

# Tatrzańska grawimetry

MARIA CISAK,

Pomiary absolutne wykonane w październiku 2004 r. na Kasprowym Wierchu i w Zakopanem umożliwiły przedłużenie Centralnej Bazy Kalibracyjnej. Obecnie obejmuje ona cały zakres zmienności  $g$  na terytorium kraju, co wpłynie na podniesienie dokładności pomiarów grawimetrycznych w południowej Polsce.

w Zakopanem, drugie – w piwnicy Prewentorium w Kuźnicach, trzecie zaś – w najniższej kondygnacji budynku Wysockiego Obserwatorium Meteorologicznego na Kasprowym Wierchu (na cementowej podłodze posadowionej bezpośrednio na skale).

Pomiary wartości różnic przyspieszenia siły ciężkości  $\Delta g$  na przesłach bazy według projektu prof. Jerzego Bokuna, kierownika Zakładu Geodezji w IGiK (Bokun J., 1957), wykonał zespół Katedry Geodezji Wyższej Politechniki Warszawskiej (Ząbek Z., Dobaczewska W., 1957) w ramach współpracy z Instytutem. Dokładność pomiarów wahadłowych zrealizowanych na przesłach bazy Zakopane-Kuźnice i Kuźnice-Kasprowy Wierch określona została przez wykonawców na  $\pm 0,3$  mGal. Uzyskane wówczas wyniki mają więc obecnie jedynie wartość historyczną. Sama idea bazy górskiej była

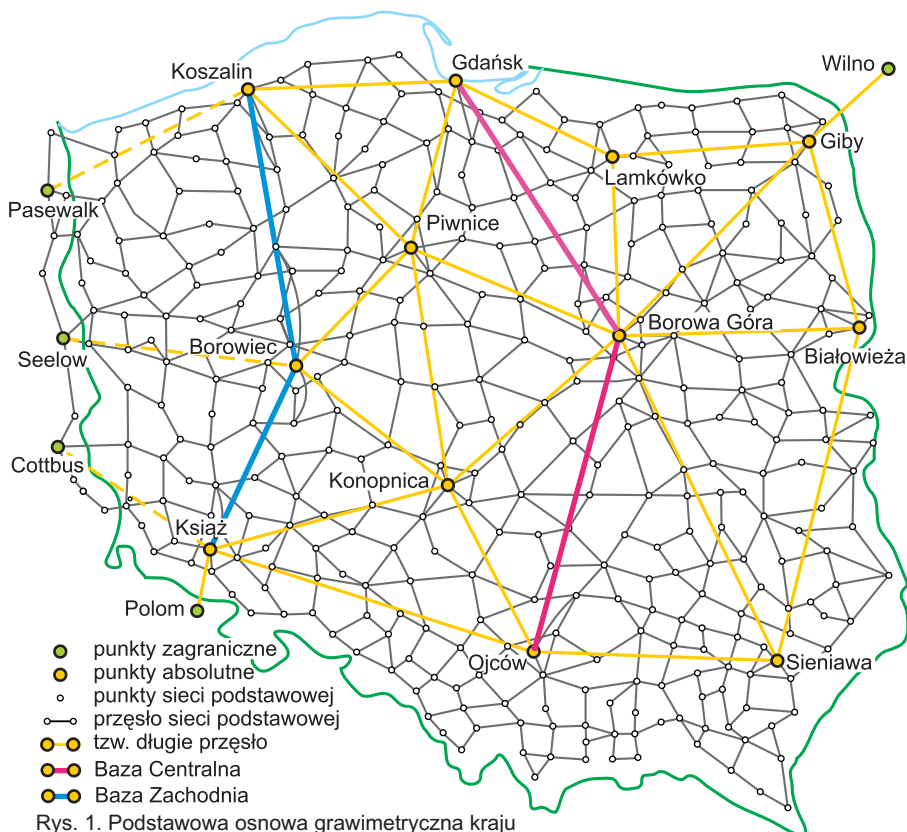
Idea utworzenia górskiej bazy kalibracyjnej zrodziła się w połowie lat 50. ubiegłego wieku w Instytucie Geodezji i Kartografii. Zaprojektowano wtedy trzy stanowiska pomiarowe tworzące dwa przesła tej bazy. Pierwsze z nich zlokalizowane było w piwnicy Muzeum Tatrzańskiego im. Tytusa Chałubińskiego



Fot. 1. Obserwatorium Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej na Kasprowym Wierchu



Fot. 2. Stacja Hydrologiczno-Meteorologiczna w Zakopanem



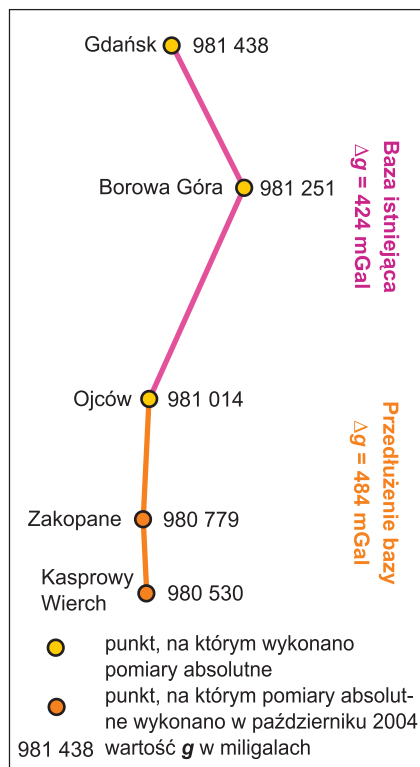
# czna baza kalibracyjna

ANDRZEJ SAS

jednak na tyle atrakcyjna, że została rozwinięta w pracach prowadzonych przez Instytut Geodezji i Kartografii w latach 1999-2004.

## ● Nowa osnowa i bazy kalibracyjne

W 1999 roku ówczesny Zakład Geodezji Fizycznej IGiK zakończył prace nad podstawową osnową grawimetryczną kraju. Została ona wykonana zgodnie ze standardem obowiązującym w krajach Europy Zachodniej zarówno pod względem grawimetrycznego poziomu odniesienia, grawimetrycznej jednostki, jak i dokładności. Nowa osnowa grawimetryczna obejmowała 354 punkty połowe zastabilizowane trwałymi znakami, 12 stanowisk do wyznaczeń absolutnych przyspieszenia siły ciężkości  $g$  i dwie południkowe bazy kalibracyjne – Zachodnią i Central-



Rys. 2. Centralna Baza Kalibracyjna przedłużona o dwa przęsła na południe

ną (rys.1). Istniejące bazy kalibracyjne nie pokrywały jednak całego zakresu zmienności wartości  $g$  na terytorium Polski. Regiony kraju na południe od linii Książ–Ojców–Sieniawa znajdowały się poza nim. Zatem w celu podniesienia dokładności pomiarów grawimetrycznych w południowych rejonach Polski zaistniała potrzeba przedłużenia Bazy Centralnej (rys. 2). Była ona tym bardziej uzasadniona, że regiony górskie, a zwłaszcza Tatry, od lat stanowią obiekt zainteresowania specjalistów zajmujących się współczesnymi zjawiskami geodynamicznymi (Makowska A., 2003).

Kalibracja grawimetrów polega na porównaniu wartości różnicy  $\Delta g^g$  wyznaczonej pomiędzy punktami bazy za pomocą badanego grawimetru z wartością  $\Delta g^a$  uzyskaną z wyznaczeń absolutnych. W wyniku tego porównania wyliczany jest współczynnik kalibracji  $k$  zwany skalą grawimetru.

## ● Wybór stanowisk pomiarowych

W styczniu 2000 r. pracownicy IGiK przeprowadzili wywiad terenowy w celu wyboru stanowisk do pomiaru wartości  $g$  w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu. Choć próbowano wykorzystać te same miejsca, w których przed laty zrealizowano pomiary wahadłowe, okazało się to możliwe tylko dla punktu zlokalizowanego na Kasprowym Wierchu (obecnie – w Obserwatorium Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej). W Zakopanem wybrano Stację Hydrologiczno-Meteorologiczną mieszczącą się przy ulicy Sienkiewicza 26C, która podlega oddziałowi IMiGW w Krakowie. Zaproponowano lokalizację stanowiska pomiarowego w pomieszczeniu piwnicznym, które budowane było jako schron przeciwatomowy w czasach zimnej wojny i którego ściany i podłogę stanowi gruba warstwa betonu. W wyniku wywiadu sporządzone zostały opisy lokalizacji obu punktów według schematu zalecanego przez Międzynarodową Komisję Grawimetryczną.



Fot. 3. Załadunek aparatury w Kuźnicach



Fot. 4. Przesiadka na Myślenickich Turniach



Fot. 5. Przenoszenie aparatury z górnej stacji kolejki linowej do obserwatorium



Fot. 6. Uczestnicy pomiarów przy aparaturze balistycznej na punkcie w Zakopanem: dr Andrzej Sas, dr Jaakko Mäkinen i Maria Cisak

W ramach prac organizacyjnych nawiązano kontakt z Fińskim Instytutem Geodezyjnym w Helsinkach dysponującym grawimetrem balistycznym do absolutnych wyznaczeń przyspieszenia siły ciężkości. Jednak dopiero w październiku 2004 r. wysiłki podjęte przez obecny Zakład Geodezji i Geodynamiki IGiK zostały uwieńczone sukcesem. Na obu zaplanowanych punktach zostały wykonane wyznaczenia przyspieszenia ziemskiego  $g$  najnowszym typem grawimetru FG-5 nr 221 przywiezionym z Finlandii przez dr. Jaakko Mäkinena.

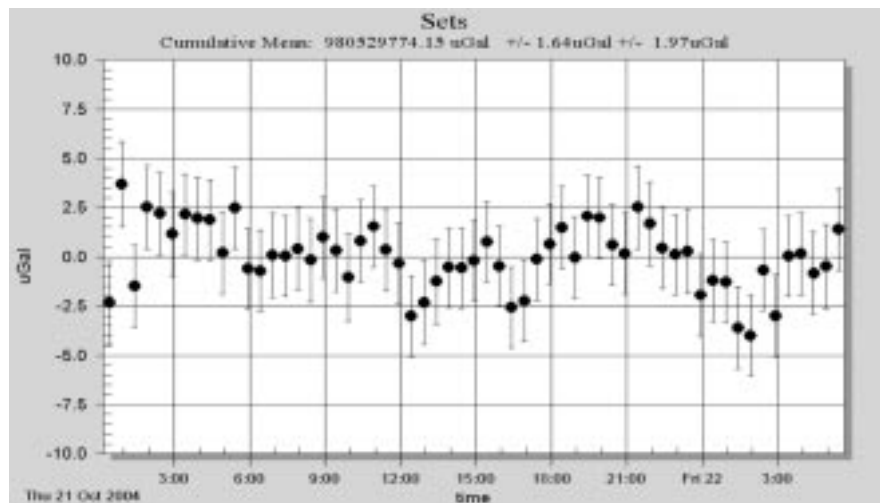
## ● **Pomiary na Kasprowym Wierchu**

Rozpoczęcie pomiarów zaplanowano od punktu na Kasprowym Wierchu. 20 października kolejką linową z Kuźnic (z przesiadką na Myślenickich Turniach) przetransportowano tam aparaturę zapakowaną w 15 skrzyniach o łącznej wadze 650 kg.

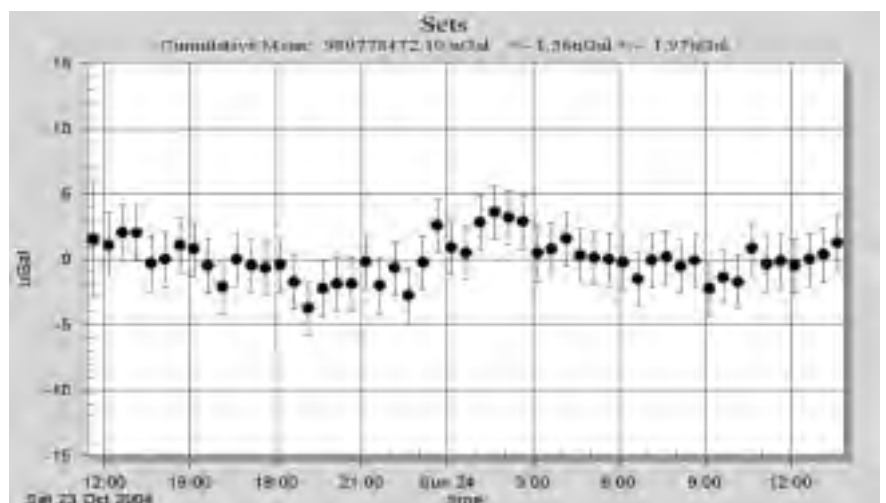
Zimowe warunki panujące na Kasprowym Wierchu znacznie utrudniły transport, szczególnie na odcinku między górną stacją kolejki linowej a obserwatorium. Aparatura musiała bowiem być przenoszona po schodach, które ze względów bezpieczeństwa należało oczyścić z pokrywy lodowej.

Obserwacje rozpoczęto w nocy 21 października o godzinie 0:26, a zakończono 22 października o godzinie 5:26. W ciągu prawie 30 godzin wykonano 59 serii pomiarowych po 50 rzutów (każda z se-

rii trwała pół godziny). Zasada pomiaru aparaturą balistyczną jest prosta – mierzy się czas swobodnego spadania ciała próbnego w próżni na określonym odcinku. Natomiast procedura pomiarowa jest bardzo skomplikowana, gdyż wymaga precyzyjnego określenia drogi i czasu spadku tego ciała. Do wyniku należy wprowadzić liczne poprawki: geodynamiczne (lunisolarne, uwzględniające wpływ wód oceanicznych i uwzględniające ruch bieguna), meteorologiczne (wynikające ze zmian ciśnienia atmosferycznego i temperatury) oraz instrumentalne (wprowadzane do wskazań zegara rubidowego i interferometru laserowego) – (Barlik M., 1996). Pomierzona wartość przyspieszenia siły ciężkości w grawimetrach balistycznych określana jest dla punktu na wysokości ustalonej przez konstruktorów tych instrumentów. W celu zredukowania tej wartości do poziomu podłogi należy uwzględnić



Rys. 3. Rozrzuty wartości przyspieszenia siły ciężkości z 59 serii pomiarowych na Kasprowym Wierchu



Rys. 4. Rozrzuty wartości przyspieszenia siły ciężkości z 53 serii pomiarowych w Zakopanem

gradient pionowy przyspieszenia siły ciężkości.

Wykres przedstawiony na rys. 3 obrazuje rozrzuty wartości przyspieszenia siły ciężkości  $g$  z 59 serii pomiarowych. W nagłówku wykresu podana jest wartość przyspieszenia siły ciężkości na wysokości pomiaru oraz dwie wartości błędów. Pierwsza ( $\pm 1,64 \mu\text{Gal}$ ) to błąd średni średniej arytmetycznej z 59 serii, druga ( $\pm 1,97 \mu\text{Gal}$ ) to sumaryczny wpływ błędów poprawek i błędu gradientu, które zostały wprowadzone do wyznaczonej wartości  $g$ . Łączny błąd wyznaczenia siły ciężkości tą aparaturą na punkcie w budynku obserwatorium na Kasprowym Wierchu wynosi  $\pm 2,56 \mu\text{Gal}$ .

### ● **Pomiary w Zakopanem**

Na stanowisku zlokalizowanym w pomieszczeniu piwnicznym w Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej w Zakopanem obserwacje rozpoczęto 23 października o godzinie 12:43, a zakończono 24 października o 14:43. W ciągu 26 godzin wykonano 53 serie pomiarowe po 50 rzutów w każdej.

Wykres przedstawiony na rys. 4 obrazuje rozrzuty wartości przyspieszenia siły ciężkości  $g$  w poszczególnych seriach pomiarowych. Podobnie jak poprzednio w nagłówku wykresu podana jest wartość przyspieszenia siły ciężkości na wysokości pomiaru oraz dwie wartości błędów:  $\pm 1,56 \mu\text{Gal}$  i  $\pm 1,97 \mu\text{Gal}$ . Łączny błąd wyznaczenia przyspieszenia siły ciężkości tą aparaturą na punkcie w Zakopanem wynosi  $\pm 2,51 \mu\text{Gal}$ .

### ● **Otrzymane wyniki**

Bardzo dobre wyniki wyznaczonych wartości przyspieszenia siły ciężkości na obu punktach (błąd średni  $\pm 2,56 \mu\text{Gal}$  i  $\pm 2,51 \mu\text{Gal}$ ) potwierdziły trafność wyboru lokalizacji stanowisk pomiarowych pod kątem szczególnych kryteriów wymaganych dla punktów wyznaczeń absolutnych. Według opinii dr. Jaakko Mäkinena są to najlepsze dokładności spośród uzyskanych przez niego na blisko 50 punktach, na jakich wykonywał obserwacje grawimetrami balistycznymi w różnych miejscach na kuli ziemskiej. Zanotowana wartość przyspieszenia siły ciężkości w obserwatorium na Kasprowym Wierchu różni się od wyniku uzyskanego z pomiarów aparaturą wahadłową z 1956 r. o wielkość  $18 \mu\text{Gal}$  (Ząbek Z., Dobaczewska W., 1957).

Pomiary absolutne wykonane na Kasprowym Wierchu i w Zakopanem przedłużają Centralną Bazę Kalibracyjną na południe o zakres wynoszący około

500 mGal. Dzięki temu baza ta obejmuje obecnie cały zakres zmienności  $g$  na terytorium kraju. Ostatnie przeszło tej bazy Zakopane–Kasprowy Wierch stanowi wysokogórską bazę kalibracyjną o zakresie 249 mGal. Należy nadmienić, że oba stanowiska bazy odległe są od siebie o godzinę drogi (przejazd samochodem z Zakopanego do Kuźnic, przejazd kolejką linową do stacji górnej na Kasprowym Wierchu i wniesienie grawimetru do budynku obserwatorium). Baza wysokogórska będzie zatem wykorzystywana nie tylko do precyzyjnej, ale także bardzo szyb-

kiej kalibracji grawimetrów używanych w badaniach geodynamicznych w Tatrach i na Podhalu, również przez specjalistów czeskich i słowackich.

### **Bibliografia**

- Bokun J.**, 1957, *Baza grawimetryczna Gdańsk–Kasprowy Wierch*;  
**Ząbek Z., Dobaczewska W.**, 1957, *Pomiary aparatem czterowahadłowym na punktach bazy grawimetrycznej*;  
**Barlik M.**, 1996, *Pomiary grawimetryczne w geodezji*;  
**Makowska A.**, 2003, *Dynamika Tatr wyznaczana metodami geodezyjnymi*.

### R E K L A M A



**Moc zielonego przycisku Océ**

Wydajna obsługa wielkoformatowych zadań w kolorze jest niezwykle prosta. Łatwe kopiowanie i skanowanie do pliku. Prosty sposób dostarczania zadań. Łatwa obsługa nośników. Wygodny panel sterowania.

Wielofunkcyjny system Océ TCS400 obejmuje moduł drukujący, jednostkę skanującą oraz zintegrowany kontroler Océ Power Logic®, który pozwala na szybką, równoległą obsługę złożonych zadań. Doświadcz niezwykle prostej kopii w kolorze...  
 Dowiedz więcej zielonego przycisku Océ.

**Wielofunkcyjny system Océ TCS400**

www.oce.com.pl info@oce.com.pl

Océ Polska Ltd. Sp. z o.o. Warszawa, ul. Elmy Wesołowskiej 102B nr 7, tel: (+22) 690 21 00, fax: (+22) 690 21 10  
 Gdynia tel./fax: (+58) 661 28 11; Katowice tel./fax: (+33) 259 20 18; Kraków tel./fax: (+12) 427 24 70;  
 Poznań tel./fax: (+61) 821 12 90; Szczecin tel./fax: (+91) 67 43 50; Wrocław tel./fax: (+71) 781 77 10

Printed in Poland. Océ is a registered trademark of Océ Intellectual Property. All other trademarks are the property of their respective owners.

**océ**  
 Printing for Professionals