

Identyfikacja punktów dawnych sieci triangulacyjnych na obszarze powiatu ostrowieckiego*

Identification of points of former triangulation networks
in Ostrowiec county

Piotr Banasik, Kazimierz Bujakowski

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska,
Katedra Geodezji Zintegrowanej i Kartografii

Słowa kluczowe: sieć triangulacyjna, podstawowa osnowa geodezyjna, transformacja współrzędnych

Keywords: triangulation network, geodetic control, coordinate transformation

Wprowadzenie

Współczesną podstawową poziomą osnowę geodezyjną w Polsce tworzą punkty, których położenie w europejskim układzie odniesienia wyznaczono technikami satelitarnymi GNSS w ciągu ostatnich 25 lat (Rozporządzenie, 2012). Wcześniej funkcjonujące osnowy poziome tworzone były od połowy XIX wieku z wykorzystaniem pomiarów kątowych i nielicznych liniowych w sieciach zwanych triangulacyjnymi. Obliczenia elementów sieci triangulacyjnej realizowano w lokalnych lub regionalnych układach odniesienia, względem lokalnie zdefiniowanej elipsoidy odniesienia (Michałowski, Sikorski, 1932). Osnowy z klasycznej i satelitarnej epoki dzieli nie tylko 200 lat postępu w geodezji, ale również ich zróżnicowana funkcjonalność (osnowa dwu- i trójwymiarowa) i dokładność obliczanych współrzędnych. Mimo olbrzymich różnic warto zauważyć, że część punktów obecnej osnowy poziomej charakteryzuje wieloletnia ciągłość ich geodezyjnego wykorzystania. Kiedy tworzono w latach 1994-1996 sieć POLREF, będącą rozwinięciem sieci EUREF-POL, wielokrotnie zdarzało się, że adaptowano na jej potrzeby dotychczasowe punkty osnowy triangulacyjnych, zmieniając jedynie sposób naziemnej stabilizacji. Wśród nich mogły być punkty, które tworzyły pierwsze sieci triangulacyjne. Istnieją nieliczne dokumenty, na podstawie których można byłoby zidentyfikować punkty geodezyjne, charakteryzujące się najdłuższym „stażem” geodezyjnym (Instrukcja, 1907; Michałowski, Sikorski, 1932; Katalog Map WIG, 1934; Przegląd, 1850-1906). Proces identyfikacji mogą ułatwić informacje zawarte w publikacjach na temat układów odniesienia i układów współrzędnych stosowanych w przeszłości do opracowania pomiarów geodezyjnych (Barasz, 1937; Michałowski, Sikorski, 1932;

* Artykuł został opracowany w ramach badań statutowych Katedry Geodezji Zintegrowanej i Kartografii 11.11.150.

Murzewski, 1936; Słomczyński, 1932, 1933). Niniejsze opracowanie jest próbą przedstawienia sposobu identyfikacji takich punktów, zrealizowaną na obszarze jednego z polskich powiatów.

Charakterystyka sieci triangulacyjnych na obszarze zaboru rosyjskiego

W okresie międzywojennym, odpowiadając na potrzeby kartografii, nauki i techniki oraz szeroko rozumianej gospodarki, podjęto działania związane z wykorzystaniem rezultatów prac triangulacyjnych odziedziczonych po zaborcach. Sieci triangulacyjne zakładane przez zaborców charakteryzowały się różną dokładnością pomiarów, różnymi układami odniesienia, współrzędnymi punktów początkowych (tzw. punktów wyjścia) oraz brakiem powiązania między sieciami zaborców. Prace nad założeniem sieci triangulacyjnych w zaborze rosyjskim mają swój początek w latach 20. XIX wieku. Wyniki tych prac można znaleźć w opublikowanym w okresie międzywojennym Katalogu Punktów Trygonometrycznych (KPT – Michałowski, Sikorski, 1932). Analiza materiałów triangulacyjnych z obszaru zaboru rosyjskiego pozwoliła na wyróżnienie czterech układów odniesienia stosowanych w opracowaniach pomiarów triangulacyjnych, których parametry podano w tabeli 1. Współrzędne punktów z analizowanego obszaru powiatu ostrowieckiego zostały obliczone w ramach prac geodezyjnych realizowanych w latach 1886-1901, w układzie odniesienia *Warszawa*, z powierzchnią odniesienia – tak zwaną elipsoidą „wyrównyującą”. Długości elipsoidalne tych punktów podane w KPT są odniesione do południka początkowego w Pułkowie i różnią się od długości odniesionych do południka Greenwich o wartość $\Delta\lambda_{p-G}=30^{\circ}19'38,7''$ (Michałowski, Sikorski, 1932).

Różnice w szerokości geodezyjnej poszczególnych punktów wyznaczonej w różnych układach wynoszą kilka sekund kątowych. Przykładem współrzędnych w układzie *Warszawa* są współrzędne punktu z obszaru powiatu ostrowieckiego, oznaczonego w KPT *Ostrowiec, kościół*: $\varphi = 50^{\circ}56'23,52''$, $\lambda = -8^{\circ}56'12,5''$. Punkt ten znajduje się w KPT, na karcie oznaczonej godłem *Pas 45 Słup 33 Opatów* (Michałowski, Sikorski, 1932).

Tabela 1. Parametry układów odniesienia na obszarze zaboru rosyjskiego z wyróżnionym układem odniesienia zastosowanym na obszarze powiatu ostrowieckiego (Michałowski, Sikorski, 1932)

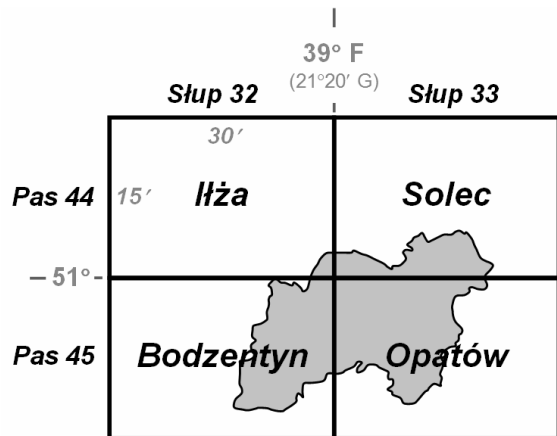
Nazwa układu	<i>Niemież</i>	<i>Warszawa</i>	<i>Dorpat I</i>	<i>Dorpat II</i>
Nazwa elipsoidy	<i>Walbecka</i>	"wyrównyująca"	<i>Bessela</i>	
Parametry elipsoidy	a=6376895 m b=6355834 m f=1/302,78	a=6380879,979 m b=6356673,017 m f=1/263,59	a=6377397,155 m b=6356078,96325 m f=1/299,1528	
Południk początkowy	Pułkowo			
Punkt wyjścia	Niemież (Litwa) (punkt sieci astronomicznej)	Warszawa (Obserwatorium Astronomiczne)	Dorpat (Tartu, Estonia) (Stare Obserwatorium Astronomiczne)	
Współrzędne punktu wyjścia odniesione do południka początkowego				
φ_0	54°39'03,24"	52°13'04,954"	58°22'47,56"	58°22'47,56"
λ_0 (Pułkowo)	-5°00'36,20"	-9°17'48,885"	-3°36'24,48"	-3°36'24,709"
λ_0 (Greenwich)	25°19'02,5"	21°01'49,82"	26°43'14,22"	26°43'13,99"

Rosyjskie prace triangulacyjne z okresu przed I wojną światową charakteryzują się niezbyt wysoką dokładnością (Czarnecki, 1928). Wynika to z niejednorodności pomiarów geodezyjnych oraz przyjętej metody opracowania obserwacji, w której nie uwzględniono wpływu odchylenia pionu na obserwacje kątowe. Na dużych obszarach objętych siecią triangulacyjną skutkowało to błędami położenia punktów dochodzącymi w skrajnych przypadkach nawet do 100 m (Michałowski, Sikorski, 1932). Próba poprawy dokładności przez zastosowanie zmodyfikowanej pod względem parametrów elipsoidy, zwanej „wyrównywującą”, nie powiodła się. Warto zwrócić uwagę również na parametry elipsoidy „wyrównywującej”, które znacznie odbiegają od parametrów elipsoidy ziemskiej (tab. 1). W związku z powyższym współrzędne elipsoidalne z obszaru zaboru rosyjskiego, a w tym także z obszaru obecnego powiatu ostrowieckiego, należy uznać za mniej dokładne w porównaniu z analogicznymi współrzędnymi punktów z pozostałych zaborów.

Obliczenie przybliżonej różnicy we współrzędnych elipsoidalnych na obszarze powiatu ostrowieckiego

Powiat ostrowiecki położony jest na styku 4 arkuszy mapy 1:100 000, w ramach której skatalogowano w KPT punkty osnów geodezyjnych zakładanych na obszarze Polski przez służby geodezyjne państw zaborczych. Podział obszaru ówczesnej Polski na pasy i słupy odpowiada przyjętej nomenklaturze mapy taktycznej w wyżej wymienionej skali, przy czym ze względu na stosowane przez zaborców różne południki zerowe, przyjęto w KPT odniesienie do południka *Ferro niemieckie*, pozostawiając rozmiar arkusza 15'×30' (Katalog Map WIG, 1934). Największa część powiatu ostrowieckiego, w tym Ostrowiec Świętokrzyski, znajduje się na arkuszu południowo-wschodnim (*Pas 45, Słup 33, Opatów*), a najmniejsza na północno-zachodnim (*Pas 44 Słup 32, Iłża*) (rys. 1).

W celu obliczenia przybliżonych współrzędnych punktów z KPT w układzie ETRF89, dokonano identyfikacji punktów, zaznaczonych na współczesnych mapach topograficznych. Wykorzystano do tego punkty oznaczone w KPT jako „kościół” lub „komin”, które można łatwo odnaleźć na mapie. Długość elipsoidalną tych punktów podaną w KPT względem Pułkowa przeliczono do południka Greenwich za pomocą wyżej podanej wartości $\Delta\lambda_{P-G}$. Następnie naniesiono punkty na raster mapy topograficznej i poszukiwano w pobliżu odpowiedniego kościoła lub komin. W wielu przypadkach obiekty te były oznaczone na mapach symbolami punktów poziomej osnowy geodezyjnej. Następnie odczytano współrzędne elipsoidalne tych punktów w układzie ETRF89 i porównano je ze współrzędnymi oryginalnymi



Rysunek 1. Sekcje mapy 1:100 000 z KPT, obejmujące powiat ostrowiecki (F,G – długość elipsoidalna względem południka odpowiednio *Ferro niemieckie* i *Greenwich*)

z KPT, podanymi tam w układzie *Warszawa*. W ramach każdego z 4 wyżej wymienionych arkuszy obliczono średnie wartości różnic $\Delta\varphi$ i $\Delta\lambda$ między obydwo układami (tab. 2).

Tabela 2. Obliczenie przybliżonych wartości różnic $\Delta\varphi$ i $\Delta\lambda$ między układami odniesienia *Warszawa* i *ETRF89*

Arkusze	Liczba punktów	Liczba punktów użytych do obliczenia różnic $\Delta\varphi$ i $\Delta\lambda$	Średnie wartości różnic $\Delta\varphi$ / $\Delta\lambda$
<i>Pas 44 Słup 32 Iłża</i>	41	8	- 5,55"±0,14" / +30°19'28,60"±0,71"
<i>Pas 44 Słup 33 Solec</i>	37	6	- 5,61"±0,05" / +30°19'30,21"±0,32"
<i>Pas 45 Słup 32 Bodzentyn</i>	46	8	- 5,62"±0,03" / +30°19'29,11"±0,50"
<i>Pas 45 Słup 33 Opatów</i>	41	7	- 5,81"±0,07" / +30°19'29,57"±0,46"

Wartość różnicy w szerokości elipsoidalnej jest ujemna i zawiera się w zakresie od -5,5'' do -5,8'', natomiast różnica w długości elipsoidalnej jest dodatnia i zawiera się w zakresie od 30°19'28,6'' do +30°19'30,2''. Odchylenie standardowe dla $\Delta\lambda$ jest większe i osiąga średnią wartość na poziomie 10 m. To potwierdza zjawisko znane z opracowania osnów triangulacyjnych, polegające na niższej dokładności wyznaczania długości elipsoidalnej (Słomczyński, 1932, 1933). Wartości średnie $\Delta\varphi$ i $\Delta\lambda$ posłużyły następnie do obliczenia przybliżonych współrzędnych pozostałych punktów zawartych w KPT w układzie ETRF89. Należy zauważyć, że uzyskane w ten sposób różnice szerokości i długości elipsoidalnej są przybliżone, gdyż są obciążone zmianami położenia porównywanych punktów, na przykład ze względu na dość częstą przebudowę kościołów w ciągu niemal 200 lat lub przeniesienie punktów na sąsiednią wyższą wieżę kościelną.

Identyfikacja punktów dawnej i współczesnej osnowy geodezyjnej

Współczesne osnowy geodezyjne stanowią w pewnej części kontynuację osnów zakładanych wcześniej. Dobrym przykładem są sieci triangulacyjne, których punkty zakładane w XIX wieku przetrwały wiele lat i służą przykładowo jako punkty osnowy szczegółowej, a nawet podstawowej bazowej POLREF, mierzonej technikami satelitarnymi. Podobnie długą historią charakteryzują się niektóre repery ścienne podstawowych osnów niwelacyjnych (Katalog wysokości reperów ..., 1939). Możliwość identyfikacji takich „długowiecznych” punktów geodezyjnych zależy od kilku czynników, wśród których podstawowym jest poprawność współrzędnych podawanych w starych katalogach i niezmiennosc ich stabilizacji w czasie. Gęstość starych osnów geodezyjnych była nieporównywalnie mniejsza niż osnów współczesnych. Na badanym obszarze powiatu ostrowieckiego zlokalizowane były 24 punkty pierwotnej osnowy triangulacyjnej, których współrzędne umieszczono w KPT (tab. 3). Jej odpowiednikiem jest współczesna osnowa podstawowa bazowa klasy 1 i szczegółowa klasy 2 (Instrukcja, 1986). Na obszarze powiatu ostrowieckiego zlokalizowane jest 160 punktów wchodzących w skład tych osnów (tab. 3). Rozmieszczenie punktów dawnych i współ-

czesnych osnów przedstawia rysunek 2. Wynika z niego, że tylko kilka punktów pierwotnych osnów zachowało się do dziś i nadal może funkcjonować jako punkty geodezyjne.

Tabela 3. Punkty z KPT oraz z osnowy poziomej podstawowej 1 klasy i szczegółowej 2 klasy na obszarze powiatu ostrowieckiego

Arkusz	Liczba punktów z KPT	Liczba punktów osnowy podstawowej kl. 1	Liczba punktów osnowy szczegółowej kl. 2	Liczba punktów wspólnych wstępnie wytypowanych ($\Delta\varphi = \Delta\lambda \leq 2''$)
<i>Pas 44 Słup 32 Iłża</i>	0	0	0	0
<i>Pas 44 Słup 33 Solec</i>	3	2	7	1
<i>Pas 45 Słup 32 Bodzentyn</i>	9	6	43	6
<i>Pas 45 Słup 33 Opatów</i>	12	10	92	8
Razem	24	18	142	15

Takimi punktami mogą być punkty na wieżach kościelnych, które w poprzednim rozdziale posłużyły do obliczenia przybliżonych różnic współrzędnych elipsoidalnych między dawnym i współczesnym układem odniesienia. Spośród 24 punktów dawnej osnowy tylko 5 było zlokalizowanych na wieżach kościelnych (lub fabrycznych).

Wykorzystując przybliżone różnice współrzędnych (tab. 2) obliczono w układzie ETRF89 współrzędne φ i λ w wszystkich 24 punktów dawnej sieci triangulacyjnej. Następnie porównano tak obliczone współrzędne ze współrzędnymi współczesnej osnowy poziomej na obszarze powiatu ostrowieckiego. Przyjęto kryterium zgodności do 2'', co odpowiada odległości około 60 m w południku i około 40 m w równoleżniku. W wyniku porównania wytypowano wstępnie 15 punktów. Maksymalna różnica współrzędnych dla tych punktów nie przekroczyła: $\Delta\varphi=1,4''$ i $\Delta\lambda=1,6''$, przy czym wartości średnie różnic wyniosły odpowiednio 0,4'' i 0,6''.

Układy współrzędnych elipsoidalnych z KPT (układ *Warszawa*) oraz ETRF89 mogą być względem siebie skręcone i niejednorodne pod względem skali. Na różne skale porównywanych układów wskazują różne parametry elipsoidy „wyrównywującej” i GRS80. Elipsoida „wyrównywująca” jest większa ($a_{\text{wyrównywująca}} - a_{\text{GRS80}} \approx 2,7$ km) i mniej spłaszczona (o około 12%). W związku z tym niezbędne jest odpowiednie dopasowanie układów, co zrealizowano za pomocą transformacji współrzędnych na płaszczyźnie. W tym celu współrzędne elipsoidalne 15 zidentyfikowanych w KPT punktów przeliczono na płaskie $X_{\text{GK-KPT}}, Y_{\text{GK-KPT}}$, w lokalnym odwzorowaniu Gaussa-Krügera elipsoidy „wyrównywującej”, z południkiem przebiegającym przez środek obszaru, na którym położone były punkty ($\lambda_0 = -8^\circ 56'$). Odpowiadające im punkty współczesnej osnowy odwzorowano również na płaszczyznę, w lokalnym odwzorowaniu Gaussa-Krügera elipsoidy GRS80 ($\lambda_0 = 21^\circ 23'$), uzyskując współrzędne płaskie $X_{\text{GK-ETRF89}}, Y_{\text{GK-ETRF89}}$. Dzięki temu na obszarze powiatu ostrowieckiego uzyskano podobny rozkład zniekształceń odwzorowawczych w przypadku obu odwzorowań. Następnie wykonano transformację afiniczną $(X_{\text{GK-KPT}}, Y_{\text{GK-KPT}}) \rightarrow (X_{\text{GK-ETRF89}}, Y_{\text{GK-ETRF89}})$, w której stopniowo eliminowano punkty o maksymalnych wartościach odchyłek położenia V_p :

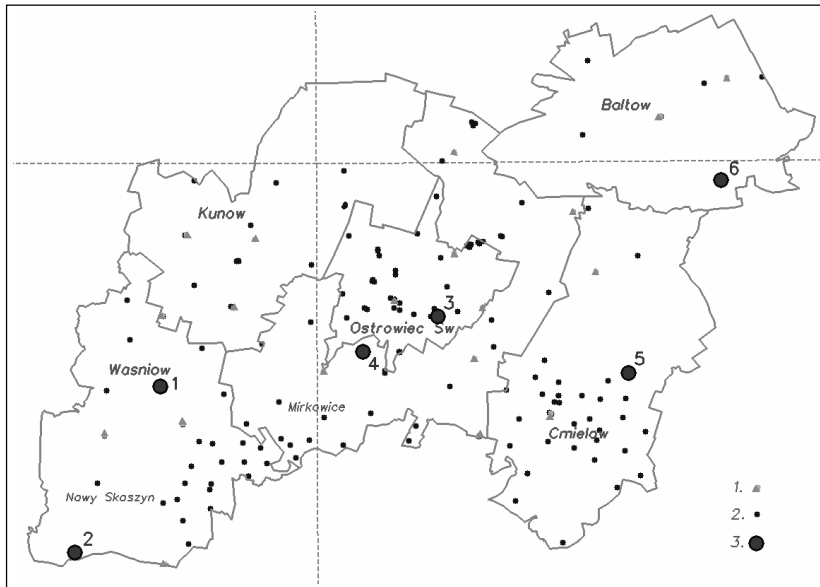
$$V_p = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (1)$$

gdzie: V_x, V_y – odchyłki odpowiednio współrzędnej X i Y .

W ten sposób wytypowano pięć punktów, dla których odchyłki położenia nie przekroczyły 0,5 m (tab. 4). Są nimi trzy punkty obecnej osnowy szczegółowej klasy 2 (kościóły) i dwa punkty osnowy podstawowej klasy 1, w tym jeden punkt sieci POLREF (rys. 2).

Tabela 4. Zidentyfikowane punkty dawnej osnowy triangulacyjnej

Lp.	Punkt z KPT	φ, λ^{KPT} [° ' "]	Punkt osnowy współczesnej	$\varphi, \lambda^{ETRF89}$ [° ' "]	$\Delta\varphi, \Delta\lambda$ [° ' "]
1	Pas 45 Słup 32 19 <i>Waśniów kościół</i>	50 54 06,53 - 9 06 11,93	144410200 <i>Waśniów kościół</i> , kl.2	50 54 00,7122 21 13 17,3444	-0 00 05,82 30 19 29,27
2	Pas 45 Słup 32 35 <i>Góra Szczytniak</i>	50 49 40,05 - 9 09 51,80	144401800 <i>Góra Szczytniak</i> , kl.1	50 49 34,1317 21 09 37,7765	-0 00 05,91 30 19 29,58
3	Pas 45 Słup 33 10 <i>Denków kościół</i>	50 55 58,71 - 8 54 23,23	144281000 <i>Denków kościół</i> , kl.2	50 55 52,9365 21 25 06,4594	-0 00 05,77 30 19 29,69
4	Pas 45 Słup 33 13 <i>Szewna kościół</i>	50 55 01,77 - 8 57 34,77	144430300 <i>Szewna kościół</i> , kl.2	50 54 55,9724 21 21 54,8314	-0 00 05,80 30 19 29,60
5	Pas 45 Słup 33 17 <i>Smyków</i>	50 54 24,95 - 8 46 18,20	144401500 1702-POLREF <i>Podgródzie</i> , kl.1	50 54 19,1687 21 33 12,0173	-0 00 05,78 30 19 30,22
6	Pas 45 Słup 33 2 <i>Wólka Pętkowska</i>	50 59 35,00 - 8 42 16,15	145102000 <i>Dąbrowa</i> , kl.1	50 59 29,4214 21 37 13,8154	-0 00 05,58 30 19 29,97



Rysunek 2. Szkic rozmieszczenia punktów pierwotnej i współczesnej osnowy poziomej; oznaczenia: 1 – punkty pierwotnej osnowy triangulacyjnej z KPT, 2 – punkty współczesnej osnowy poziomej klas 1 i 2, 3 – zidentyfikowane punkty

W transformacji wykonanej dla sześciu punktów (po dołączeniu punktu *P45 S33 Wólka Pętkowska*) maksymalna odchyłka położenia wyniosła 1,8 m (tab. 5). Oprócz wspomnianych sześciu punktów zidentyfikowano jeszcze kilka punktów dawnych sieci triangulacyjnej

Tabela 5. Wyniki transformacji płaskiej i przestrzennej zrealizowane dla zidentyfikowanych punktów

Punkt	V_p [m] w transformacji afinicznej			
	płaskiej XY		przestrzennej XY	
	5 punktów	6 punktów	5 punktów	6 punktów
144410200 (19 <i>Waśniów kościół</i>)	0,17	0,29	0,33	0,35
144401800 (35 <i>Góra Szczytniak</i>)	0,09	1,47	0,15	1,13
144281000 (10 <i>Denków kościół</i>)	0,35	1,20	0,45	1,01
144430300 (13 <i>Szewna kościół</i>)	0,34	1,15	0,26	0,90
1702-POLREF (17 <i>Smyków</i>)	0,10	0,73	0,20	0,58
145102000 (2 <i>Wólka Pętkowska</i>)	–	1,80	–	1,40
Maksymalna V_p	0,35	1,80	0,45	1,40

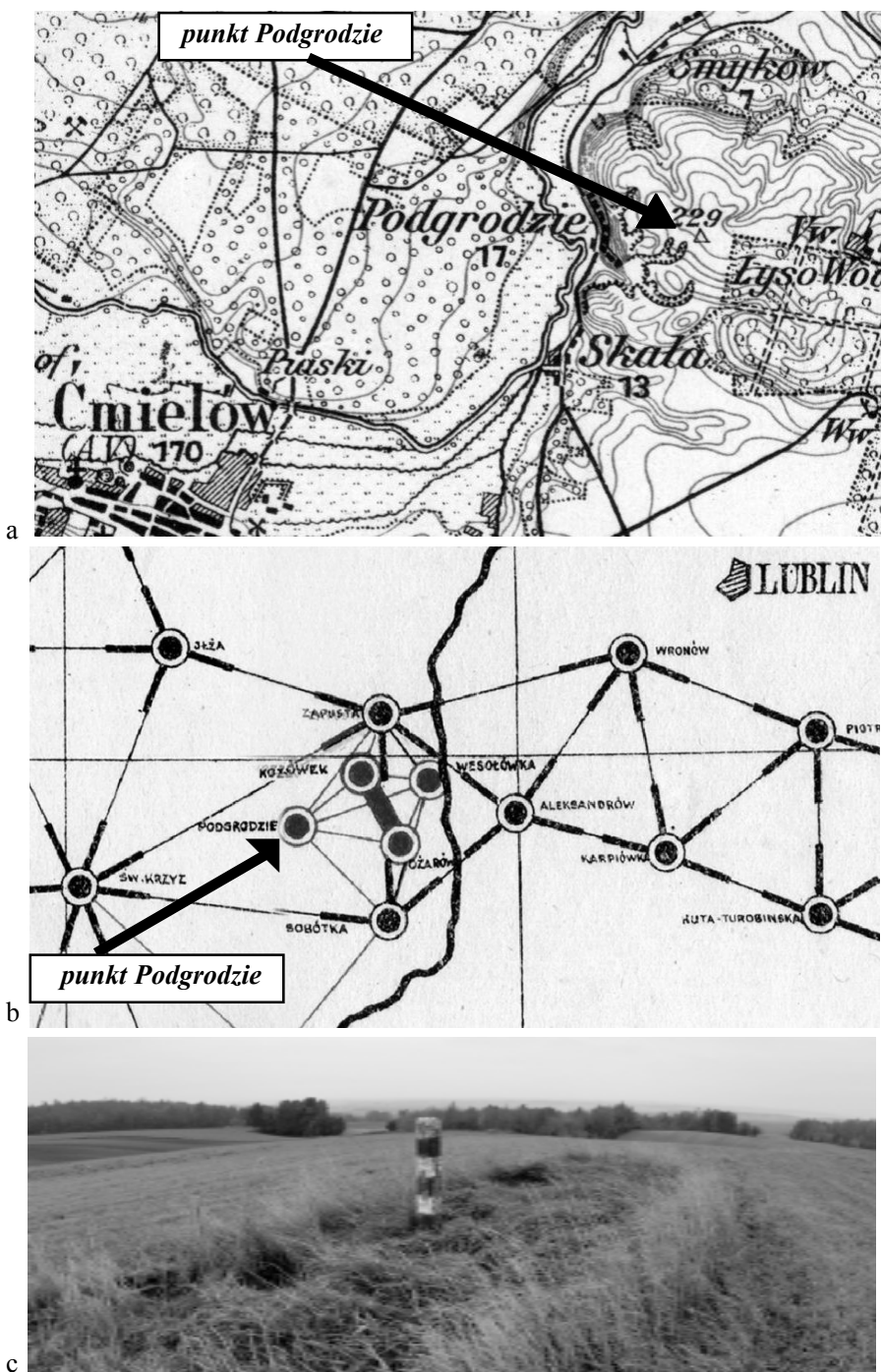
nych, dla których uzyskano odchyłki wpasowania we współczesną osnowę na poziomie kilkunastu metrów.

Wybór transformacji afinicznej do przeliczenia współrzędnych pochodzących z układów odniesienia KPT i ETRF89 okazał się uzasadniony. Zniekształcenia odwzorowawcze dla przeprowadzonej transformacji uzyskane w obu kierunkach głównych były mocno zróżnicowane i zawierały się w zakresie od -47 cm/km do +60 cm/km. Przy tak bardzo różniących się wartościach nie było uzasadnione użycie transformacji z jednym współczynnikiem skali (transformacji Helmerta). W obu przypadkach odwzorowano obszar tej samej wielkości, a południk środkowy odwzorowania przechodził przez środek obszaru. Przyczyną zależności skali od kierunku może być wzajemne nachylenie elipsoid „wyrównywujące” i GRS80, a w mniejszym stopniu również zdecydowanie różniące się ich parametry geometryczne (tab. 1).

Wyniki uzyskane przy zastosowaniu transformacji płaskiej w odniesieniu do pięciu i sześciu punktów, zostały potwierdzone również wynikami transformacji afinicznej XYZ „z bazą ortogonalną”. Ta transformacja realizuje oprócz translacji początku układu XYZ i obrotów osi również niezależne ich skalowanie (Geonet, 2006). Współrzędne X, Y, Z punktów obliczono na podstawie ich współrzędnych elipsoidalnych φ , λ , przyjmując, że w obu układach wysokość elipsoidalna $h = 0$. Dla pięciu zidentyfikowanych punktów uzyskano odchyłki położenia V_p również poniżej 0,5 m (tab. 5). Odchyłki te obliczono na podstawie zależności analogicznej do (1), stosowanej w układach przestrzennych XYZ. W obu transformacjach płaskiej i przestrzennej zrealizowanych dla 6 punktów największą odchyłkę położenia uzyskał punkt *Wólka Pętkowska*.

Spośród zidentyfikowanych punktów na uwagę zasługuje punkt dawnej osnowy triangulacyjnej *Smyków*, obecnie funkcjonujący w sieci POLREF (rys. 3c). Na nim wykonano pomiary kątowe w pierwszej sieci triangulacyjnej tworzonej na ziemiach polskich, jak i pomiary GPS w sieci, tworzonej współcześnie metodami geodezji satelitarnej.

Jest to w związku z tym punkt, który ma najdłuższą historię geodezyjnego wykorzystania. Jego ślady można znaleźć między innymi na starych mapach topograficznych sprzed I wojny światowej (rys. 3a). Punkt ten został wykorzystany między innymi do rozwinięcia bazowego osnowy triangulacyjnej wykonanego w latach 1935-1936 w okolicy Ostrowca Świętokrzyskiego (rys.3b)



Rysunek 3. Punkt geodezyjnej osnowy poziomej Podgrodzie: a – fragment mapy topograficznej *Karte des Westlichen Russlands 1:100 000 J38 Opatow* z 1914 r. (Mapy, 1914), b – fragment szkicu rozwinięcia bazowego sieci triangulacyjnej z 1936 r. (Sieć Triangulacyjna Polski, 1936), c – współczesna stabilizacja punktu w ramach sieci POLREF

Podsumowanie

Analiza dawnych i współczesnych osnów geodezyjnych, przeprowadzona dla obszaru powiatu ostrowieckiego wykazała, że położenie punktów geodezyjnych w wielu przypadkach nie uległo zmianie w ciągu niemal 200 lat. Przykładami są punkty na wieżach kościelnych, ale także punkty naziemne. Identyfikację punktów starych osnów, włączonych do sieci współczesnych, poprzedzała analiza układu, w jakim obliczono ich współrzędne. W jej wyniku ustalono parametry elipsoidy oraz przyjętego w dawnych sieciach układu odniesienia. Identyfikację punktów zrealizowano za pomocą algorytmu składającego się z kilku etapów. Pierwszym z nich była wstępna identyfikacja dawnych punktów, zlokalizowanych na wieżach kościołów. Kolejnym etapem było obliczenie przybliżonych różnic współrzędnych elipsoidalnych między dawnym i współczesnym układem geodezyjnym oraz redukcja współrzędnych elipsoidalnych do układu ETRF89. Końcowym etapem było wpasowanie współrzędnych z dawnego i współczesnego układu geodezyjnego, wykonane za pomocą lokalnej transformacji współrzędnych na płaszczyźnie i kontrolnie za pomocą transformacji afinicznej przestrzennej. Uzyskane w transformacji maksymalne odchyłki położenia nie przekroczyły 0,5 m w przypadku 5 zidentyfikowanych punktów i 1,5 m w przypadku 6 punktów, niezależnie od rodzaju zastosowanej transformacji. Osiągnięte wyniki wskazują, że zidentyfikowane punkty dawnych sieci triangulacyjnych nie zmieniły swojego położenia od początku ich stabilizacji, czyli od I połowy XIX wieku i nadal służą jako punkty współczesnej geodezyjnej, poziomej osnowy podstawowej lub szczegółowej. Wśród zidentyfikowanych punktów geodezyjnych znalazł się punkt w Podgrodziu, którego historia obejmuje dwie epoki pomiarów geodezyjnych – triangulacji i pomiarów GPS.

Zaprezentowana powyżej metoda identyfikacji punktów dawnych osnów geodezyjnych może być wykorzystana w innych rejonach kraju, dla których istnieją podobne dane geodezyjne. Ze względu na niską dokładność dawnych sieci triangulacyjnych oraz ich niejednorodność, powyższą metodę należałoby stosować lokalnie, na ograniczonym obszarze. Dzięki temu, w ostatnim etapie identyfikacji polegającym na wpasowaniu współrzędnych za pomocą transformacji, łatwiej będzie wykryć te punkty dawnych sieci triangulacyjnych, których pierwotna stabilizacja terenowa uległa zmianie.

Literatura (References)

- Barasz J., 1937: Sieci triangulacyjne m. Lwowa (Triangulation networks of the city of Lviv). *Przegląd Mierniczy* r. 14, n. 4: 69-74, Warszawa.
- Czarnecki S., 1928: Rosyjskie triangulacje I rzędu (The Russian triangulations of the 1st order). *Wiadomości Służby Geograficznej* nr 1: 74-85, WIG, Warszawa.
- GEONET 2006 – system geodezyjny, 2006: Opis funkcjonalny i instrukcja obsługi (GEONET 2006 – the surveying system. Functional description and the user's instruction). Algoros-Soft, Rzeszów.
- Instrukcja, 1907: Instruktion zur Auführung der Vermessungen mit Anwendung des Mesztisches – Grundsteuerkatasters (The technical instruction G-1, The horizontal control). Verlag des K.K.Lithographischen Institutes des Grundsteuerkatasters, Wien.
- Instrukcja, 1986: Instrukcja techniczna G-1, Pozioma osnowa geodezyjna. (The technical instruction G-1, The horizontal control) Wyd. czwarte, GUGiK, Warszawa.
- Katalog Map WIG, 1934: (The catalogue of the WiG maps), http://www.mapywig.org/m_documents/PL/KATALOG_MAP_WIG_1934.pdf
- Katalog wysokości reperów polskiej podstawowej sieci niwelacyjnej nad poziomem morza w Amsterdamie, 1939: (The catalogue of elevations above the Amsterdam sea level of bench marks of the basic Polish levelling network). Ministerstwo Komunikacji, Warszawa. http://polski.mapywig.org/viewpage.php?page_id=18

- Mapy, 1914: Karte des Westlichen Russlands 1:100 000 J38 Opatow, Mapster.
<http://igrek.amzp.pl/details.php?id=16696>
- Michałowski J., Sikorski T., 1932: Katalog punktów trygonometrycznych (The catalogue of trigonometric points). Biblioteka Służby Geograficznej, t. 8, Warszawa.
- Murzewski W., 1936: Rozwój triangulacji na południu Polski (Development of triangulation in Southern Poland). *Wiadomości Służby Geograficznej* r. 10, z. 1-2: 208-238, WIG, Warszawa.
- Przegląd, 1850-1906: Uebersicht der TRIANGULIERUNGSGARBEITEN 1850-1906.
http://polski.mapywig.org/viewpage.php?page_id=43
- Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 14 lutego 2012 r. w sprawie osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych (The Decree of the Minister of Administration and Digitisation of February 14, 2012 on geodetic, gravimetric and magnetic control networks). Dz.U. 2012 poz. 352.
- Sieć Triangulacyjna Polski, skala 1:2 000 000 (The triangulation network of Poland, 1: 2 000 000 scale), 1936:
http://polski.mapywig.org/viewpage.php?page_id=29
- Słomczyński J., 1932: Uzgodnienia systemów triangulacji na obszarze Polski (Harmonization of triangulation systems in Poland). *Wiadomości Służby Geograficznej* r. 6, z. 3, WIG, Warszawa.
- Słomczyński J., 1933: Uzgodnienia systemów triangulacji na obszarze Polski (Harmonization of triangulation systems in Poland). *Wiadomości Służby Geograficznej* r. 7, z. 4, WIG, Warszawa.

Streszczenie

Współczesną podstawową poziomą osnowę geodezyjną w Polsce tworzą punkty, których położenie w europejskim układzie odniesienia wyznaczono technikami satelitarnymi GNSS. Wcześniej funkcjonujące osnowy poziome były tworzone, począwszy od połowy XIX wieku, za pomocą pomiarów kątowych i liniowych w sieciach triangulacyjnych. Mimo olbrzymich różnic jakie dzielą dawne osnowy od obecnych, warto zauważyć, że część punktów współczesnej osnowy poziomej stanowią punkty osnów wcześniej założonych. Punkty te charakteryzuje wieloletnia ciągłość ich geodezyjnego wykorzystania. Niniejsze opracowanie jest próbą przedstawienia sposobu identyfikacji takich punktów, zrealizowaną na przykładzie obszaru powiatu ostrowieckiego. Analiza dawnych i współczesnych osnów geodezyjnych wykazała, że położenie punktów geodezyjnych w kilku przypadkach nie uległo zmianie od początku ich istnienia. Do takich punktów należą punkty na wieżach kościelnych, jak też niektóre punkty naziemne.

Identyfikację punktów zrealizowano w trzech etapach, poprzez przybliżoną identyfikację topograficzną, redukcję współrzędnych elipsoidalnych z układu dawnej elipsoidy odniesienia do układu ETRF89, transformację współrzędnych Gaussa-Krügera, oraz kontrolnie transformację współrzędnych XYZ. Dzięki temu na obszarze powiatu ostrowieckiego udało się zidentyfikować pięć punktów dawnej sieci triangulacyjnych, które nie zmieniły swojego położenia przez prawie 200 lat. Wśród zidentyfikowanych punktów jest punkt włączony do sieci POLREF, jednej z pierwszych polskich sieci geodezyjnych mierzonych techniką satelitarną.

Zaprezentowana w artykule metoda identyfikacji punktów dawnych osnów geodezyjnych może być wykorzystana w innych rejonach kraju, dla których istnieją podobne dane geodezyjne.

Abstract

The contemporary basic horizontal geodetic network in Poland consist of points whose positions in the European reference system has been set with the use of GNSS satellite techniques. Previous horizontal networks (starting from the mid-nineteenth century) were created using angular and linear measurements in triangulation networks. Despite the great differences between the former and the present networks, it is worth noting that some points of modern networks the latter are the points of previously established networks. These points are characterized by a long-term continuity of geodetic use.

This study is an attempt to present ways of identification of such points. It is presented using the example of the Ostrowiec county. The analysis of old and new geodetic networks showed that in several cases positions of geodetic points had not changed since the beginning of their existence. These points are usually located on church towers but also some of them are mounted on the ground.

Points were identified in three steps: by an approximate topographical identification, reduction of ellipsoidal coordinates from the former reference ellipsoid to the ETRF'89, Gauss-Krüger x, y coordinate transformation and XYZ coordinate transformation as a control. As a result, it was possible to identify five points of the former triangulation network in the the Ostrowiec county which positions have not changed for almost 200 years. One of them is included in the POLREF network, being one of the first Polish geodetic networks measured by satellite technology. The method of identification of points of former geodetic control networks presented in this paper may be utilised in other areas where similar geodetic data exists.

Dane autorów / Authors details:

dr hab. inż. Piotr Banasik, prof. AGH
<https://orcid.org/0000-0002-3604-4019>
pbanasik@agh.edu.pl

dr inż. Kazimierz Bujakowski
<https://orcid.org/0000-0001-8905-1389>
bujakows@agh.edu.pl

Przesłano / Received 9.12.2016

Zaakceptowano / Accepted 17.01.2017

Opublikowano / Published 30.03.2017