

KONCEPCJA MODERNIZACJI PODSTAWOWEJ OSNOWY GRAWIMETRYCZNEJ POLSKI

Marcin Barlik, Tomasz Olszak, Andrzej Pachuta, Janusz Walo

Politechnika Warszawska, Instytut Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej

Streszczenie

W referacie przedstawiono koncepcję uzupełnienia sieci grawimetrycznych punktów absolutnych polskiej sieci punktów absolutnych. Podano najkorzystniejsze przewiązania między sieciami podstawowymi Polski i Niemiec, Czech, Słowacji, Ukrainy oraz Białorusi. Pomiary wykonane zostaną za pomocą absolutnego grawimetru balistycznego FG-5 No. 230, zakupionego przez Instytut Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej Politechniki Warszawskiej w 2005 roku.

Summary

The paper presents a proposal concerning upgrading the Polish fundamental gravimetric network. Trans-borders gravimetric connections between Poland and neighbouring countries (Slovakia, Czech Rep., Germany, Ukraine, Byelorussia) are suggested. The use of absolute gravity-meter FG-5 No. 230 possessed by the Institute of Geodesy and Geodetic Astronomy WUT is offered.

I. Krótki opis obecnego stanu polskiej Podstawowej Osnowy Grawimetrycznej Kraju (POGK) i sieci przewiązań transgranicznych

Punkty podstawowej osnowy grawimetrycznej kraju (POGK) w Polsce zostały zastabilizowane w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku. W latach 1994–1998 osnowę grawimetryczną gruntownie zmodernizowano wyróżniając w jej strukturze sieć „0” (zerowego) rzędu, składającą się z punktów, na których zaplanowano pomiary za pomocą grawimetrów absolutnych, sieć i klasy – mierzoną za pomocą grawimetrów względnych oraz dwie południkowo usytuowane linie kalibracyjne, powiązane z wybranymi punktami sieci „0” rzędu. Łącznie podstawowa osnowa grawimetryczna zawierała 366 punktów, z których:

- 12 punktów to punkty sieci „0” rzędu, rozmieszczone w myśl zaleceń International Gravimetric Commission of the International Association of Geodesy głównie w obserwatoriach astronomiczno-geodezyjnych, piwnicach pałaców itp.;
- 354 punkty to punkty sieci i klasy rozmieszczone równomiernie na terenie Polski (w większości trwale zastabilizowane za pomocą betonowych bloków o rozmiarach 0,8x0,8x1,0 m),
- dwie bazy kalibracyjne poprowadzone są pomiędzy punktami absolutnymi:
 - ✓ Gdańsk – Borowa Góra – Ojców (baza centralna),
 - ✓ Koszalin – Borowiec – Książ (baza zachodnia).

W okresie tej modernizacji sieci nie było w Polsce odpowiedniej klasy dokładności grawimetru absolutnego i dlatego większość pomiarów w polskiej sieci grawimetrycznej wykonały zespoły z Niemiec, Finlandii i Stanów Zjednoczonych trzema grawimetrami balistycznymi, a mianowicie:

- FG5 No. 101 (IfAG, Niemcy, cztery punkty),

- JILAg-5 (FGI, Finlandia, trzy punkty),
- FG5 No. 107 (DMA, USA, pięć punktów).

Ponadto, w 1996 roku wykonano pomiary grawimetrem produkcji włoskiej IMGIC na punktach w Lamkówku i w Borowcu, a na przełomie lat 1997/1998 w pomiarach uczestniczył prototypowy polski grawimetr ZZG (Zbigniew Ząbek Gravimeter Politechnika Warszawska), którym wykonano obserwacje na punktach Giby, Lamkówko i Borowa Góra.

W sumie w pomiarach uczestniczyło pięć różnych grawimetrów absolutnych, za pomocą których wykonano 21 serii obserwacyjnych na 12 punktach (Tabela 1). Pomiar na pojedynczym stanowisku trwał co najmniej 24 godziny. W celu zagwarantowania wspólnego poziomu odniesienia, wszystkie grawimetry były kalibrowane w czasie czwartej i piątej międzynarodowej kampanii kalibracyjnej (ICAG) w Sévres pod Paryżem w latach 1994 i 1997.

Wyznaczenia absolutnych wartości g na 12 punktach sieci „0” rzędu były uzupełnione przez pomiar różnic ciężkości pomiędzy tymi stanowiskami za pomocą grawimetrów względnych. Łącznie pomierzono 25 tzw. długich przęseł grawimetrycznych. Sieć kontrolną „długich przęseł” wyrównano w dowiązaniu do punktu Borowa Góra, a uzyskane wyniki skonfrontowano z wynikami pomiarów absolutnych. Weryfikacja ta nie pozwoliła na włączenie do sieci absolutnej wyników obserwacji grawimetrami ZZG i IMGIC. Jednocześnie potwierdziła dobre wyniki uzyskane z obserwacji instrumentami FG-5 i JILAg-5.

Program modernizacji podstawowej osnowy grawimetrycznej obejmował wykonanie także pomiarów grawimetrami statycznymi (względny) między punktami sieci i klasy. W sumie pomierzono wartości różnic przyspieszenia siły ciężkości na 674 przęsłach grawimetrycznych. Sieć i klasy została następnie wyrównana w nawiązaniu do wartości ciężkości na 12 pomierzonych polskich punktach absolutnych oraz dodatkowo na trzech punktach na terytorium Niemiec.

Jak wynika z powyższego tekstu oraz z zawartości Tablicy 1, nie wszystkie zamierzenia modernizacyjne i zalecenia IGC zostały dotychczas zrealizowane. W tablicy 1 podano ponadto skrótowy opis stabilizacji punktów bezwzględnych. Z zaprojektowanych 17 punktów absolutnych nie wykonano pomiarów na pięciu punktach: Łagów i Szczecin (położonych blisko granicy z Niemcami) oraz Józefosław, Święty Krzyż i Grybów (należących także do sieci geodynamicznej SAGET). Ponadto, pomiary absolutne wykonywane były pięcioma egzemplarzami różnych marek grawimetrów, co mogło zakłócić jednolitość informacji w sieci krajowej. Nie zostało też wypełnione jedno z zaleceń IGC, która rekomenduje gęstość punktów absolutnych na poziomie jednego punktu na 15000 km². Przy takim założeniu w polskiej sieci grawimetrycznej powinno być co najmniej 20 stanowisk wyznaczeń bezwzględnych wartości przyspieszenia ziemskiego.

Innym, niezmiernie ważnym zaleceniem jest konieczność okresowego powtarzania wyznaczeń bezwzględnych, co z kolei gwarantuje wiarygodność poziomu sieci krajowej. Pomiary takie powinny być wykonywane grawimetrami porównywanymi w czasie kampanii kalibracyjnych w Sévres lub przynajmniej na punktach absolutnych w krajach ościennych.

Tablica 1: Stan obecny polskiej sieci punktów absolutnych

Punkt	Instrument i rok pomiaru	Stabilizacja
Borowa Góra	FG5-101 (1995) JILAg-5 (1995) FG5-107 (1996) ZZG (1997) JILAg-5 (2000)	Punkt w budynku Obserwatorium IGiK. Betonowy słup o rozmiarach 1 x 1 x 1,5 m. z dwoma ekscentrami BG-Ex1 i BG-Ex2 (na zewnątrz, punkt 156 POGK).
Koszalin	FG5-101 (1995)	Punkt w laboratorium Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej. Betonowy słup o rozmiarach 1x1x1,5 m z dwoma ekscentrami KOSZ-Ex1 i KOSZ-Ex2.
Borowiec	FG5-101 (1995) IMGC (1996) ZZG (1998)	Punkt w budynku Obserwatorium CBK. Ekscentry BORO-Ex1 (EUREF 216) i BORO-Ex2
Książ	FG5-101 (1995)	Punkt w budynku Obserwatorium Geofizycznego. Betonowy słup o rozmiarach 1x2 m posadowiony na skale. Dwa ekscentry.
Piwnice	JILAg-5 (1995) ZZG (1998)	Obserwatorium Astronomiczne UMK. Betonowy słup o rozmiarach 1x1x1,5 m z dwoma ekscentrami.
Konopnica	JILAg-5 (1995) ZZG (1998)	Pałac własności Politechniki Łódzkiej. Dwa punkty ekscentryczne (KONO-Ex2 na punkcie POLREF).
Gdańsk	FG5-107 (1996) ZZG (1997)	Wydział Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Gdańskiego. Betonowy słup o rozmiarach 1x1x1,5 m z dwoma ekscentrami.
Lamkówko	IMGC (1996) ZZG (1997)	Punkt w budynku Obserwatorium Geodezyjnego UWM. Dwa ekscentry.
Giby	ZZG (1997)	Punkt w budynku parafii rzymsko-katolickiej w Gibach. Betonowy słup o rozmiarach 1x1x1,5 m z dwoma ekscentrami. GIBY-Ex2 to punkt 29 POGK.
Białowieża	FG5-107 (1996)	Punkt w budynku Instytutu Badań Ssaków PAN w Białowieży. Betonowy słup o rozmiarach 1x1x1,5 m z dwoma ekscentrami. BIAL-Ex1 to punkt 171 POGK.
Sieniawa	FG5-107 (1996)	Pałac Czartoryskich w Sieniawie. Podłoga w jednym z pomieszczeń pałacu (brak jednoznacznego punktu odniesienia). Dwa ekscentry. Ekscentr SIEN-Ex2 to punkt 1809 POLREF.
Ojców	FG5-107 (1996)	Obserwatorium Sejsmiczne PAN. Betonowy słup o rozmiarach 1,2x1,2 m na skale. Dwa ekscentry.
Zakopane	FG5-221 (2004)	Punkt w obserwatorium meteorologicznym IMiGW na Równi Krupowej – fragment bazy kalibracyjnej.
Kasprowy Wierch	FG5-221 (2004)	Punkt w obserwatorium meteorologicznym IMiGW na Kasprowym Wierchu – fragment bazy kalibracyjnej.

Dodajmy, że sytuację co do liczby stanowisk pomiarów absolutnych poprawiło wykonanie obserwacji na dwóch punktach w południowej części kraju Zakopane i Kasprowy Wierch w

celu przedłużenia centralnej bazy kalibracyjnej. Te wyznaczenia znalazły się także w Tablicy nr 1. Rozmieszczenie istniejących punktów POGK znajduje się również na rysunku 2.

Prace przewiązujące narodowe sieci grawimetryczne przeprowadzono dotychczas jedynie na granicach z Litwą, Słowacją, Czechami i Niemcami. Przewiązania między sieciami litewską, czeską i niemiecką miały jedynie charakter bezpośredniego połączenia punktów absolutnych tj. Giby – Wilno (dla granicy z Litwą) i Koszalin – Pasewalk, Borowiec – Seelow i Książ – Cottbus (dla granicy z Niemcami) oraz Książ – Polom (dla granicy z Czechami) i nie stanowią dostatecznego materiału obserwacyjnego pozwalającego wnioskować o różnicy poziomów odniesienia i różnej skali dla obu sieci. Najbardziej kompleksowe prace wykonano na granicy słowackiej. Ich charakter polegał również na połączeniu najbliższych sobie punktów absolutnych po obu stronach granicy ale poprzez punkty krajowej podstawowej sieci grawimetrycznej po stronie polskiej i słowackiej. Sieć przewiązań została uzgodniona między służbami geodezyjnymi Słowacji i Polski reprezentowanymi przez Geodetický a Kartografický Ustav ze strony słowackiej i Główny Urząd Geodezji i Kartografii i pokrywała się ona z siecią przewiązań sieci niwelacyjnych. Prace objęły pomiar różnic przyspieszenia siły ciężkości Δg dwoma grawimetrami polskimi (IGWiAG) i dwoma słowackimi (GKU) na 17 przesłach łączących się w 5 profili pomiędzy punktami absolutnymi Žilina, Liesek, Ganovce, Bardejov po stronie słowackiej i Ojców, Zakopane ABS i Sieniawa po stronie polskiej.

II. Propozycje związane z zagęszczeniem sieci punktów absolutnych i przewiązaniem grawimetrycznymi między sieciami grawimetrycznymi Polski, i krajów sąsiadujących

Zakup przez Instytut Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej Politechniki Warszawskiej balistycznego grawimetru absolutnego **FG-5** sprawia, że celowym staje się efektywne dokończenie modernizacji podstawowej sieci grawimetrycznej kraju. W ramach prac modernizacyjnych należy wykonać pomiar na pominiętych poprzednio punktach sieci „0” rzędu oraz pomiar na kilku nowych stanowiskach, co łącznie pozwoli uzyskać zalecaną przez IGC IAG gęstość punktów absolutnych. Prace te należy wykonać równolegle z procesem integracji krajowych sieci grawimetrycznych w ramach Unified European Gravity Network (2004). Ta propozycja wydaje się obecnie możliwa do zrealizowania dla rozbudowy sieci absolutnej w Polsce i miałyby na względzie także uproszczenie prac przewiązujących. Docelowo natomiast należy wykonać ponowne pomiary wartości **g** na wszystkich punktach sieci absolutnej w Polsce.

Poniżej szczegółowo omówione zostały propozycje dotyczące modernizacji polskiej podstawowej sieci grawimetrycznej:

1. Projekt zagęszczenia sieci punktów absolutnych w Polsce mający na celu uzupełnienie liczby punktów do wymaganej przez IGC IAG oraz dostosowanie sieci punktów absolutnych do prac związanych z przewiązaniem krajowych sieci grawimetrycznych. W latach 2003 i 2004 wykonano pomiary niwelacyjne łączące sieci Polski z Republiką Czeską (8 przewiązań) i Niemcami (5 przewiązań). Propozycja zagęszczenia absolutnej sieci grawimetrycznej musi wyjść naprzeciw zakresowi prac przewiązujących wykonywanych na tych odcinkach granicy. Należy również widzieć w mniej lub bardziej odległej przyszłości prace tego typu na wschodniej granicy.

Na terenie Republiki Czeskiej istnieją cztery punkty absolutne rozmieszczone blisko granicy z Polską, a mianowicie : Liberec, Polom, Jeseník i Roznov pod Radhostem. Po stronie Polskiej jedyne stanowisko usytuowano w Książu pod Wałbrzychem. Dlatego przy granicy z Czechami proponuje się ulokować dwa punkty wyznaczeń absolutnych w rejonie miejscowości Głubczyce (ewentualnie Prudnika) oraz Łagów. Ostatni punkt mógłby również służyć do powiązań z Niemcami. Takie ulokowanie wymienionych punktów jest jednocześnie bardzo wskazane przy pracach przewiązujących sieci grawimetryczne, gdyż wyraźnie skraca długości przęseł pomiędzy punktami absolutnymi sieci polskiej i czeskiej, a to jest korzystne zarówno z uwagi na dokładność pomiarów jak i ich koszty. Należy ponadto rozważyć ulokowanie w tym rejonie dwóch innych punktów absolutnych dla potrzeb badań geodynamicznych w Sudetach (np. w Jeleniej Górze i w Kłodzku).

Przy granicy polsko-niemieckiej istnieją trzy punkty absolutne po stronie niemieckiej w bezpośrednim sąsiedztwie z Polską, a mianowicie: Cottbus, Seelow i Pasewalk. Natomiast po polskiej stronie najbliższe stanowisko dzieli od granicy aż 150 km. Dlatego w tym rejonie niezbędne jest włączenie do sieci absolutnej punktów, które były projektowane już w połowie lat dziewięćdziesiątych, a mianowicie w Łagowie i w Szczecinie, które wraz z proponowanym punktem w Zgorzelcu zapewniłyby bardzo dobrą sieć wyjściową do pomiaru przewiązań na granicy zachodniej.

Wszystkie propozycje, wymienione w tym punkcie, mają na celu ułatwienie dokończenie prac przewiązujących sieci niwelacyjną i grawimetryczną z krajami Unii Europejskiej, które pozwolą na nasze pełne włączenie do kontynentalnych projektów integrujących tego rodzaju sieci. Nie trzeba w tym miejscu dodawać, że prace te pozwolą na pełne uczestnictwo Polski w kontynentalnym projekcie wyznaczania geoidy i w pracach wprowadzających w Polsce amsterdamski układ odniesienia wysokości ortometrycznych lub normalnych.

2. Mając na względzie przyszłe prace przewiązujące, prowadzone w pobliżu wschodniej granicy Polski, proponuje się ulokowanie dodatkowych stanowisk wyznaczeń absolutnych w rejonach miejscowości:
 - a. Sanok przy granicy z Ukrainą;
 - b. Chełm przy granicy z Ukrainą i Białorusią.

Wraz z istniejącymi już punktami Sieniawa, Białowieża, Giby i Lamkówko zapewnią uproszczenie prac przewiązujących, prowadzonych w przyszłości na odcinkach granic z Ukrainą, Białorusią i Rosją.

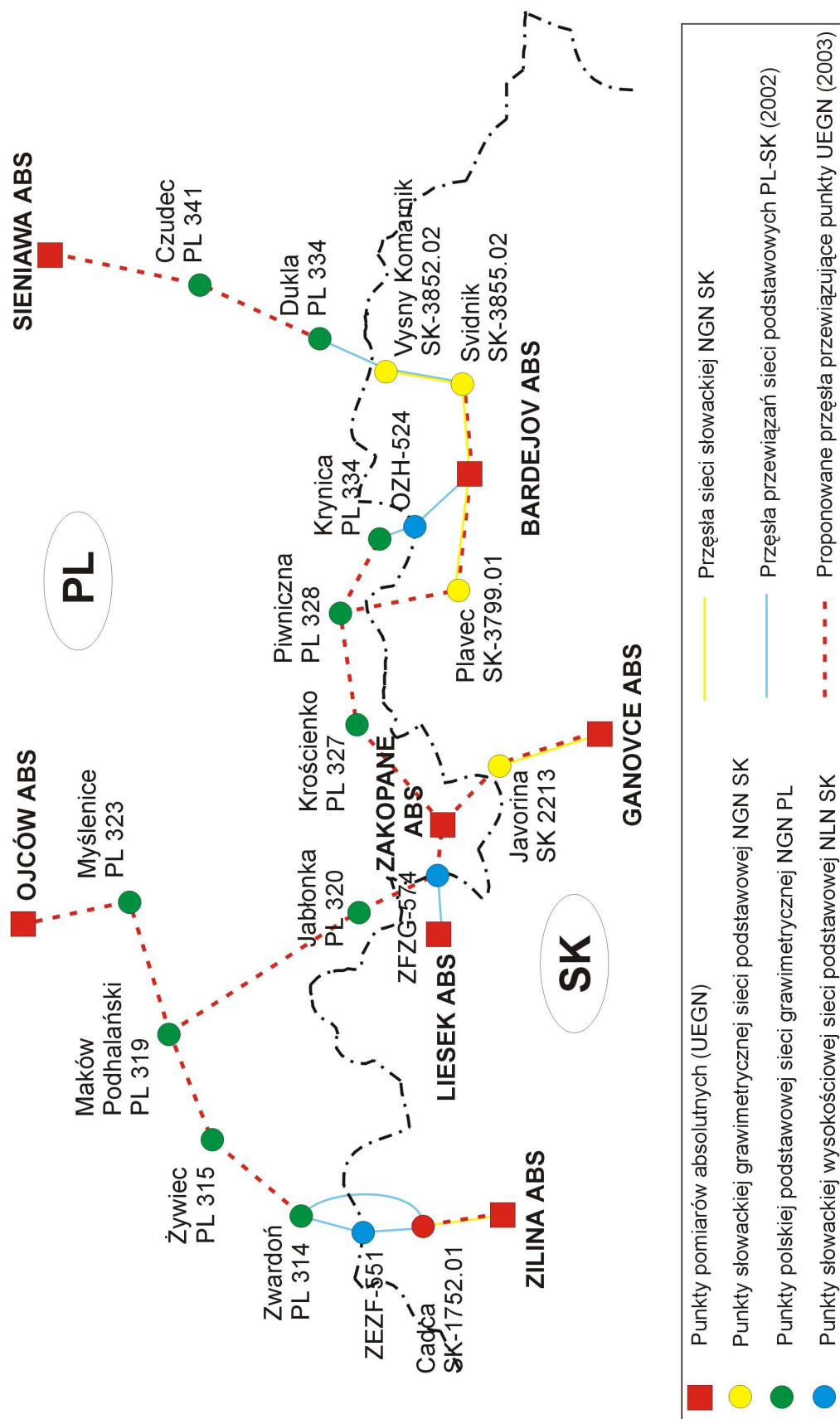
3. W celu ujednoczenia wyników obserwacji grawimetrycznych należy przewidzieć ponowny pomiar wartości g na wszystkich istniejących punktach sieci absolutnej. Absolutne minimum to wyznaczenie ciężkości na dwóch stanowiskach o największej liczbie wyznaczeń, a mianowicie Borowa Góra i Borowiec. Przemawia za tym istniejący niejednorodny materiał obserwacyjny pochodzący z wyznaczeń pięcioma różnymi instrumentami, z których dwa nie spełniały kryteriów co do dokładności określenia przyspieszenia siły ciężkości. Obserwacje absolutne na większości stanowisk miały miejsce już prawie 10 lat temu. Pomiar taki jest zatem niezbędny przede wszystkim na stanowiskach w Gibach i Lamkówku.
4. Wykonanie wszystkich wymienionych powyżej prac pozwoli na pełne włączenie Polskiej sieci grawimetrycznej do projektu europejskiego Unified European Gravity Network

(UEGN'2004), przewidzianych dla punktów wyznaczeń absolutnych i części punktów sieci pomiarów względnych.

5. W ramach pomiarów w sieci absolutnej niezbędne jest uczestnictwo w spotkaniu kalibracyjnym ICAG w Sévres oraz pomiary na kilku czeskich punktach absolutnych. Komparację tę można również zminimalizować czasowo i wykonać pomiary w obserwatorium w Pecnym pod Prahą, gdzie znajduje się stanowisko „fundamentalne” czeskiej sieci grawimetrycznej i gdzie obserwacje okresowo wykonywane są grawimetrem absolutnym FG-5 No. 215. Niezbędnym uzupełnieniem kalibracji byłoby wykonanie pomiarów grawimetrem polskim w obserwatoriach w Wetzell (Niemcy) oraz Graz (Austria).

Jako ilustrację graficzną przedstawiamy rysunek 2, na którym prezentujemy istniejące punkty absolutne i proponowane punkty zagęszczające sieć istniejącą.

**Przewiązania podstawowej sieci grawimetrycznej
Polska - Słowacja**



Rysunek 1: Szkic sieci przewiązań granicznych między sieciami grawimetrycznymi Polski i Słowacji



Rysunek 2: Rozmieszczenie istniejących i proponowanych punktów absolutnych w polskiej sieci gravimetrycznej