

Zbigniew Siejka

**OCENA FAKTYCZNEJ DOKŁADNOŚCI WYZNACZENIA
WSPÓLRZĘDNYCH PUNKTÓW GEODEZYJNYCH
W TRYBIE *POSTPROCESSINGU* Z ZASTOSOWANIEM
SERWISÓW POZGEO I POZGEO-D**

***EVALUATION OF THE ACTUAL ACCURACY
OF GEODETIC POINT COORDINATES TRACING
IN THE POSTPROCESSING MODE BY MEANS
OF THE POZGEO AND POZGEO-D SERVICES***

Streszczenie

W pracy przedstawiono nową koncepcję realizacji geodezyjnych sieci kontrolno-pomiarowych w dwuwariantowym rozwiązaniu z wykorzystaniem aktywnej sieci geodezyjnej ASG-EUPOS. Przedmiotowa sieć założona została w rejonie oddziaływań górniczych na terenie miasta Jastrzębie Zdrój. Punkty rozmieszczone były na długości 7070 m i tworzyły klasyczną osnowę liniową. Zaproponowana koncepcja pomiaru oraz warianty opracowania obserwacji umożliwiły uzyskanie średnich dokładności wyznaczenia współrzędnych po wyrównaniu na poziomie: 4,2–4,9 mm w wariantcie pierwszym oraz 1,2–1,5 mm dla alternatywnego wariantu opracowania. Ważną zaletą zaproponowanej koncepcji zakładania osnów geodezyjnych oprócz wysokich parametrów dokładnościowych wyznaczenia współrzędnych jest praktyczna możliwość dowiązania się poprzez powszechną i nieodpłatną dostępność sieci ASG-EUPOS dla codziennej praktyki pomiarowej.

Słowa kluczowe: GPS, wyrównanie sieci, POZGEO, POZGEO-D

Summary

The project presents a new concept of developing geodetic control and measurement networks on the basis of a double option solution which employs ASG-EUPOS active geodetic network. The concerned network has been established in the area affected by mining activities, within the territory of the city of

Jastrzębie Zdrój. Points were distributed over the distance of 7070 m and formed a typical linear network. The proposed concept of measurement and observation development options made it possible to obtain average accuracy of the coordinates after levelling at 4,2 – 4,9 mm (option one) and 1,2 – 1,5 mm (the alternative option of the solution). Apart from the high accuracy of coordinate tracing, the proposed concept of setting up geodetic networks also offers another important advantage: a practical ability to get networked via the ASG-EUPOS network which is available on common basis and free of charge for the daily measurement activities.

Key words: GPS, adjustment network, POZGEO, POZGEO-D

WSTĘP

Podstawowe sieci geodezyjne są najważniejszym ogniwem w technologicznym procesie geodezyjnym, ponieważ stanowią podstawę wszelkich pomiarów wykonywanych dla realizacji konkretnych celów gospodarczych oraz zapewniają podstawową informację dla systemów informacji danych o nieruchomościach. We współczesnym świecie w sposób pośredni odgrywają bardzo istotną rolę dla prawidłowej egzystencji gospodarki narodowej i funkcjonowania wielu społeczeństw.

W pracy podjęto próbę oceny rzeczywistej dokładności wyznaczenia współrzędnych punktów geodezyjnych opartych na wykorzystaniu globalnego systemu pozycyjnego GPS (*Global Positioning System*) [Seeber 1993], wspomaganego poprzez naziemny wielofunkcyjny system precyzyjnego pozycjonowania ASG-EUPOS. Badania wykonano na podstawie obserwacji statycznych opracowywanych w trybie *postprocessingu* za pomocą serwisów POZGEO i POZGEO-D pod kątem ewentualnego ich wykorzystania do wyznaczania precyzyjnych współrzędnych w sieciach realizacyjnych i kontrolnych.

MATERIAŁ I METODY

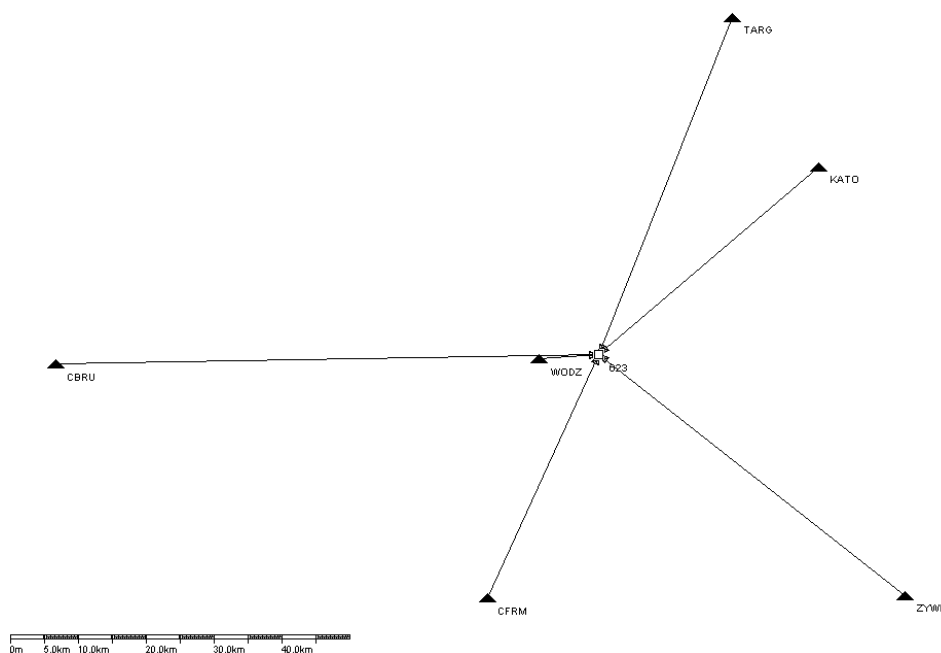
Pomiary testowe przeprowadzono na rzeczywistej osnowie geodezyjnej złożonej z 8 punktów. Osnowa ta stanowiła podstawową sieć kontrolno-pomiarową do wyznaczania przemieszczeń terenu w rejonie oddziaływań górniczych na terenie miasta Jastrzębie Zdrój. Punkty rozmieszczone były na długości 7070 m i tworzyły klasyczną osnowę liniową. Pomiary wykonane zostały zgodnie z założeniami projektu Wytocznych Technicznych G-1.12 przy wykorzystaniu 8 dwuczęstotliwościowych odbiorników sygnałów satelitarnych GNSS. Były to odbiorniki firmy Trimble: 2 odbiorniki R6, 4 odbiorniki R8 GNSS i 2 odbiorniki serii 4700 z antenami Micro-centerd L1/L2.

Obserwacje satelitarne wykonano podczas jednej sesji pomiarowej, zakładając dwugodzinne czasy obserwacji na każdym z wyznaczanych punktów.

W rzeczywistości najkrótsza sesja pomiarowa trwała 2,5 godziny, a najdłuższa 3,5 godziny. Obserwacje wykonano z interwałem rejestracji danych 5 sekund przy kącie obciążenia horyzontu 10° .

Opracowanie wyników wykonano w dwóch zasadniczych wariantach. Pierwszy wariant polegał na opracowaniu obserwacji przy wykorzystaniu serwisu POZGEO. Sprowadzał się do przesyłania obserwacji z poszczególnych odbiorników w uniwersalnym formacie Rinex na serwer systemu ASG-EUPOS.

Wyrównanie dla każdego z 8 wyznaczanych punktów zostało wykonane niezależnie w nawiązaniu do 6 najbliższych stacji referencyjnych (rys. 1). Były to 4 stacje polskie systemu (KATO, WODZ, TARG, ZYWI) oraz 2 stacje czeskie systemu CZEPOS (CFRM – Frydek Mistek i CBRU – Bruntal). W obliczeniach wykorzystano moduł automatycznego *postprocessingu* APPS [Kadaj, Świetoń 2008], do obliczeń wykorzystane zostały orbity przybliżone RAPID. System wyznaczył współrzędne wszystkich pomierzonych punktów i wygenerował raporty z obliczeń.



Rysunek 1. Rozmieszczenie punktów nawiązania sieci ASG-EUPOS w stosunku do punktu wyznaczanego.

Figure 1. Distribution of the ASG-EUPOS network reference points with reference to the traced point

WYNIKI

Na podstawie uzyskanych raportów z systemu ASG-EUPOS sporządzono tabelę 1, która przedstawia wyniki w postaci wyrównanych współrzędnych wraz z błędami średnimi ich wyznaczenia.

Tabela 1. Wyrównane współrzędne punktów wraz z błędami średnimi, uzyskane na podstawie serwisu POZGEO

Table1. Adjustment points coordinates together with average errors, obtained by means of the POZGEO service

Nr pkt. Point number	Współrzędne kartezjańskie WGS-84 Cartesian coordinates WGS-84					
	X [m]	m _x [m]	Y [m]	m _y [m]	Z [m]	m _z [m]
623	3891567,625	0,0051	1309699,970	0,0059	4864746,192	0,0047
D2	3896999,247	0,0047	1307056,325	0,0049	4861072,462	0,0045
L123	3894890,052	0,0042	1308420,518	0,0046	4862409,282	0,0040
L38	3892612,204	0,0042	1309312,406	0,0048	4864014,510	0,0040
L68	3893383,209	0,0043	1308921,808	0,0048	4863470,957	0,0041
P149	3895574,853	0,0040	1308048,527	0,0045	4861934,952	0,0038
P180	3896317,525	0,0044	1307576,189	0,0049	4861476,772	0,0040
P97	3894194,173	0,0044	1308614,740	0,0049	4862902,782	0,0042
MIN		0,0040		0,0045		0,0038
MAX		0,0051		0,0059		0,0047
SRED		0,0044		0,0049		0,0042
δ		0,0003		0,0004		0,0003

W celu kontroli uzyskanych wyników przeprowadzono alternatywne autonomiczne wyrównanie obserwacji jako sieci jednorzędowej, w której wszystkie punkty podlegały jednoczesnemu wspólnemu wyrównaniu w nawiązaniu do stacji referencyjnych jako podstawowej osnowy państwowej. Zrealizowane ono zostało w dwóch etapach.

W pierwszym etapie przeprowadzono tzw. swobodne wyrównanie w nawiązaniu do jednego punktu pseudo-referencyjnego **P97**, którego współrzędne przyjęto z rozwiązania nawigacyjnego. Było to wyrównanie kontrolne, którego podstawowym celem było sprawdzenie wewnętrznej zgodności uzyskanych wyników pomiarów, bez ewentualnego obciążania ich błędnością punktów nawiązania lub błędnością obserwacji na tych punktach. Na tym etapie opracowania sieci wyeliminowano 3 wektory odstające, uzyskując dokładność wyrównania na poziomie: 1,0–1,3 mm.

W drugim etapie przystąpiono do wykonania własnych opracowań sieci w pełnym nawiązaniu do stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS. W tym celu za pomocą strony www poprzez serwis POZGEO-D pobrano obserwacje pokrywające się z czasem pomiarów na punktach wyznaczonych z fizycznych

stacji referencyjnych znajdujących się najbliżej realizowanego obiektu – były to stacje: WODZ, KATO, TARG, ZYWI. Opracowania dokonano za pomocą firmowego oprogramowania Trimble Total Control ver. 2.73 przy wykorzystaniu orbit przybliżonych RAPID oraz modeli absolutnych anten skalibrowanych według standardu IGS. Wyrównane współrzędne kartezjańskie zestawiono w tabeli 2 wraz z błędami średnimi ich wyznaczenia.

Tabela 2. Wyrównane współrzędne punktów wraz z błędami średnimi, uzyskane na podstawie autonomicznych rozwiązań z wykorzystaniem serwisu POZGEO-D

Table 2. Adjustment points coordinates together with average errors, obtained by means of a autonomous solution with the use of the POZGEO-D service

Nr pkt. Point number	Współrzędne kartezjańskie WGS-84 Cartesian coordinates WGS-84					
	X [m]	m_x [m]	Y [m]	m_y [m]	Z [m]	m_z [m]
623	3891567,659	0,0016	1309699,967	0,0014	4864746,230	0,0017
D2	3896999,279	0,0014	1307056,334	0,0012	4861072,493	0,0015
L123	3894890,022	0,0013	1308420,506	0,0011	4862409,243	0,0014
L38	3892612,181	0,0013	1309312,411	0,0012	4864014,472	0,0015
L68	3893383,193	0,0013	1308921,808	0,0011	4863470,928	0,0014
P149	3895574,829	0,0013	1308048,529	0,0012	4861934,927	0,0014
P180	3896317,503	0,0014	1307576,170	0,0012	4861476,733	0,0015
P97	3894194,153	0,0013	1308614,747	0,0011	4862902,752	0,0014
MIN		0,0013		0,0011		0,0014
MAX		0,0016		0,0014		0,0017
SRED		0,0014		0,0012		0,0015
δ		0,0001		0,00001		0,0001

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki opracowań obserwacji oceniane według wartości błędu średniego wyznaczanych współrzędnych w obydwu przypadkach charakteryzują się wysoką precyzją ich wyznaczenia. Stosując bardziej szczegółową analizę podjęto próbę określenia ilościowego ujęcia związków pomiędzy błędami średnimi wyznaczonych współrzędnych (m_x , m_y , m_z) a czasem obserwacji na punkcie wyznaczanym i wartością parametru rozmycia pozycji PDOP. Do analizy zastosowano metodę regresji wielorakiej. Na podstawie uzyskanych wyników oszacowano modele numeryczne objaśniające zmienność błędów współrzędnych (m_x , m_y , m_z) w zależności od czasu pomiaru t oraz wartości współczynnika PDOP [Lamparski 2001].

Otrzymane modele dla opracowań z serwisu POZGEO można zapisać w poniższej postaci:

$$m_x = 2,30 - 0,46t + 0,36PDOP \quad (1)$$

$$m_y = 2,20 - 0,51t + 0,57PDOP \quad (2)$$

$$m_z = 2,56 - 0,38t + 0,23PDOP \quad (3)$$

Natomiast dla opracowań autonomicznych z wykorzystaniem serwisu POZGEO-D otrzymano modele w następującej postaci:

$$m_x = 1,17 - 0,07t + 0,05PDOP \quad (4)$$

$$m_y = 1,02 - 0,04t + 0,01PDOP \quad (5)$$

$$m_z = 1,19 - 0,07t + 0,01PDOP \quad (6)$$

gdzie:

m_x, m_y, m_z – oznaczają błędy średnie współrzędnych oszacowane na podstawie otrzymanego modelu,

t – oznacza czas mierzony w godzinach,

$PDOP$ – błąd rozmycia dokładności pozycji.

WNIOSKI

Uzyskane wyniki badań pozwalają na stwierdzenie, że wydłużenie czasu pomiaru powoduje zmniejszenie błędów średnich wyznaczanych współrzędnych, natomiast wzrost współczynnika PDOP powoduje ich zwiększenie. Ponadto charakter współzmienności sugeruje możliwość zależności liniowej.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że oszacowane modele dla opracowań z serwisu POZGEO pozwalają wyjaśnić około:

- 81% zmienności dla oryginalnej zmiennej m_x
- 62% zmienności dla oryginalnej zmiennej m_y ,
- 70% zmienności dla oryginalnej zmiennej m_z

przy przeciętnym błędzie estymacji: 0,2 mm.

Natomiast zbudowane w drugim etapie modele oparte na rozwiązaniach autonomicznych z wykorzystaniem serwisu POZGEO-D pozwalają wyjaśnić około:

- 59% zmienności dla oryginalnej zmiennej m_x
- 52% zmienności dla oryginalnej zmiennej m_y ,
- 61% zmienności dla oryginalnej zmiennej m_z

przy standardowym błędzie estymacji 0,1 mm.

Powyższe wyniki badań nie upoważniają nas jeszcze do stwierdzenia jakie ostatecznie występują związki i interakcje pomiędzy błędami średnimi wyznaczanych współrzędnych na podstawie serwisów POZGEO i POZGEO-D, ale mogą stanowić przyczynek do badań w tym kierunku.

BIBLIOGRAFIA

- Kadaj R., Świętoń T. *Algorytm i oprogramowanie modułu automatycznego postprocessingu (APPS) w polskim systemie satelitarnych stacji referencyjnych (ASG-EUPOS)*. Politechnika Rzeszowska 2008.
- Lamparski J. *Navstar GPS od teorii do praktyki*. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn 2001.
- Seeber G. *Satellite geodesy*. Walter de Gruyter, Berlin–New York 1993.

Dr inż. Zbigniew Siejka
Katedra Geodezji
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 253a
30-190 Kraków
e-mail: rmsiejka@cyf-kr.edu.pl
telefon: +4812 662 45 10

Recenzent: *Prof. dr hab. Zbigniew Piasek*