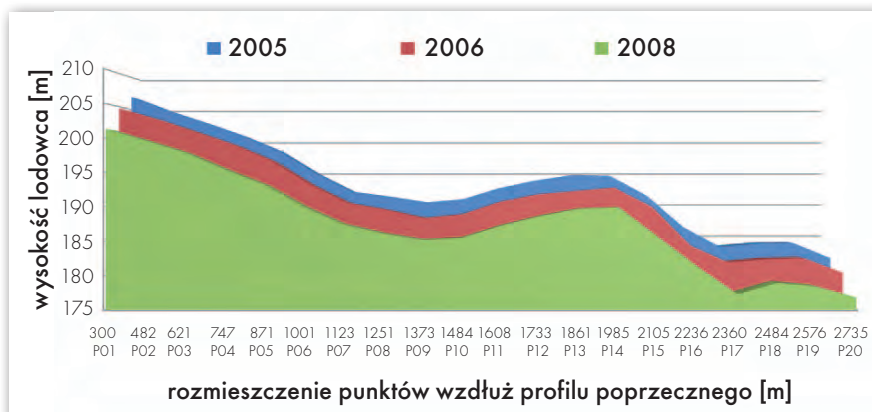


Rys. 6. Pomiar technologią RTK tyczek ablacyjnych na lodowcu Hansa





Rys. 7. Średnie prędkości lodowca w punktach profilu poprzecznego w latach 2005, 2006 i 2008



Rys. 8. Wysokości lodowca określone w punktach profilu poprzecznego w latach 2005, 2006 i 2008

przemieszczeń poziomych i wysokości punktów profili lodowca utożsamia się jego ruch powierzchniowy oraz miąższość. W profilu podłużnym, zastabilizowanym przed laty przez pracowników Wypraw Centralnych IGF, znajduje się 11 tyczek ablacyjnych równomiernie rozmieszczonych wzdłuż całego lodowca. W ramach wypraw Wydziału dodatkowo w odległości 3 kilometrów od czoła zastabilizowano 20 punktów (co około 200 m) tworzących profil poprzeczny (rys. 5).

Profil podłużny lodowca monitorowany jest przez „zimowników” w równych odstępach czasu przez okres całego roku. Natomiast profil poprzeczny stabilizowany i mierzony jest jedynie w okresie letnim (dotychczas w latach 2005, 2006 i 2008). Początkowo pomiary współrzędnych punktów wykonywane były tachimetrem elektronicznym, a od 2004 roku za pomocą technik satelitarnych GNSS. Zmiana technologii pomiarowych znacznie przyspieszyła i uprościła obserwacje. Pozwoliła ponadto na zwiększenie zasięgu pomiarów, ich regularności, a przede wszystkim dokładności wyznaczania

pozycji. Pomiary punktów na profilu poprzecznym potwierdziły zasadniczo obserwacje glaciologiczne (lodowiec przemieszcza się najszybciej w głównym nurcie), ale pozwoliły też zaobserwować pewne nieregularności. Okazało się, że lodowiec nieznacznie szybciej przemieszcza się w części wschodniej, a szybkość jego poruszania różni się w kolejnych latach (rys. 7). Zarejestrowane zmiany miąższości lodowca wynoszą średnio około 2 m w skali roku – rys. 8 [Walo i in., 2007].

• FOTOGRAMETRYCZNE METODY ŚLEDZENIA KINEMATYKI LODOWCA

Do oceny stanu lodowców stosuje się również metody fotogrametryczne dające wyniki nie w wybranych punktach pomiarowych, lecz ciągle, w całym przebiegu linii czoła czy powierzchni. Od wielu lat takie badania prowadzą pracownicy naukowcy i studenci Politechniki Warszawskiej jako członkowie całorocznych centralnych wypraw polarnych Instytutu Geofizyki PAN lub wypraw letnich, wspomaganych przez wyprawy centralne.

Podczas X Wyprawy Polarnej IGF PAN (1987/88) kartowano metodami fotogrametrycznymi czoła lodowców uchodzących do Fiordu Hornsund oraz badano kinematykę lodowca Hansa w okresie całego roku (od lata 1987 do lata 1988, włącznie z nocą polarną). Kinematykę określono przez cykliczny pomiar prędkości spływu powierzchniowego i również cykliczny pomiar sytuacyjno-wysokościowy stanów czoła lodowca. Obserwacje rejestrowano w bliskich sobie momentach czasowych, wykonując okresowo zdjęcia fotogrametryczne foto-teodolitem Photo 19/1318.

Uzyskane wyniki wniosły nowe wartości do opisu modelu kinematyki lodowców. Pomiary wykazały, że czoło lodowca w porze letniej, tj. od lipca do przełomu października i listopada, cofało się w strefie zachodniej 30-75 m, a w strefie centralnej 40-115 m. W porze zimowej, tj. od przełomu października i listopada do przełomu czerwca i lipca roku następnego, widoczny jest bardzo równomierny awans czoła, wynoszący w strefie zachodniej 80-90 m, a w strefie centralnej 100-115 m. Oznacza to, że średnie tempo awansu strefy centralnej w tym okresie wyniosło około 50 cm/dobę.



Rys. 9. Prace na bazie fotogrametrycznej wykonuje Zdzisław Kurczyński (X Wyprawa Instytutu Geofizyki PAN, 1987/88)



Rys. 10. Wynik pomiaru zasięgu czoła lodowca Hansa wraz z bazami fotografowania

Dla oceny bilansu lodowca zostały wykonane również metodami fotogrametrycznymi pomiary prędkości spływu powierzchniowego na profilu poprzecznym, zastabilizowanym na lodowcu ponad kilometr powyżej czoła, tj. poza strefą szerokich szczelin. Wielokrotna rejestracja tego profilu pozwoliła stwierdzić, że lodowiec płynie ze znaczną prędkością w środkowym nurcie i znacznie wolniej po obu brzegach. W ciągu roku lodowiec przepłynął 70 m w środkowej strefie, tj. około 21 cm/dobę. W rocznym przebiegu prędkości spływu zaskakująca jest względnie duża stabilność tej prędkości. Okazuje się, że zimą lodowiec płynie z prędkością niewiele odbiegającą od średniej rocznej.

Podczas letniej wyprawy w 2003 roku organizowanej przez Ogólnopolski Klub Studentów Geodezji również prowadzono badania dynamiki lodowca Hansa metodami fotogrametrycznymi. Wykonano dwie rejestracje czoła z tych samych baz co podczas X Wyprawy Instytutu Geofizyki PAN. Powtórne opracowanie

dździ wyraźnie widać, że jest on w stanie regresji (cofania się) – największego w części zachodniej i mniejszego w części wschodniej.

• WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII NAZIEMNEGO SKANOWANIA LASEROWEGO W BADANIACH POLARNYCH

Delikatna materia, jaką jest powierzchnia wieloletniej zmarzliny, wymaga bezinwazyjnych metod prowadzenia pomiarów jej deformacji. Dlatego tak ważne jest opracowanie nowych metod pozyskania tych danych. W wyniku przeprowadzonych w roku 2007 pomiarów testowych spośród kilku metod pomiarowych jako najkorzystniejszą – zarówno ze względu na liczbę i jakość uzyskanych obserwacji, jak i na rozwiązania technologiczne (pomiar bezinwazyjny) – wybrano naziemny skanowanie laserowe. Wytypowano trzy pola testowe charakteryzujące się odmienną strukturą gruntu, tj.: tundra sucha, wilgotna i tundra brzegowa.

Wykonane skany powierzchni tych obszarów stanowią referencję do kolejnych serii obserwacyjnych oraz do przeprowadzonych tam prac geofizycznych i monitoringu temperatury gruntu [Adamek, 2010].

W latach 2007-09 skanowanie laserowe wykorzystano m.in. do wykonania przestrzennej inwentaryzacji zabudowań oraz rejestracji obszaru wokół Stacji Polarnej. Wspólnie z firmą Dephos wykonano

wizualizację budynku głównego bazy. Doktoranci i studenci WGiK zrealizowali również *Opracowanie kompleksowego numerycznego modelu terenu (NMT) Hansbreen na podstawie naziemnego skanowania laserowego dla studiów nad dynamiką strefy czołowej lodowca (Hornsund, Spitsbergen SW)* przy współudziale: Instytutu Geofizyki PAN, Uniwersytetu Śląskiego oraz firmy Laser-3D. Projekt ten pozwolił nie tylko na uchwycenie dynamiki czoła lodowca Hansa, ale również na stworzenie przestrzennego modelu strefy czołowej, bardzo mocno poprzecinanej szczelinami i niedostępnej dla pomiarów bezpośrednich. W ramach wymienionych ekspedycji przetestowano również kilka modeli skanerów laserowych w trudnych warunkach polarnych. Sprawdzano takie parametry, jak rzeczywisty zasięg pomiaru instrumentu czy absorpcja promieni lasera przez różne powierzchnie, m.in. lód lodowcowy, roślinność, skały. Technologia skanowania laserowego rozwija się na tyle dynamicznie, że możemy się spodziewać jej permanentnego wykorzystania w badaniach polarnych w najbliższych latach.

• MONITOROWANIE KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH NA WIELOLETNIEJ ZMARZLINIE

Rozwój infrastruktury Stacji Polarnej w Hornsundzie w ostatnich latach, widoczne i postępujące ocieplenie klimatu Arktyki oraz potrzeba pogłębienia wiedzy z zakresu inżynierii polarnej miały największy wpływ na rozwój badań i pomiarów wysokościowych oraz geodezyjnych przemieszczeń. Bardzo ważny był również praktyczny aspekt geodezyjnego monitorowania konstrukcji. Pomiary te pozwoliły na uzyskanie wielu ważnych danych dla poprawnego i prawidłowego projektowania oraz wprowadzenia ewentualnych zmian do projektów już realizowanych. W przypadku obiektów naturalnych (lodowce) umożliwiły prognozowanie „zachowań” i ewentualnych zagrożeń wynikających z ich natury, jak również określenie ich zmienności w czasie.

Lokalizacja obiektów posadowionych na wiecznej zmarzlinie (permafroście) może nieść za sobą zagrożenia związane z brakiem ich stabilności. W dobie postępującego rozmarzania zmarzliny na półkuli północnej osiadanie konstrukcji w wyniku topnienia wierzchniej warstwy zmarzliny jest jednym z podstawowych zagrożeń dla występujących tam budowli. Dlatego zdecydowano się



Rys. 11. Skanowanie lodowca Hansa

FOT. W. KRAWIEC



FOT. W. KASZKIN

Rys. 12. Pomiary wysokościowe na terenie Stacji Polarnej w Hornsundzie

rozbudować (2003-07) sieć monitorującą przemieszczenia pionowe na obszarze Polskiej Stacji Polarnej na Spitsbergenie. Pomiarami wysokościowymi objęto następujące obiekty: sieć punktów kontrolnych, repery kontrolowane na fundamentach stóp betonowych pod zbiornikami oraz na fundamentach hali magazynowej. Obserwacje wykonywane są regularnie raz w roku późnym latem, kiedy to aktywna warstwa zmarzliny powinna być rozmarznięta. Dodatkowo, jeśli warunki atmosferyczne są sprzyjające, pomiary realizowane są częściej (kilka razy w roku) przez zimownika pełniącego funkcję geodety i wchodzącego w skład Wyprawy Centralnej Instytutu Geofizyki PAN.

• BADANIA GEODYNAMICZNE

W 1988 roku założono wokół fiordu Hornsund poligon geodynamiczny składający się z 7 punktów rozmieszczonych po obu brzegach fiordu. Podstawowym celem była weryfikacja hipotezy, iż fiord może być cieśniną, a jego południowa część (Sørkapp) – odrębną wyspą. Hipoteza ta opierała się na sugestii geologów, że Sørkapp przemieszcza się ze względu na bliskość uskoku tektonicznego oraz na fakcie, że fiord Hornsund kończy się ogromnym lodowcem Horn, który oddziela go od morza Barentsa [Pachuta, 1989]. W czasie wyprawy w 1988 roku wykonane zostały klasyczne pomiary geodezyjne (długości i kąty), a podczas wypraw z lat 2003, 2005 i 2006 pomiary satelitarne GNSS. Otrzymane wyniki nie wskazują jednoznacznie na aktywność tektoniczną tego rejonu. Przeprowadzone w ostatnich latach pomiary geofizyczne

(GPR) wykluczyły postawioną przed laty hipotezę. Poligon geodynamiczny Hornsundu stanowi jednak podstawę do wieloletnich badań struktury tektonicznych w okolicach fiordu [Walo i in., 2009].

W celu zapewnienia jednolitego układu odniesienia oraz zwiększenia dokładności pomiarów satelitarnych w 2005 roku w pobliżu Stacji Polarnej założono stację referencyjną GNSS. Pierwsza lokalizacja anteny to zaadaptowany punkt astronomiczny, na którym doc. Jerzy Jasnorzewski (1959 r.) i dr Jan Cisak (1984 r.) wyznaczyli szerokość i długość z pomiarów astronomicznych [Cisak i Dąbrowski, 1990]. Jednak po zakończeniu prac remontowych i wielu analizach zdecydowano się zmienić jej lokalizację. Tereny tak daleko wysunięte na północ (duże szerokości geograficz-

ne) determinują szczególne położenie anteny stacji referencyjnej. Od 2009 roku stacja nieprzerwanie pracuje już na nowym miejscu (lokalne wzniesienie za budynkami Stacji Polarnej) i w najbliższym czasie zostanie włączona do międzynarodowych sieci badawczych (EPN, IGS). Pozwoli to lepiej wykorzystać wyniki obserwacji permanentnych do badań geodynamicznych i środowiskowych.

ANDRZEJ PACHUTA, ARTUR ADAMEK,
ZDZIŚŁAW KURCZYŃSKI, JANUSZ WALO,
KINGA WĘŻKA
(Wydział Geodezji i Kartografii
Politechniki Warszawskiej)

Udział pracowników, doktorantów i studentów w badaniach polarnych nie byłby możliwy bez wsparcia wielu życzliwych osób, jednostek i instytucji. W tym miejscu w imieniu wszystkich uczestników chcielibyśmy złożyć serdeczne podziękowania dla: Politechniki Warszawskiej, Instytutu Geofizyki PAN, Głównego Geodety Kraju, Stowarzyszenia Geodetów Polskich, Magazynu Geoinformacyjnego GEODETA, TPI Sp. z o.o., Leica Geosystems Sp. z o.o., Instrumenty Geodezyjne Tadeusz Nadowski, Esri Polska Sp. z o.o., Laser-3D, Impexgeo, Intergraph Polska Sp. z o.o., Coder Firma Informatyczna, InterTIM Sp. z o.o.

Literatura:

- Adamek A., 2010: Zastosowanie technologii naziemnego skaningu laserowego do określenia dynamiki lodowca Hansa na Spitsbergenie; GEODETA 2 (177);
- Cisak J., Dąbrowski S., 1990: Polish geodetic and cartographic studies in the Arctic and Antarctic regions, „Polish Polar Research”, 11 (3-4);
- Jania J., 1997: Glaciologia; Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa;
- Pachuta A., 1980: Preliminary gravimetric investigations in Bunge Oasis nearby of Dobrowolski's Station (Antarctic); „Polish Polar Research”, 1 (87-97);
- Pachuta A., 1989: Pierwsza wyprawa Wydziału GiK PW na Spitsbergen, „Przegląd Geodezyjny” Nr 4-5 (18-21), Warszawa;
- Sagan M., 2005: Opracowanie zasięgu czoła lodowca Hansa na podstawie zdjęć wieloczasowych, WGik PW, 2005;
- Ślędziński J., Ząbek Z., 1982: Prace grawimetryczne pierwszej polskiej wyprawy antarktycznej w latach 1958-1959, Materiały sympozjum „Prace geodezyjne w polskich wyprawach polarnych 1932-1982”, SGP, Warszawa;
- Walo J., Węzka K., Malinowski Z., Rajner M., Adamek A., Pachuta A., Próchniewicz D., 2007: Monitoring of thickness and movements of the Hans glacier surface in Spitsbergen in a period of 2005-2006 by using GPS-RTK technology, European Geosciences Union; Wiedeń;
- Walo J., Węzka K., Pańnikowski M., Adamek A., 2009: Functioning analysis of reference station in Hornsund and its possibilities of usage in geodynamic research of Spitsbergen, European Geosciences Union, Wiedeń.



FOT. M. BARAN

Rys. 13. Stacja referencyjna w Hornsundzie