

Główny Urząd Pomiarów Kraju
PRACE GEODEZYJNEGO INSTYTUTU NAUKOWO-BADAWCZEGO
PUBLICATIONS OF THE POLISH GEODETIC INSTITUTE
General Survey Office

Nr 3

**PROBLEM WŁAŚCIWEJ I ZORIENTOWANEJ ELIPSOIDY
W P O L S C E**

przez

STANISŁAWA PAWŁOWSKIEGO

**THE PROBLEM OF THE DEVIATION OF THE VERTICAL
AND OF THE SPHEROID OF REFERENCE IN POLAND**

by

STANISŁAW PAWŁOWSKI



WARSZAWA 1948



2195

PROBLEM WŁAŚCIWEJ I ZORIENTOWANEJ ELIPSOIDY W POLSCE.

Zagadnienia odchyłeń pionu w Polsce.

1 rys. i 1 mapa poza tekstem.

Uwagi ogólne.

Jednym z głównych problemów geodezji jest określenie właściwej matematycznej powierzchni, w odniesieniu do której przeprowadza się obliczenia i redukcje, wykazuje współrzędne obserwowanych i odwzorowywanych punktów.

Zagadnienie dotyczy wymiarów elipsoidy, jej spłaszczenia, ewentualnie trójosiowości, oraz kwestji orientacji elipsoidy w stosunku do fizycznej powierzchni ziemi.

W Polsce — na niewielkiej przestrzeni czaszy sferycznej — zagadnienie wymiarów, najlepiej przystającej elipsoidy, jest drugoplanowe. Da się ono traktować tak, aby rezultaty były realne, po włączeniu do syntezy obok materiałów własnych, w postaci równań linii geodezyjnych, części przynajmniej materiałów z krajów sąsiednich.

W chwili obecnej ważniejsza pozostaje kwestia orientacji elipsoidy, na przykład powszechnie stosowanej elipsoidy Bessel'a, w stosunku do geoidy na obszarze Polski. To zagadnienie sprowadza się do określenia punktu przyłożenia elipsoidy do geoidy, oraz do wyznaczenia odchyłeń pionu w innych pozostałych punktach. Zakładamy, że oś obrotu ziemi i oś elipsoidy są do siebie równoległe. W punkcie przyłożenia elipsoidy, tak zwanym punkcie podstawowym — wyjściowym triangulacji, przyjmuje się odchylenia pionu jako równe zeru, — wtedy normalne do powierzchni elipsoidalnej i geoidalnej są identyczne, lub przyjmuje się odchylenia pionu, jako równe rzeczywistym odchyleniom, a wtedy wyjściowe astronomiczne współrzędne należy zredukować o te wielkości, tym samym stwierdzając,

że normalne do powierzchni elipsoidalnej i geoidalnej tworzą kąt, równy całkowitemu odchyleniu pionu.

Określenie odchyłeń pionu umożliwia swobodne operowanie wynikami pomiarów astronomicznych, zarówno jak i geodezyjnych, rozwiązuje trudności redukcji z powierzchni geoidalnej (obserwacji polowych), na powierzchnię elipsoidalną (obliczeń i odwzorowania) i odwrotnie, przez wyznaczenie różnicy odległości obu powierzchni, względnego ich położenia i krzywizny.

Przy obecnym stanie wiadomości i zapowiadającej się na przyszłość bliskiej współpracy geodezji, geofizyki i geologii, dość dużo już powiedzieć możemy na temat rzeczywistych odchyłeń pionu, a wydaje się nieodległym czas, kiedy problem ten, stojący na pograniczu zainteresowań trzech wymienionych dyscyplin wiedzy, znajdzie w Polsce ostateczne rozwiązanie. Za podstawę obliczeń posłuży obraz anomalii grawimetrycznych w Polsce.

Na tę właściwą drogę rozwiązania problemu odchyłeń pionu kieruje analiza i dyskusja choćby dotychczasowych materiałów astronomicznych i geodezyjnych, przedstawionych na tle poznanych anomalii grawimetrycznych. Tym samym konkretyzuje się twierdzenie Stokes'a w zastosowaniu do praktycznych celów na obszarze Polski.

Zagadnienie odchyłeń pionu w Polsce w świetle dotychczasowych materiałów astronomiczno-geodezyjnych.

Zagadnienie odchyłeń pionu w Polsce, choć nie nowe, tym niemniej nie jest ani należycie postawione, ani rozpracowane. Wpływało ono zawsze ilekroć razy były do porównania wartości pomiarów astronomicznych i geodezyjnych. W rezultacie w literaturze znaleźć można szereg przyczynków, które orientują o rodzaju i wielkości odchyłeń pionu, o związkach z budową geologiczną i obrazem geofizycznym, dając wstępny materiał do dyskusji. Trzeba przyznać że zagadnienie dojrzało ze wzrastaniem liczby obserwacji grawimetrycznych, czego szczególne tempo stwierdzamy w okresie od 1937 — 1939 r., a więc w ostatnich latach przed wojną.

Jeśli chodzi o dokładność pomiarów dawnych, z ubiegłego stulecia, do których sięgnąć wypadnie, nie jest ona jednolita, ani ściśle określona i nie zawsze daje się porównać z najnowszymi wynikami prac współczesnych; tym niemniej orientację i to właściwą, nawet z dawnych danych, otrzymamy, z uwagi na stosunkowo znaczne wartości odchyłeń pionu, przekraczające wielokrotnie wartości możliwych błędów obserwacji astronomicznych i geodezyjnych.

Co dotyczy charakteru obserwowanych odchyłeń, wykazują one dużą zmienność, tak że każdy z dotychczas opracowanych punktów traktować należy indywidualnie. O jakiegokolwiek interpolacji mowy być nie może. Decyduje o tym przypadkowe i różne, co do zagęszczenia, rozmieszczenie punktów Laplace'a, jak również niedostateczna ich liczba. Właściwy pogląd na zmiany, charakter i związki odchyłeń pionu z terenem wskazać mogą materiały geo-

fizyczne, w szczególności grawimetryczne, analizowane łącznie ze znanymi odchyleniami pionu.

Przegląd dostępnych autorowi materiałów rozpoczynamy od omówienia wyników:

1. obliczeń linii geodezyjnych przez Helmert'a, Börsch'a i Krüger'a, obejmujących również tereny Polski,
2. obliczeń własnych, wykazujących odchylenia pionu pomiędzy Borową Górą i Warszawą,
3. obliczeń odchyłeń pionu dla punktów Laplace'a, zaobserwowanych przez WIG i Biuro Pomiarowe Ministerstwa Komunikacji.

1. Opublikowany przez Helmert'a, Börsch'a i Krüger'a w wydawnictwach Pruskiego Instytutu Geodezyjnego materiał liczbowy dla sieci linii geodezyjnych, wychodzących z punktu Rauenberg, dotyczy również Polski, lub bliskiego jej sąsiedztwa. Według częściowo ocalonych notatek własnych z r. 1934, wypisujemy z publikacji: Lotabweichungen i Längengradmessungen interesujące nas dane w formie ostatecznie obliczonych odchyłeń pionu dla 16 punktów. (Tabela I). Obliczenia oparte o punkt zerowy-wyjściowy Rauenberg, przeprowadzone zostały dla elementów elipsoidy Bessel'a. Przy tym przyjęto za dodatnie odchylenie w szerokości geograficznej liczyć północne wychylenie prawdziwego zenitu, za dodatnie odchylenie w długości geograficznej — wschodnie wychylenie prawdziwego zenitu. Nazwy i współrzędne punktów podaję według wykorzystanego oryginału. Współrzędne nie są zgodne z obecnie znanymi dla Warszawy, na przykład przyjęto w oryginale współrzędne według „Katalogu punktów trygonometrycznych zachodniego pogranicza za lata 1880 — 1892” gen. Żylińskiego, w odniesieniu do elipsoidy t. zw. wyrównującej.

Według tabeli I, w stosunku do punktu Rauenberg, obserwujemy duże odchylenia pionu, sięgające — na objętym badaniami obszarze — amplitud $12''$ w szerokości ($-6.''70$, $+ 4.''77$) i przeszło $19''$ w długości geograficznej ($-19''.19$, $0''.00$). Wielkości te odpowiadają przesunięciom na powierzchni ziemi około 360 m.

Na ziemiach Polski różnice dla sąsiednich punktów również wykazują odchylenia niemal w tych samych granicach. Stwierdzamy przy tym systematycznie ujemne wartości odchyłeń w długości geograficznej.

Interesujący ten materiał, dla nas źródłowy, redukujemy, przyjmując za znane odchylenia pionu dla Warszawy — Obserwatorium w odniesieniu do Borowej Góry (patrz p. 2):

Warszawa — Obserwatorium: $\xi = + 2.''05$, $\eta = + 0.''19$.

Tym sposobem przeliczone odchylenia (kol. 7, 8, 9 tabeli I) określają prawdopodobne wielkości odchyłeń, jakgdyby odniesione do Borowej Góry, w stosunku do której poznane zostały odchylenia Warszawy.

W nowym układzie punkt Rauenberg charakteryzują odchylenia:

Rauenberg: $\xi = + 2.''40$, $\eta = + 2.''04$.

Tabela I. Odchylenia pionu w Polsce według Helmert'a, Börsch'a, Krüger'a, w stosunku do punktu Rauenberg i elipsoidy Bessel'a, przeliczone przez St. Pawłowskiego w stosunku do Borowej Góry.

L. p.	Nazwa punktu	według danych niemieckich				St. Pawłowski w odn. do Borowej Góry		
		φ	λ	ξ	$\frac{\eta}{\cos \varphi}$	ξ_0	$\frac{\eta_0}{\cos \varphi}$	η_0
1.	Rauenberg	52°27.2	13°22.1	0.00	0.00	+2.40	+ 3.36	+2.04
2.	Springberg	53 11.0	16 37.0	—6. 23	— 3. 33	—3. 83	+ 0. 03	+0. 02
3.	Mosina	52 15.5	16 50.3	+3. 54	— 3. 31	+5. 94	+ 0. 05	+0. 03
4.	Thurmberg	54 13.4	18 07.6	—5. 16	— 2. 11	—2. 76	+ 1. 25	+0. 73
5.	Trockenberg	50 24.7	18 52.6	+1. 04	— 5. 94	+3. 44	— 2. 58	—1. 64
6.	Kowalewo (Schönsee)	53 09.4	18 53.9	—0. 93	—10. 26	+1. 47	— 6. 90	—4. 16
7.	Mirów	50 48.7	19 11.2	+4. 77	— 1. 82	+7. 17	+ 1. 54	+0. 97
8.	Kernsdorf	53 33.1	19 56.3	—1. 93	—18. 18	+0. 47	—14. 82	—8. 82
9.	Trunz	54 13.2	19 32.2	—2. 46	—14. 45	—0. 06	—11. 09	—6. 51
10.	Królewiec	54 42.8	20 29.8	—2. 16	— 7. 45	+0. 24	— 4. 09	—2. 36
11.	Warszawa	52 13.1	21 01.8	—0. 35	— 3. 04	+2. 05	+ 0. 32	+0. 19
12.	Góldapia	54 17.0	22 17.6	+0. 18	—14. 49	+2. 58	—11. 13	—6. 50
13.	Grodno	53 40.8	23 49.7	—2. 93	—12. 15	—0. 53	— 8. 79	—5. 21
14.	Bielin.	52 02.7	25 13.0	—0. 63	—19. 19	+1. 77	—15. 83	—9. 74
15.	Niemieź	54 39.1	25 19.0	—1. 69	—16. 70	+0. 71	—13. 34	—7. 74
16.	Bobrujsk	53 09.8	29 11.7	—6. 70	—8. 37	—4. 30	— 5. 01	—3. 00
	Borowa Góra	52.28.5	21 02.2	—	—	—0. 00	0. 00	0. 00

System zredukowanych odchyłeń pionu w stosunku do Borowej Góry jest niezależnie wyprowadzony, przy wyżej podanych warunkach. Wypada porównać go z wynikami rachunku A. Berroth'a 1), który w stosunku do tej samej elipsoidy Bessel'a, dyskutował zagadnienie odchyłeń pionu dla środkowej Europy.

A. Berroth wyliczył najprawdopodobniejsze wartości odchylenia pionu dla Rauenberg, uwzględniając wyrazy absolutne (zmianę wymiarów i kształtu elipsoidy) następujące

$$\text{Rauenberg: } \xi = +2.''404 - 2360 \frac{\text{da}}{a} - 860 \text{ da}$$

$$\eta = +2.''024 + 4540 \frac{\text{da}}{a} + 2770 \text{ da.}$$

Są to wartości identyczne, w stosunku do elipsoidy Bessel'a, z tymi, jakie otrzymał St. Paułowski, licząc odchylenia w odniesieniu do Borowej Góry.

Zgodność w wysokim stopniu, do setnych części sekundy łuku, może określać naturalnie przypadek, nawet wtedy, kiedy drogi obliczeń były całkowicie niezależne.

Z drugiej strony, wydaje się bardzo prawdopodobne, że interesująca zgodność zdaje się wskazywać na ten sam charakter obliczonych wielkości, co w zasadzie dotyczy zagadnienia rzeczywistych odchyłeń pionu. W tym przypadku niezależne systemy obliczeń A. Berroth'a i St. Paułowskiego tworzyłyby jednolity, zwarty system.

Za tym poglądem przemawia jawna odpowiedniość, co do kierunku, wektorów odchyłeń pionu i gradientów regionalnych anomalii grawimetrycznych. W wypadku dowolnego układu byłyby kierunki wektora odchyłeń pionu i gradientów grawimetrycznych względem siebie skręcone.

2. Odchylenie pionu Warszawy w stosunku do Borowej Góry.

Obszar Warszawy objęty został niezależnymi systemami triangulacji: państwowej i miejskiej. Każda z nich opiera się o własne, niezależne punkty astronomiczne.

Dla sieci państwowej podstawowym i astronomicznym zarazem punktem jest Borowa Góra, dla której wielokrotnie powtarzane obserwacje astronomiczne ustaliły współrzędne:

$$\text{Borowa Góra: } \varphi = 52^{\circ}28'32''.85 \pm 0.''04$$

$$\lambda = 21^{\circ}02'12''.12 \pm 0.''135$$

W obszarze Warszawy znajduje się punkt I-go wieńca triangulacji, występujący pod ogólną nazwą Warszawa. Punkt ten jest identyczny z punktem „Cedergren” miejskiej sieci triangulacyjnej.

1) A. Berroth: Die gebräuchlichen Ellipsoide und die Lotabweichungen. Veröff. d. Preuss. Geod. Inst. N. F. Nr 86, Berlin 1922.

W odniesieniu do Borowej Góry współrzędne geodezyjne punktu wspólnego są:

$$\text{Warszawa} - \text{Cedergren: } B_{\text{geo}} = 52^{\circ}14'12.''68.$$

$$L_{\text{geo}} = 21^{\circ}00'30.''82$$

W układzie miejskiej sieci triangulacyjnej znamy współrzędne Cedergrenu, oraz poza tym, współrzędne płaskie i astronomiczne Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego i Obserwatorium Astronomicznego Politechniki Warszawskiej. Powstaje więc możliwość, za pośrednictwem geodezyjnych danych, porównania współrzędnych astronomicznych, co w konsekwencji pozwala wyznaczyć względne odchylenie pionu Warszawy i Borowej Góry.

Rachunek został przeprowadzony w ten sposób, że według danych katalogu „Triangulacja m. st. Warszawy” — prof. E. Warchałowskiego zostały przeniesione współrzędne astronomiczne obserwatoriów, wyznaczone niezależnie, na punkt Warszawa — Cedergren.

Obliczone współrzędne geodezyjne wynoszą odpowiednio:

$$\text{Warszawa} - \text{Cedergren: } B_{\text{,}} = 52^{\circ}14'14.''66 \quad L_{\text{,}} = 21^{\circ}00'31.''13 \\ \text{z Obs. Astr. Uniw. Warsz.}$$

$$B_{\text{,,}} = 52^{\circ}14'14.''80 \quad L_{\text{,,}} = 21^{\circ}00'31.''14, \\ \text{z Obs. Astr. Pol. Warsz.}$$

Jak widać wyniki są dostatecznie zgodne, aby móc przyjąć bez wahania średnie wartości do dalszego rachunku. Zgodność danych dowodzi poza tym znikomych względnych odchyień pionu trzech traktowanych punktów w Warszawie. Średnie wartości uważać więc można, jako — wyznaczone pośrednio — astronomiczne współrzędne Warszawy — Cedergrenu.

$$\text{Warszawa} - \text{Cedergren: } \varphi = 52^{\circ}14'14.''73$$

$$\lambda = 21^{\circ}00'31.''14.$$

Porównanie współrzędnych astronomicznych z geodezyjnymi, w odniesieniu do Borowej Góry, ujawnia w różnicach oczywiście elementy odchyień pionu Warszawy w stosunku do Borowej Góry.

$$\text{Warszawa: } \xi = + 2.''05.$$

$$\eta = + 0.''32. \cos \varphi.$$

Obliczone wielkości katowe odpowiadają około 62 m. przesunięciu na powierzchni ziemi. (Geodezyjnie określona długość o 62 m dłuższa). Przykład wskazuje między innymi na rząd wielkości odchyień pionu nieodległych (26,65 km) i pozornie podobnie usytuowanych punktów.

Wyprowadzone wielkości posłużyły do powiązania w jeden system obliczeń odniesionych do punktu Rauenberg (prace dawniejsze) z obliczeniami, opartymi o punkt Borowa Góra (prace najnowsze).

3. Materiały najnowsze, zebrane przez Wojskowy Instytut Geograficzny i Biuro Pomiarowe Ministerstwa Komunikacji wyznaczają względne odchylenia pionu dla niewielu punktów Laplace'a, usytuowanych w węzłach wieńców i łańcuchów triangulacyjnych. Błędy wchodzące do obliczeń wielkości astronomicznych nie przekraczają 0.25'' sekundy łuku.

Odchylenia pionu obliczone zostały w odniesieniu do punktu podstawowego Borowej Góry i elipsoidy Bessel'a. Wyniki przedstawia tabela II.

Tabela II.

Odchylenia pionu w Polsce w odniesieniu do Borowej Góry i elipsoidy Bessel'a.

L. p.	Nazwa punktu	φ	λ	ξ	$\frac{\eta}{\cos \varphi}$	η
1	Borowa Góra	52°28.5	21°02.2	0.00	0.00	0.00
2	Borkowo	53 23.3	21 58.3	—2. 74	—4. 80	—2. 86
3	Kopciówka	53 33.3	23 53.9	—2. 10	—7. 02	—4. 19
4	Słopówka.	52 30.7	24 36.0	—2. 11	—8. 03	—4. 89
5	Omiłyńce	53 18.0	26 42.7	—1. 64	—0. 87	—0. 52
6	Wólka	52 19.8	27 01.0	+3. 14	—2. 55	—1. 56
7	Dziedzinka	55 42.2	27 19.0	?	?	?
8	Zubowice	50 36.2	23 13.2	?	?	?
9	Jaroszyce	49 14.2	23 58.1	około 15''		

4. Interesującą notatkę odnośnie odchylen pionu w Polsce podają „Zapiski wydziału wojskowo-topograficznego głównego sztabu (ros.)” — Tom 59, str. 169, wskazujące na niezgodności szczegółowej triangulacji z lat 1880 — 1892, sięgające 3,2'' w szerokości i 13,2'' w długości geograficznej. Wynikają one z porównania dwóch pierwotnych układów obliczeń: odniesionego do Warszawy i odniesionego do Niemieža. Jak wyjaśnia katalog, zostały one spowodowane przez silne, przeciwnie skierowane odchylenia pionu na punktach w Warszawie i w Niemieżu. Dane te — orientacyjne — odnoszą się jednak do elipsoidy Walbeck'a. Według obliczeń niemieckich względne odchylenia pionu Warszawy i Niemieža wynoszą odpowiednio $-1'',34$ ($\Delta\varphi$) i $-13'',66$ ($\Delta\lambda$), a więc niewiele różne od danych rosyjskich.

5. Katalog punktów trygonometrycznych J. Michałowskiego i T. Sikorskiego wymienia z pośród dawnych punktów rosyjskich jeszcze punkty o astronomicznych obserwacjach w Puławach, Sobowie k. Kowla i Krzemieńcu. Autorowi nie są znane jednak dane, któreby prowadziły do charakterystyki tych punktów pod względem odchylen pionu.

6. Triangulacje austriackie na ziemiach Polski nie prowadziły do ujawnienia odchylen pionu na żadnym z punktów, jakkolwiek na tamtym terenie zagadnienie odchylen pionu — wydaje się — jest bardzo wyraziste. Pewne możliwości obliczenia względnych odchylen pionu istnieją, jedynie na drodze pośredniej, dla Krakowa i dla Lwowa.

7. Fragmentaryczne dane odnośnie odchyień pionu w Polsce, zredukowane do punktu odniesienia Borowej Góry, przedstawiają na załączonej mapce wektory, zbudowane w układzie współrzędnych prostokątnych ξ i η . Przyjęto liczyć, jako dodatnie kierunek osi ξ ku północy i osi η odpowiednio ku wschodowi. Linia cieńszą wyróżniono przytym wektory, określone według pomiarów dawnych.

Odchylenia pionu na tle obrazu anomalii grawimetrycznych.

Zagadnienie odchyień pionu nabiera specjalnego wyrazu i znaczenia przy rozpatrywaniu go w łączności z problemem anomalii grawimetrycznych. Jak wiadomo, zarówno odchylenia pionu jak i anomalie siły ciężkości są wywołane na skutek jednego i tego samego źródła zaburzeń — niejednorodności układu mas skorupy ziemskiej. Nic dziwnego więc, że oba elementy, odchylenia pionu i anomalie grawimetryczne, wykazują ściśle i wyraźne związki, uchwytne wzorami (np. Stokes'a), a jawne i zrozumiałe dla każdego, o ile odchylenia pionu przedstawi na tle karty anomalii grawimetrycznych.

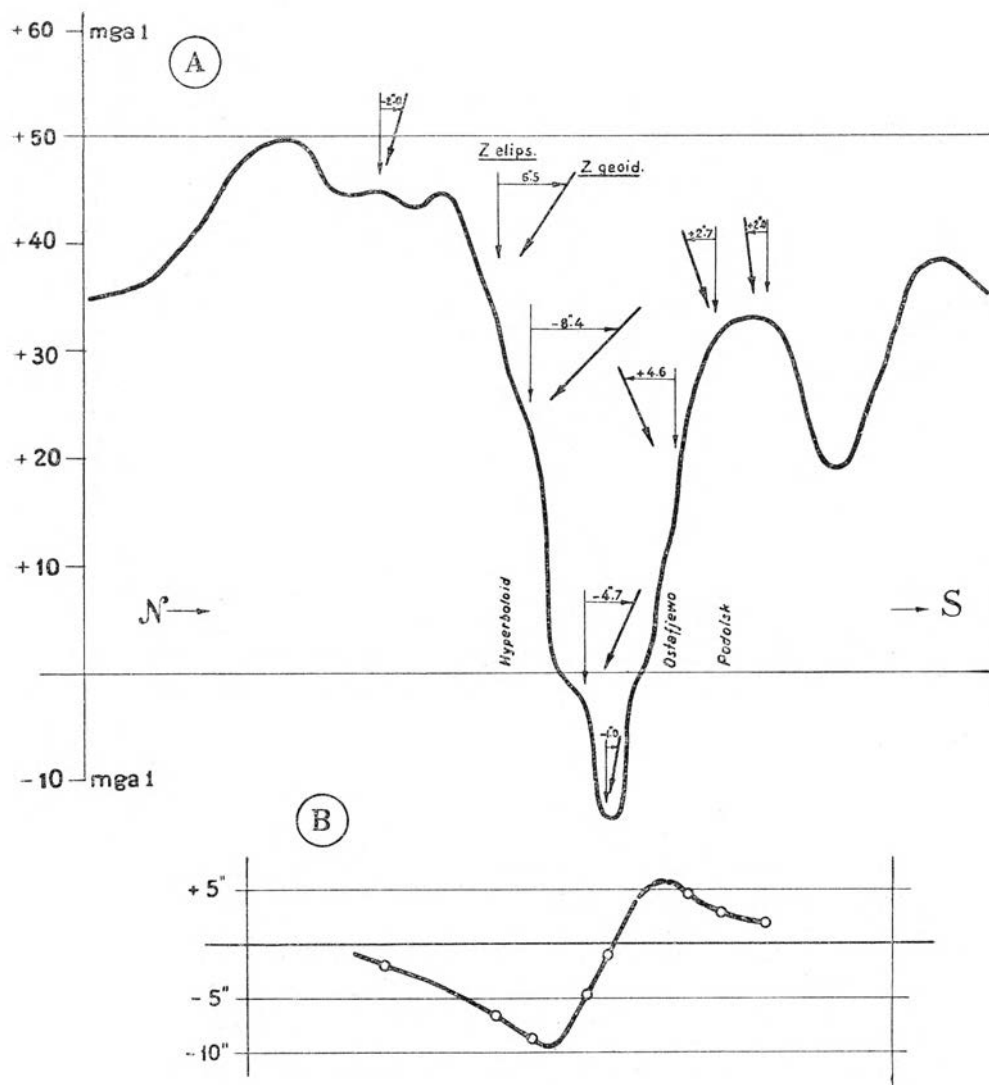
Pewną ilustracją omawianych stosunków i współzależności może służyć ciągly profil odchyień pionu wzdłuż południkowego przekroju grawimetrycznego z okolic Moskwy, przez Ostafjewo ($\varphi = 55^{\circ} 30'$, $\lambda = 37^{\circ} 30'$), Moskwę — Instytut Pomiarowy ($\varphi = 55^{\circ} 46'$, $\lambda = 37^{\circ} 39'$), Hyperboloid ($\varphi = 55^{\circ} 50'$, $\lambda = 37^{\circ} 33'$). Rys. 1.

Odchylenia pionu zbliżają się tu do normalnej do obrazu anomalii grawimetrycznych i są w związku z pierwszą pochodną krzywej grawimetrycznej. (Wykres B. na rys. 1).

W Polsce dzięki zastosowaniu grawimetrów Thyssen'a (1937 — 1939) i ofiarnej pracy zespołu ludzi z Państwowego Instytutu Geologicznego, badania grawimetryczne zostały szczególnie naprzód posunięte. W okresie od 1937 do 1939 zaobserwowano około 5000 punktów grawimetrycznych, ujawniając nieznane dotychczas bogactwo szczegółów odwzorowania grawimetrycznego o wybitnych amplitudach i dużej zmienności form. Materiał ten, łącznie z 282 punktami wahadłowymi, z okresu pomiarów 1926 — 1938, daje podstawę dla charakterystyki regionalnych anomalii w Polsce. (patrz załącznik: mapka anomalii grawimetrycznych). Maksymalne amplitudy sięgają w Polsce 100 mgal, to jest 1:10.000 całkowitej wartości przyspieszenia siły ciężkości. Zmiany zachodzą często nagle, wykazując silne, rzadko, lub wcale nie spotykane na zachodzie Europy gradienty regionalne i lokalne.

Fakty te, tak wyraziste w odwzorowaniu grawimetrycznym, tłumaczy przejściowy charakter obszaru Polski co do struktury i tektoniki pod względem geologicznym. One też stanowią o znaczeniu i wartości badań grawimetrycznych, jako bogate źródłowe (geofizyczne) przyczynki do rozwoju myśli i pojęć o budowie geologicznej Polski.

Dla geologii podstawę logiczną i ścisłą interpretację geofizycznych (gawimetrycznych) danych daje dyskusja rozkładu gęstości w profilu głębokościowym i poziomym. Zagadnienie sprowadza się przeto, podobnie jak i dla odchyłeń pionu, do badania niejednorodności układu mas. Przy analizie tego źródła zaburzeń spotykają się więc geofizyka, geologia i geodezja, jako przy granicznym dla nich problemie, co w konsekwencji przyczynia się do wzajemnej wymiany spostrzeżeń, doświadczeń, wniosków zależnie od tego która z dyscyplin wiedzy osiągnęła pierwsza konkretne wyniki.



Rys. 1.

Geodezję mniej interesują definicje dawnych lub nowozarysowujących się pojęć o głównych jednostkach budowy Polski. Trzeba przecież stwierdzić, co ważne dla dalszej dyskusji, istnienie ścisłych zależności pomiędzy układem strukturalnych linii przewodnich budowy geologicznej i planem przestrzennym anomalii grawimetrycznych, rozkładem osi maksimów i minimów, zmiennością i wyrazistością form, określonych przez gradienty i amplitudy.

Rzeczywisty układ odchyłeń pionu, odpowiadający rzeczywistemu układowi mas, również — na skutek tego — odpowiada przewodnim liniom (zgodnie ze strukturą geologiczną) i charakterowi obrazu grawimetrycznego, tak mniej więcej, jak to przedstawiają przekroje z okolic Moskwy, z obszaru wybitnych anomalii grawimetrycznych.

Rozpoczynamy przegląd znanych odchyłeń pionu w związku z anomaliami grawimetrycznymi i budową terenu od bloku śląsko-świętokrzyskiego, który w obszarze na północ od Karpat i na zachód od kredowego zapadliska Łuków — Rawa Ruska wystaje z pośród otaczających go mórz trzeciorzędnych i kredowych. Grawimetria podkreśla i uwydatnia w obrębie bloku bogate wewnętrzne ukształtowanie, — jak gdyby morfologię podłoża kredy, podział na mniejszego rzędu jednostki strukturalne, pozwala śledzić wypiętrzenia i obniżenia, stwierdzać dyzlokacje, orientując o położeniu nadmiarów mas (maksimów) i niedomiarów mas, oraz o charakterze zmian w profilach.

Na terenie bloku śląsko-świętokrzyskiego notujemy trzy punkty o znanych odchyleniach pionu: Sobótka — niedaleko Sandomierza (pom. nowe) Sucha Góra koło Katowic (pom. dawne) i Mirów opodal Częstochowy (pom. dawne). Wszystkie one wykazują kierunki wektorów odchyłeń pionu zgodne — z dokładnością kilku stopni —, z przebiegiem osi wypiętrzeń, antyklin i synklin z geologii. Wektory wskazują jak gdyby położenie cięższych mas i miejsca dodatnich anomalii grawimetrycznych. Na tle anomalii grawimetrycznych wyraża ten fakt prostopadłość wektorów do izarytm grawimetrycznych. Punkt Sucha Góra, położony bliżej płaszczyzny wyżu grawimetrycznego podlega, co do kierunku odchylenia, bardziej złożonym wpływom, niż dwa pozostałe, położone na zboczach, znanych geologicznie form.

Odpowiednio do przedłużających się ku północy zboczy jurajskich na linii Kalisz — Poznań, znajdujemy w punkcie Mosina koło Poznania odchylenie pionu, którego wektor jest prawie normalny do kierunku izarytm grawimetrycznych, podobnie jak punkt w Mirowie, analogicznie usytuowany pod względem geologicznym. O wahaniach, różnicach w kierunku, dla tych dawno obserwowanych punktów, decydować mogą lokalne — na razie nieznane — anomalie grawimetryczne, oraz błędy obserwacji astronomicznych pomiarów dawnych.

Zmianę kierunku wektora odchyłeń pionu obserwujemy, — prawie o 180° , — w bliższym Mosinie niż Mirów, punkcie Springberg. Jest ona całkowicie zrozumiała, o ile wziąć pod uwagę, że przesu- wając się od Mosiny na północ do Springbergu, przekroczyliśmy głębokie zapadlisko (obszar minimów grawimetrycznych) i znaleźliśmy się na zboczu nowej jednostki geologicznej. Tę tworzy północno-zachodnie przedłużenie wypiętrzenia Kujawsko - Pomorskie-

go. Garb Kujawsko - Pomorski, dzięki grawimetrii poznany, wykazuje oś wzdłuż linii: Inowrocław — Kcynia — okolice Wyrzyska — — Czaplinek. Do niej prawie normalnie kieruje się wektor w Springbergu.

Na wschód od linii Koszalin — Łowicz — Sandomierz — Przemysł, obraz grawimetryczny wyraża na ogół bardziej skomplikowane zależności. Pozostaje to w ścisłym związku ze wzrastającymi, silnymi ilościowo, wpływami płyty krystalicznej bałtycko - podolskiej. Tym niemniej i tutaj, o ile tylko na to pozwala nasza wiedza o grawimetrycznych i geologicznych stosunkach, wskazać można na ścisłą łączność i odpowiedniość odchyleń pionu z budową geologiczną i odwzorowaniem grawimetrycznym.

Najmniej powiedzieć można w chwili obecnej, z braku danych geofizycznych i geologicznych, o punktach: Wieżyca, Borowa Góra, Warszawa, Borkowo. Według danych magnetycznych punkt Wieżyca leży blisko osi maksimów (zmiany składowej pionowej) tak zwanej Kaszubskiej anomalii magnetycznej.

Charakterystycznymi natomiast są kierunki wektorów odchyleń pionu na punktach: Kowalewo, Trunz, Kernsdorf, Królewiec prawie równoległe i odpowiadające normalnym do znanych z badań magnetycznych kierunków anomalii: NO — SSW. Grawimetrycznie obszar Prus Wschodnich wykazuje anomalie o silnych gradientach i amplitudach, które sięgają dziesiątek miligali.

W okolicach Grodna zwracają uwagę wektory odchyleń pionu na punktach: Grodno (pom. dawne) i Kopciówka (pom. współczesne), o kierunkach prawie równoległych i zgodnych wartościach skalarnych. Dobrze odpowiadają one normalnym do poznanej wydatnej formy dodatnich wartości anomalii siły ciężkości w tamtych okolicach. Podkreślić wypada interesującą zgodność obu wyznaczeń, która służy zarazem za miernik prawidłowości redukcji obliczeń dawnych (niemieckich) odchyleń pionu i nowych do wspólnego punktu odniesienia: Borowej Góry.

Podobnego argumentu, jak dla okolic Grodna, choć w mniejszym stopniu, — możliwe z uwagi na znaczniejszy odstęp punktów i zachodzące na tej przestrzeni zmiany lokalne anomalii, — dostarcza porównanie odchyleń pionu na punktach: Skopówka (pom. nowe) i Bielin (dawne). Wykazują one względnie duże odchylenia w długości geograficznej, a wektory kierują się prostopadłe do rysującego się wyżu grawimetrycznego pomiędzy Pińskiem a Grodnem.

Na punkcie Niemież, koło Wilna, również dobrze odpowiada wektor odchylenia pionu normalnej do regionalnie poznanej anomalii grawimetrycznej w tamtych okolicach.

Specjalnej uwagi wymaga punkt — Wólka koło Łunińca. Z badań geologicznych Dr. Zb. Sujkowskiego wynika, że na południe od Wólki rozciąga się w kierunku wschód - zachód próg cokołu mas krystalicznych, podchodzących blisko powierzchni ziemi. Stąd łatwo zrozumieć kierunek wektora odchyleń pionu w nieodległej od progu Wólce, co dodatkowo podkreślają jeszcze, — zgodne z nim —,

kierunki wektorów anomalii składowych poziomych magnetyzmu ziemskiego w bliskich Mikaszewiczach, Hawryłczycach, Malkowiczach (w-g obliczeń autora).

Przegląd odchyleń pionu na tle poznanych anomalii grawimetrycznych zamykamy, wskazując na wyjątkową, jak to określał inż. kpt. Dulian, anomalię odchyleń pionu pomiędzy punktami siatki bazowej Jaroszyce — Paraszka. Według informacji wielkość odchylenia wynosiła około 15'', głównie w długości geograficznej. Na tle grawimetrycznych tam poznanych stosunków wielkość tę tłumaczy wyjątkowe położenie obu punktów, pomiędzy którymi leży oś ostro rysującego się minimum, w związku z krawędzią Karpat i płytą Podola. Przeciwnie skierowane odchylenia pionu na obu punktach dać mogą w sumie istotnie duże względne odchylenie tak, jak to odpowiada obrazowi grawimetrycznemu — głównie w długości geograficznej.

Wnioski.

W przeglądzie odchyleń pionu na tle anomalii grawimetrycznych staraliśmy się uwypuklić te, wydaje się istotne, związki, jakie istnieją, pomiędzy obu rodzajami odwzorowań niejednorodności układu mas skorupy ziemskiej.

Wielkości ujawnionych odchyleń pionu i charakter wykrytych anomalii grawimetrycznych, łącznie ze znaną w zarysie skomplikowaną budową geologiczną obszarów Polski wskazują, że liczyć się trzeba z dużą zmiennością odchyleń i znacznymi wahaniami amplitud, rzędu co najmniej 20'', głównie w długości geograficznej. Inaczej mówiąc, na obszarze Polski stwierdzamy skomplikowany kształt geoidy i znaczne jej odchylenie od powierzchni elipsoidy (Bessel'a).

Dotychczas zebrany materiał grawimetryczny pozwala określić te odchylenia, choć w pierwszym przybliżeniu, mianowicie tę ich część, która wynika z regionalnych anomalii grawimetrycznych.

Przypadkowo przyjęty — dowolny — układ anomalii odchyleń pionu w odniesieniu do Borowej Góry, okazał się systemem, w którym obliczone odchylenia dobrze, lub co najmniej dobrze odpowiadają kształtom geoidy, jakie przedstawia obraz grawimetryczny i ogólnie znany plan budowy geologicznej.

Zgodność tłumaczyć może fakt bliskich zeru rzeczywistych (najprawdopodobniejszych) odchyleń pionu na punkcie Borowa Góra. Wówczas przyjęty system odpowiadałby układowi najprawdopodobniejszych odchyleń pionu na pozostałych punktach.

Dodatkowo ten wniosek popiera porównanie systemu odchyleń pionu w odniesieniu do Borowej Góry z systemem najprawdopodobniejszych odchyleń pionu dla środkowej Europy, według wyrównania A. Berroth'a. Dla punktu Rauenberg obliczone odchylenia pionu w obu systemach okazały się ściśle zgodne.

Uwzględniając walory systemu rzeczywistych odchyłeń pionu w porównaniu z systemem najmniejszych odchyłeń pionu, zwłaszcza gdy wziąć pod uwagę bliskie realizacji zadanie, stojące przed polską geodezją: obliczenia odchyłeń pionu na podstawie istniejących materiałów geofizycznych (absolutnych — rzeczywistych odchyłeń), uznać trzeba wyjątkowe położenie Borowej Góry, pod względem odchyłeń pionu za wygodne dla usytuowania tam punktu przyłożenia elipsoidy do geoidy.

ST. PAWŁOWSKI.

Łódź, II 1946.



St. Pawłowski.

THE PROBLEM OF THE DEVIATION OF THE VERTICAL AND OF THE SPHEROID OF REFERENCE IN POLAND.

1. Introductory.

One of the chief problem of geodesy consists in the determination of the mathematical surface of reference on which all the computations and reductions could be made. The problem involves the determination of the length of the axis of the spheroid, its flattening, and its positions in regard to the earth surface.

In Poland, owing to the comparatively small area of the country, the length of the axis and the value of the eccentricity of the spheroid are not as important as the position and the orientation of the figure to assure the closeness of the spheroid of reference to the actual surface of the geoid. This leads to the determination of the datum point for geodetic transfer of the initial data, and to the determination of the deviation of the vertical for other points.

In the present stage of our knowledge and in view of close cooperation of geodesy, geophysic and geology we can draw some conclusions for the deviations of vertical and gravity anomalies in Poland.

2. The deviation of the vertical from astronomical and geodetic observations.

a) In the available numerical data published by Helmert, Börsch and Krüger in **Lotabweichungen und Längengradmessungen** we could find the values of the deviations of the vertical of 16 stations, situated in Poland and in neighbouring countries.

Table I.

The deviations of the vertical in Rauenberg system and on Bessel's figure for 16 stations in Poland, according to Helmert,

Börsch and Krüger. Reduced by St. Pawłowski to a new reference point Borowa Góra. (see Polish text, page 6).

In the above table the reduction of German values to Borowa Góra was made by assuming the following values for the deviation of the vertical for Warsaw Observatory in the Borowa Góra system:

Warsaw Observatory: $\xi = + 2'',05$, $\eta = + 0'',19$. (see b).

The reduced values for Rauenberg are as follows:

Rauenberg: $\xi = + 2'',40$, $\eta = + 2'',04$.

These values are in full agreement (omitting terms for the change of the elements of the ellipsoid) with the values given by A. Berroth¹⁾:

$$\text{Rauenberg: } \xi = + \underline{2'',404} - 2360 \frac{da}{a} - 860 da,$$

$$\eta = + \underline{2'',024} + 4540 \frac{da}{a} + 2770 da.$$

It seems very likely that this accordance of values is not a matter of accident, but it rather states the fact, that the two independent systems, mentioned above, produce one uniform system.

b) **The deviation of the vertical for Warsaw** in the Borowa Góra system was calculated in the following way.

The station of Warszawa — Cedergrén is a common point of the two independent networks, established by the national and by the municipal surveys, respectively. The coordinates of this station are as follows:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Warszawa — Cedergrén} \\ \text{in Borowa Góra system} \\ \text{of national survey} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \varphi_{\text{geo}} = 52^{\circ} 14' 12'',68 \\ \lambda_{\text{geo}} = 21^{\circ} 00' 30'',82; \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Warszawa — Cedergrén} \\ \text{in municipal system of} \\ \text{survey} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \varphi_{\text{astr}} = 52^{\circ} 14' 14'',73 \\ \lambda_{\text{astr}} = 21^{\circ} 00' 31'',14. \end{array}$$

(Mean values of the two results calculated from two observatories in Warsaw: University Observatory, and Polytechnic Observatory).

The differences in latitude and in longitude of the astronomical and geodetic positions of the station Warszawa — Cedergrén furnish the values of the deviation of the vertical in the system of Borowa Góra for this station:

$$\text{Warszawa: } \xi = + 2'', 05, \quad \eta = + 0'',3. \cos \varphi.$$

1) A. Berroth Die gebräuchlichen Ellipsoide und die Lotabweichungen. Veroff. d. Preuss. Geod. Inst. N. F. Nr. 86, Berlin, 1922.

These values were used for recomputing the data from Rauenberg system to the Borowa Góra system (see a).

c) The geodetic networks in Poland performed by the Military Geographic Institute and the Bureau of Measurements of the Ministry of Communications during the 12-year period ending 1939, furnished the numerical values of the deviation of the vertical for a few Laplace points, established in the junction figures of the geodetic chains. The values are listed in the following table II.

Table II.

The deviations of the vertical in Poland in the Borowa Góra system. Bessel's ellipsoid. (see Polish text, page 9).

d) The available numerical data are shown on the enclosed map, giving a fragmentary picture of the deviations of the vertical and gravity anomalies in Poland and neighbouring countries.

3. The deviations of the vertical and the gravity anomalies.

The deviations of the vertical and gravity anomalies are caused by the irregular distribution of the underground masses.

On the diagram (page 11) we can see the profile, showing the deviations of the vertical in the Moskwa area. The profile could serve as a good example of the mutual interdependence of the deviations of the vertical and the gravity anomalies.

From 282 pendulum measurements carried out from 1926 to 1938, and from about 5000 gravimeter measurements (Thyssen — Schleusener gravimeter) carried out from 1937 to 1939, the strong gravity anomalies of an amplitude amounting to 100 mgals are found in Poland. Moreover, the changes of the gravity are great and appear suddenly. These facts prove the transitory character of the geological structure and of the tectonic of Poland.

In the Śląsk — Góry Świętokrzyskie area, from the measurements carried out for the 3 stations, a good agreement have been found between the vectors of the deviations and the direction of the axis of anticlines and synclines known from geological investigations.

Observations made for the station Springberg have shown the change of the direction of the vector amounting to 180° . Springberg is situated between the two different geological formations, and this is the cause of this change of direction.

Also on the Koszalin — Łowicz — Sandomierz — Przemyśl area the measurements have shown the close connection between the deviations of the vertical and the geological structure and gravimetric representation of the area.

On the points Kowalewo, Trunz, Kernsdorf and Królewiec, they correspond to the normals of the NNO — SSW directions of the magnetic anomalies there.

On the points Grodno and Kopciówka the vectors of the deviations of the vertical are found to be parallel and of the same intensity. They are in good correspondance to the normals of the gravity anomalie there. Similar phenomena were found on the points Skopówka, Bielin and Niemież.

Very interesting is the station Wólka near Łuniniec, where the vector of the deviation and the vector of the horizontal component of the terrestrial magnetism have shown the influence of the cristalic formations.

4. Conclusions.

The numerical values of the deviations of vertical and the character of gravity anomalies found in Poland have shown considerable variations and amplitudes amounting to about 20'', mainly in longitude. In other words, the form of the geoid in Poland is very complicated with considerable departure from Bessel's spheriod of reference. The available gravimetrical observations allow to determine these departures in the first approximation only, mainly from the regional gravity anomalies.

Accidentally assumed Borowa Góra system of reference for gravimetric measurements proved to be in good agreement with the form of geoid and geological structure in Poland. It is possible that the value of the absolute deviation of the vertical in Borowa Góra is very nearly of zero. Moreover the deviations for Rauenberg proved to be the same in the two systems of reference. The station Borowa Góra is therefore very convenient as a datum point for geodetic survey in Poland.



2195

ODCHYLENIA PIONU

NA TŁE ANOMALII SIŁY CIĘŻKOŚCI W POLSCE

I NA TERENACH SĄSIEDNICH

The deviation of the vertical

and the gravity anomalies in Poland
and adjacent countries

1 : 2.500.000

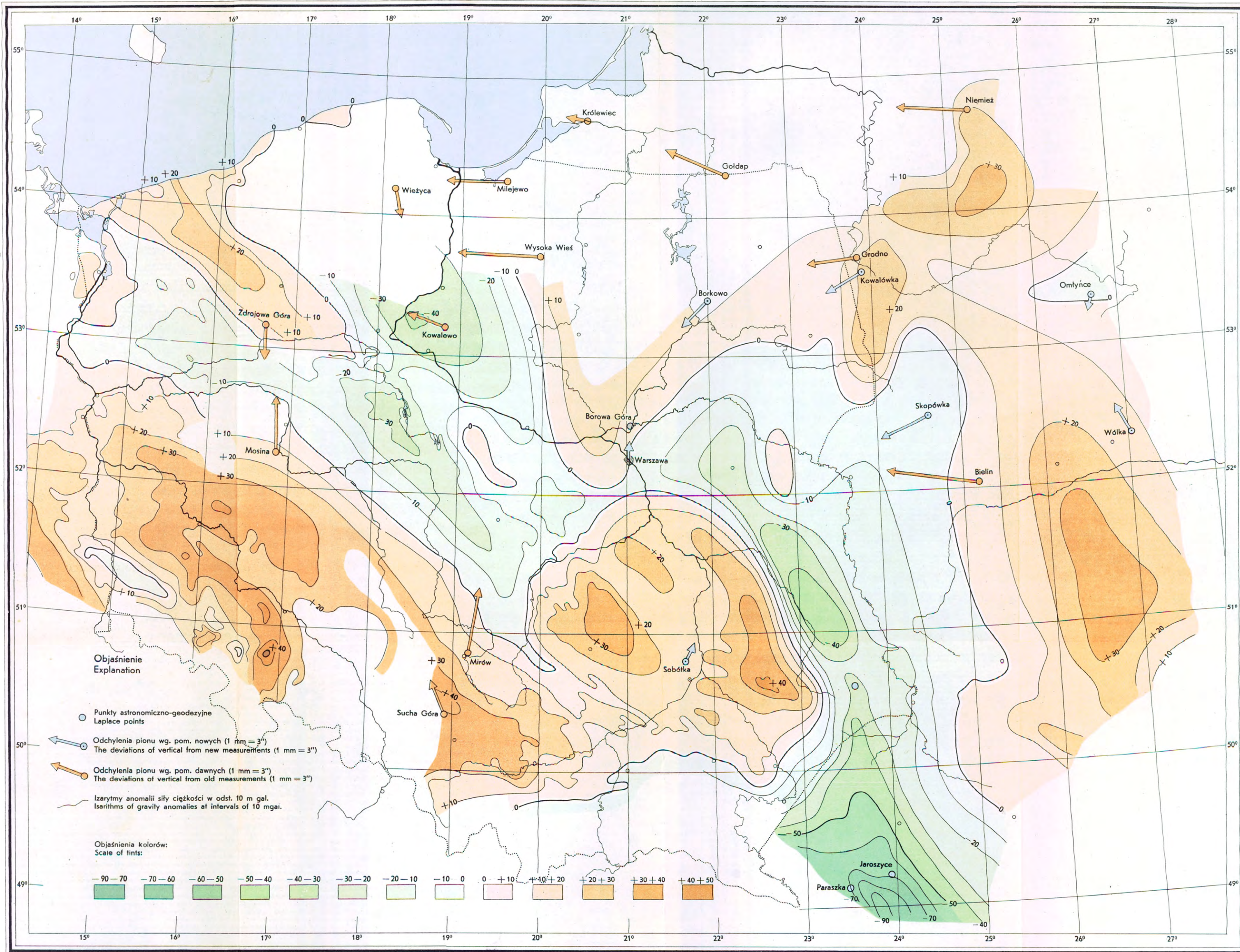
Opracowanie naukowe:

Elaborated by:

Stanisław Pawłowski

Grawimetria według wyników pomiarów:
P. I. G. (E. W. Janczewski, St. Pawłowski), (1937-39)
Gł. Urz. Miar w Warszawie (1926 - 1938)
Obs. Astr. Uniwers. Jagiell. w Krakowie (1926 - 1938)
częściowo niemieckich Reichsamt für Bodenforschung

Gravity measurements:
National Geological Institute, Warszawa;
The Board of Weights and Measures, Warszawa;
Astr. Obs., University of Kraków; (1926 - 1938)
partly Reichsamt für Bodenforschung.



Główny Urząd Pomiarów Kraju

Biuro Kartograficzne



WARSZAWA 1948

