

PROPOZYCJA METODYKI WYZNACZENIA WSPÓLRZĘDNYCH PERMANENTNEJ STACJI REFERENCYJNEJ W SYSTEMIE ASG-EUPOS

Z. Siejka

University of Agriculture in Krakow, Department of Land Surveying

Słowa kluczowe: GNSS, stacja referencyjna, postprocessing

Wprowadzenie

Podstawowe osnowy geodezyjne o zasięgu narodowym zapewniają stosowanie jednolitych państwowych systemów odniesień przestrzennych. Służą do celów naukowych, nawiązywania i wyrównywania osnów szczegółowych, a także zadań związanych z obronnością kraju. Gwarantują tym samym jednolitość i wysoki standard jakościowy prac geodezyjnych i kartograficznych, w sensie technologicznym według naczelną zasady obowiązującej w geodezji, od ogółu do szczegółu. Tryb zakładania i utrzymania podstawowych osnów geodezyjnych w różnych krajach jest zorganizowany odmiennie. W Polsce podstawowa osnowa geodezyjna dzieli się na:

- osnowę podstawową fundamentalną
- osnowę podstawową bazową.

Podstawowe osnowy fundamentalne zgodnie z najnowszym rozporządzeniem Ministra Administracji i Cyfryzacji „w sprawie osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych” zaliczone zostały do najwyższej, 1-szej klasy dokładnościowej. Średnie zagęszczenie punktów fundamentalnej osnowy poziomej wynosi 1 punkt na 20000 km². Natomiast zagęszczenie osnowy podstawowej bazowej zaliczonej do 2-giej klasy wynosi przeciętnie 1 punkt na 50 km². Podstawowe osnowy geodezyjne w Polsce w syntetycznym ujęciu jakościowym i ilościowym przedstawiono w tabelach 1 i 2 [3].

Tabela 1

Podstawowa osnowa pozioma

Klasa	Liczba punktów	Rodzaj sieci
1	15	ASG-EUPOS (EPN)
2	7062	ASG-EUPOS, EUREF, POLREF, EUVN, I klasa
Razem	7077	1 pkt / 44,1 km ²

Tabela 2

Podstawowa osnowa wysokościowa

Klasa	Liczba punktów	Rodzaj sieci
1	10	EUVN (punkty główne, 10 fundamentalnych punktów EUVN na obszarze Polski służących, jako punkty nawiązania)
2	41867	EUVN, ASG-EUPOS, I i II klasa
Razem	41877	1 pkt / 7,4 km ²

Państwowy system odniesień przestrzennych w Polsce

Państwowy system odniesień przestrzennych stosuje się w pracach geodezyjnych i kartograficznych oraz przy budowaniu baz zbiorów danych przestrzennych i tworzą go:

1) geodezyjne układy odniesienia oznaczone symbolami PL-ETRF2000 i PL-ETRF89, będące matematyczną i

fizyczną realizacją europejskiego ziemskiego systemu odniesienia ETRS89;

2) układy wysokościowe oznaczone symbolami PL-KRON86-NH i PL-EVRF2007-NH, które stanowią matematyczną i fizyczną realizację europejskiego ziemskiego systemu wysokościowego EVRS;

3) układy współrzędnych geocentrycznych kartezjańskich oznaczone symbolem XYZ, geocentrycznych geodezyjnych oznaczone symbolem GRS80h oraz geodezyjnych oznaczone symbolem GRS80H;

4) układy współrzędnych płaskich prostokątnych oznaczone symbolami: PL-LAEA, PL-LCC, PL-UTM, PL-1992, PL-2000 [4].

Punkty stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS stanowią zagęszczenie europejskiej sieci EPN, która realizuje system współrzędnych ETRS89 i jednocześnie realizują ogólnopolski, jednolity system odniesień przestrzennych. Na terenie naszego kraju 15 stacji włączonych jest do sieci EPN (European Permanent Network) i stanowi osnowę fundamentalną. Punkty te przenoszą na teren Polski system ETRS89, którego realizacją jest aktualnie układ odniesienia PL-ETRF2000 na epokę 2011, punkty te są w przybliżeniu równomiernie rozmieszczone na terenie całego kraju (rys. 1).

Zakładanie nowych punktów bazowej osnowy poziomej

Nowe punkty bazowej osnowy poziomej zakłada się przy wykorzystaniu techniki GNSS w nawiązaniu do punktów fundamentalnej osnowy poziomej.

Dla każdego punktu podstawowej bazowej osnowy poziomej (rys. 2) zakłada się jeden lub dwa punkty ekscentryczne położone w odległości 0,2–1,0 km od punktu macierzystego. Stabilizację punktów wykonuje się przy użyciu znaków geodezyjnych umożliwiających wykonanie pomiarów niwelacyjnych i grawimetrycznych.

Przy planowaniu kampanii pomiarowej na punktach podstawowej osnowy poziomej należy:

- zapewnić dowiązanie punktów oraz ich punktów ekscentrycznych do punktów podstawowej osnowy wysokościowej oraz możliwość wykonania pomiarów grawimetrycznych [2],

- zaplanować włączenie do opracowania obserwacji wykonanych na wybranych stacjach EPN położonych poza granicami kraju.

Pomiary podstawowej poziomej osnowy geodezyjnej należy wykonywać, co najmniej dwusystemowymi, dwuczęstotliwościowymi odbiornikami satelitarnymi GNSS. Obserwacje na punktach bazowej osnowy poziomej muszą być wykonywane nieprzerwanie w minimum dwóch niezależnych sesjach obserwacyjnych, a ich łączny czas nie powinien być krótszy niż dwie doby.

Podczas opracowania wyników obserwacji GNSS należy zapewnić możliwość:

- korzystania z precyzyjnych elementów orbit z poprawką zegara satelity,
- modelowania troposfery i jonosfery poprzez stosowanie aktualnych modeli i zalecanych przez EPN/IGS lub ich wyznaczenie,
- kontroli zamknięcia figur utworzonych z niezależnych wektorów,
- porównania uzyskanych wyników z wartościami wyznaczonymi niezależnie w ramach innych kampanii obserwacyjnych lub przy wykorzystaniu innych technik pomiarowych.

Realizacja stacji referencyjnej NWT1 w Nowym Targu

Stację referencyjną NWT1 w Nowym Targu zrealizowano jako stację klasy **B** według kryteriów określonych w „Guidelines for EUREF densifications” [1]. Stacja NWT1 zgodnie z urzędową klasyfikacją osnów w Polsce została punktem podstawowej bazowej osnowy poziomej 2 klasy i punktem szczegółowej bazowej osnowy wysokościowej 2 klasy. Stacja otrzymała kod **NWT1** oraz numer: **408935100** jako punkt podstawowej bazowej osnowy poziomej 2 klasy. Numer punktu nadany został oddzielnie przez Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie.

Lokalizacja stacji spełniła następujące wymagania:

- zapewniona została dobra widoczność satelitów dla całego horyzontu powyżej wysokości 5° ,
- stabilność mocowania anteny stacji zapewniono poprzez jej instalację na specjalnym maszcie zamocowanym do komina (rys. 1),
- w miejscu instalacji nie stwierdzono zakłóceń elektromagnetycznych i odbić sygnałów,
- odległość anteny od najbliższych elementów stałych (powierzchni komina) wyniosła 0.6 m.

Ekscentry stacji

Stacja NWT1 zabezpieczona została przez dwa naziemne ekscentry, zastabilizowane w ten sposób, że: na EXC1 możliwe było wykonanie pomiarów wysokościowych i grawimetrycznych natomiast na EXC2 jednoznaczne wykonanie pomiarów GNSS 3D. Sytuacyjne rozmieszczenie punktów ekscentrycznych względem punktu macierzystego NWT1 przedstawiono na rys. 3.

Nawiązanie stacji NWT1

Pomiary współrzędnych stacji **NWT1 o nr 408935100** oraz punktów ekscentrycznych (**EXC1 o nr 408935101** i **EXC2 o nr 408935102**) wykonano zgodnie z projektem w nawiązaniu do 10 punktów podstawowej, fundamentalnej osnowy geodezyjnej (stacji referencyjnych pracujących w sieci **EPN**) w tym sześciu stacji krajowych:

- **JOZ2** – stacji referencyjnej zlokalizowanej w Józefosławiu,
- **KATO** – stacji referencyjnej zlokalizowanej w Katowicach,
- **KRA1** – stacji referencyjnej zlokalizowanej w Krakowie,
- **USDL** – stacji referencyjnej zlokalizowanej w Ustrzykach Dolnych,
- **WROC** – stacji referencyjnej zlokalizowanej we Wrocławiu,
- **ZYWI** – stacji referencyjnej zlokalizowanej w Żywcu.

Oraz czterech stacji zagranicznych:

- **GANP** (Ganovce – Słowacja),
- **GRAZ** (Graz – Austria),
- **SULP** (Lwów – Ukraina),
- **WTZR** (Bad Koetzing – Niemcy).

Pomiary na punkcie głównym (stacji referencyjnej **NWT1**) oraz punktach ekscentrycznych **EXC1** oraz **EXC2** przeprowadzono w trakcie jednej kampanii pomiarowej w dniach **20. 11. 2013** od godz. **7:00:00** do **22. 11. 2013** godz. **8:38:38**. Obserwacje wykonano w interwale **1s**, przy elewacji 5° i minimalnej liczbie obserwowanych satelitów **5**.

Na stacji referencyjnej **NWT1** zainstalowano odbiornik **Trimble NetR9 P/N 97503-10 S/N 5103K73204**, z anteną **Zephyr Geodetic model 2 P/N 58295-00 S/N 1441043012**, wyposażoną w osłonę przeciwsłoneczną P/N 46291-00.

Na punkcie **EXC1** o numerze: **408935101** wykorzystano do pomiaru zintegrowany z anteną odbiornik **Trimble R8 GNSS, Model 3, nr. seryjny: 5108461861**. Natomiast na **EXC2** o numerze: **408935102** wykorzystano zintegrowany z anteną odbiornik **Trimble SPS882, nr. seryjny: 5152479582**.

Obserwacje dla zagranicznych punktów nawiązania, pobrano z serwisu EUREF Permanent Network, natomiast dla stacji polskich z systemu ASG-EUPOS poprzez serwis POZGEO-D. Przed przystąpieniem do ostatecznego opracowania wszystkie obserwacje skontrolowano pod względem występowania ewentualnych błędów za pomocą aplikacji **TEQC Editor** służącej do kontroli jakości obserwacji GNSS i usuwania ewentualnych błędów. Przy opracowaniu (postprocessingu) wyników obserwacji GNSS wykorzystano:

- precyzyjne elementy orbit z poprawką zegara satelity „IGS Final Orbits”,
- modele jonosfery i troposfery zalecane przez EPN/IGS,
- wykonano kontrolę zamknięcia figur (trójkątów) utworzonych z niezależnych wektorów.

Obliczenia i analiza wyników

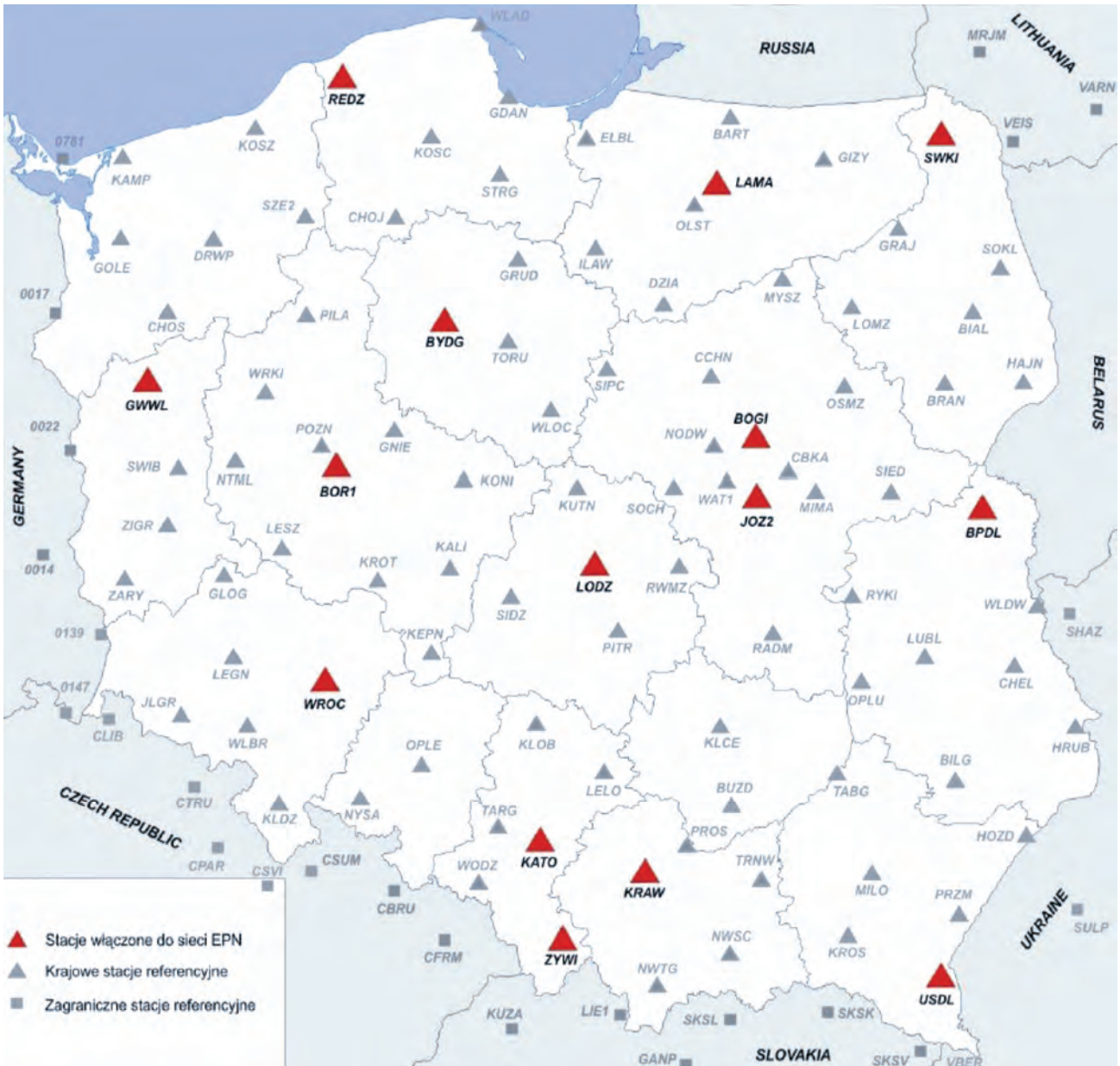
W pierwszym etapie opracowania, obserwacje z kampanii pomiarowej podzielono na **8** sesji tak, aby maksymalny czas sesji dla opracowywanego wektora nie przekroczył **7h**. Postprocessing wektorów **GNSS** zrealizowano za pomocą programu **Trimble Business Center v3.10**. W opracowaniu wykorzystano orbity precyzyjne IGS Final Orbits. Na końcu skontrolowano jakość uzyskanych wektorów przestrzennych wykonując kontrolę zamknięcia figur.

W drugim etapie dokonano wyrównania swobodnego uzyskanych pseudoobserwacji (wektorów) dla każdej sesji niezależnie za pomocą programu **Trimble Business Center v3.10**. Jako wynik ostateczny przyjęto średnie wartości współrzędnych oraz empiryczne wartości błędów średnich wyznaczonych z odchyłek.

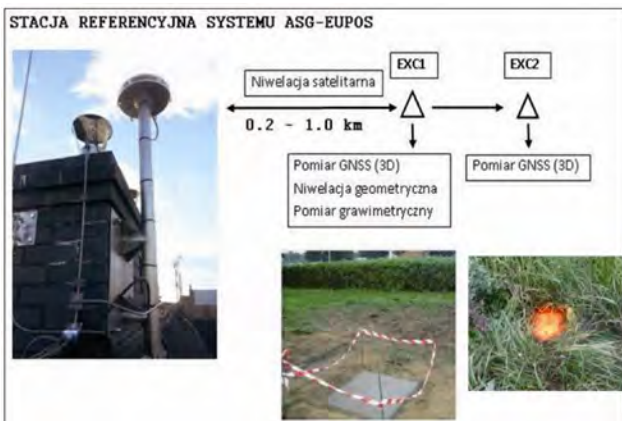
W trzecim etapie opracowania wykonano transformację trójwymiarową 3D konforemną (definiowaną przez 7 parametrów) do układu ITRF2008 na epokę t_0 001/2005. Jako punkty dostosowania wykorzystano **5** stacji EPN: **GRAZ, JOZ2, SULP, WROC, WTZR**.

W czwartym etapie wykonano transformację trójwymiarową 3D konforemną (definiowaną przez 7 parametrów) z poprawkami Hausbrandta na **6** stacji krajowych EPN **JOZ2, KATO, KRA1, USDL, WROC, ZYWI**. Uzyskano w ten sposób współrzędne wyznaczanych punktów w układzie PL-ETRF2000 na epokę t_0 001/2011.

Punkty stacji referencyjnych ASG-EUPOS



Rys. 1. Rozmieszczenie stacji systemu ASG-EUPOS w Polsce [www.asgeupos.pl]



Rys. 2. Nowa stacja referencyjna systemu ASG-EUPOS w Nowym Targu: NWT1



Rys. 3. Lokalizacja zespołu punktów stacji referencyjnej w Nowym Targu [www.google.earth]

Табела 3

Zestawienie wyników współrzędnych kartezjańskich

Nazwa	X	Y	Z	mX	mY	mZ
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
408935100	3901293.4201	1422610.7502	4825778.7345	0.0017	0.0006	0.0011
408935101	3901716.7674	1421854.1279	4825639.9173	0.0017	0.0006	0.0011
408935102	3902151.0580	1421914.8727	4825276.9251	0.0017	0.0006	0.0011

Finalne wyniki opracowania (współrzędne wraz z błędami ich wyznaczenia) dla zespołu punktów stacji NWT1 zestawiono w tabeli 3.

Wnioski

Zastosowane rozwiązanie pozwoliło na uzyskanie ponad dwukrotnie lepszych wyników rozwiązań współrzędnych (błędów współrzędnych mX, mY, mZ) w stosunku do standardowego podejścia gdzie ostateczny wynik wyrównania uzyskujemy na drodze wyrównania ścisłego w nawiązaniu do stacji referencyjnych, jako punktów stałych. Przyjęte w niniejszej pracy podejście pozwala, bowiem na wyeliminowanie ewentualnych błędów systematycznych i rezydualnych błędów skali w stosunku do układu stacji EPN. Dlatego przedstawione rozwiązanie jest proponowane przez autora pracy, jako lepsza alternatywa dla tego typu realizowanych zadań geodezyjnych. Praca wykazała poza tym, że stacja referencyjna SULP pracująca we Lwowie nie jest w pełni kompatybilna z systemem, EUPOS, ponieważ w trzech sesjach obliczeniowych na osiem zrealizowanych wykazywała zbyt duże błędy i musiała zostać wyłączona z ostatecznych obliczeń.

Literatura

1. Bruyninx C., Altamimi Z., Caporali A., Kenyeres A., Lidberg M., Stangl G., and Torres J.A., 2013. Guidelines for EUREF Densifications. IAG sub-commission for the European Reference Frame – EUREF, p. 1–9.
2. Dow J. M., Neilan R. E., Rizos C., 2009. The International GNSS Service in a changing landscape of Global Navigation Satellite Systems. Journal of Geodesy, Volume 83:191–198.
3. Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 14 lutego 2012 r. w sprawie osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych. Warszawa 2012, poz. 352.

4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych. Warszawa 2012, poz. 1247.

Propozycja metodyki wyznaczenia współrzędnych permanentnej stacji referencyjnej w systemie ASG-EUPOS

Z. Siejka

Przedmiotem artykułu jest metodyka wyznaczenia współrzędnych permanentnej stacji referencyjnej. Pracę zrealizowano na przykładzie empirycznym z wyznaczenia współrzędnych stacji referencyjnej NWT1 (Nowy Targ, Polska). Stacja zaliczana jest do stacji referencyjnych typu B, (według: Guidelines for EUREF Densifications) oraz jednocześnie jest punktem podstawowej bazowej osnowy poziomej 2 klasy i szczegółowej osnowy wysokościowej 3 klasy. Stacje typu B zapewniają dostęp do europejskiego geodezyjnego układu odniesienia na obszarze Polski.

The methodology for calculating the coordinates of the permanent reference station at the ASG-EUPOS system

Z. Siejka

The article presents the methodology of the coordinate designation of a permanent reference station. The work was carried out on an empirical example of the designation of the reference station coordinates NWT1 (Nowy Targ, Poland). This station is a reference station type B, (according to Guidelines for EUREF Densifications) and this station also is the point of the basic horizontal national geodetic network class 2 and the vertical minor geodetic network class 3. Stations type B provide access to the European geodetic reference system on Polish territory.

Конгрес відбудеться
16–21 червня 2014 р. у м. Куала Лумпур (Малайзія)
<http://www.fig.net/fig2014>