

Spojrzenie na ASG-EUPOS od strony użytkownika serwisu POZGEO, cz. II

# INTEGRACJA OSNÓW I SIECI

Uruchomiona w czerwcu ubiegłego roku aktywna sieć geodezyjna ASG-EUPOS ma rację bytu jedynie wtedy, gdy będzie zintegrowana z istniejącymi osnowymi. Ten problem został u nas zauważony już wcześniej, przy zakładaniu pasywnych osnów z wykorzystaniem GPS, i dzisiaj mamy sytuację naprawdę komfortową.

RYSZARD PAŻUS

Poziom osnów geodezyjnych w Polsce, zwłaszcza tych zaliczanych obecnie do zbiorów punktów I i II klasy, jest pod względem technicznym w czołówce opracowań na świecie. Składa się na to działalność kilku już pokoleń fachowców, ale też i takie ciekawostki, jak np. pozytywny wpływ „gospodarki socjalistycznej”, która nakładała obowiązek utrzymania osnów dla celów dalekich od potrzeb cywilnych i nakaz ten był egzekwowany we wszystkich państwach dawnego bloku wschodniego. Stąd znaczna różnica na korzyść w porównaniu z krajami Europy Zachodniej.

Trochę gorzej wygląda to w terenie, bo jakoś fizyczna zespolów punktów nie jest najlepsza z powodu braku systematycznych przeglądów i konserwacji, ale też i zniszczeń wynikających ze zmian sposobu wykorzystania terenu. Należy tu podkreślić pewien szczegół. Otóż w standardach technicznych osnów geodezyjnych za zasadniczy, podstawowy punkt uznaje się centr znaku podziemnego, który jest poniżej poziomu zamarczenia gruntu. Ma to kapitalne znaczenie dla utrzymania stabilności znaku na przestrzeni dekad, jeśli nie stuleci – mamy w kraju punkty zastabilizowane w XIX wieku. Jest to najtańszy sposób zamarkowania punktu w terenie i dający bardzo dobrą stabilność, choć dość kłopotliwy dla wykonawców dokładniejszych pomiarów. Punkty referencyjne, np. ASG-EUPOS (ale nie tylko), nie gwarantują takiej stabilności, a przyczyną zmian ich współrzędnych mogą być da-

lekie od tych wskazywanych przez różnego rodzaju badania.

Prace nad integracją osnów i sieci poziomej I i II klasy zostały przeprowadzone przed rozpoczęciem projektu ASG-PL. Problem pozostał jedynie na etapie przeliczeń osnów szczegółowych III klasy w niektórych powiatach, gdzie zignorowano ustalone procedury pomiarowe i nie uwzględniano dokładności lokalnej [4]. Wśród prac modernizacyjnych do najważniejszych należy zaliczyć: założenie sieci EUREF-POL, a następnie POLREF i ponowne wyrównanie w układzie EUREF-89 najpierw dotychczasowej osnowy I klasy, a później klas niższych.

## ● EUREF-POL I POLREF

Założenie sieci EUREF-POL, która do tej pory jest elementem definiującym system odniesień przestrzennych w kraju, pozwoliło na jej rozwinięcie pasywną siecią satelitarną POLREF. Sieć POLREF założono w latach 1994-95, przeprowadzając 3 kampanie pomiarowe, w wyniku których wyznaczono 348 zespolów po 2 punkty (główny i kierunkowy) nawiązanych do 11 punktów sieci EUREF-POL. Powstała w ten sposób pierwsza jednorodna trójwymiarowa osnowa geodezyjna o wysokiej dokładności (błąd położenia dla składowych poziomych – poniżej 0,01 m, a dla wysokości elipsoidalnej – około 0,015 m). Punkty POLREF mają określone kartezjańskie współrzędne przestrzenne XYZ (czyli równocześnie geodezyjne elipsoidalne BLh) w układzie geocentrycznym EUREF-89 i wysokości normalne z dowiązania niwelacją precyzyjną do osnowy wysokościowej w układzie Kronsztad '86 (te ostatnie tylko dla punktów głównych – centrów).

209 punktów sieci jest identycznych z siecią astronomiczno-geodezyjną (SAG) i siecią wypełniającą (SW), które poprzednio tworzyły podstawową osnowę geodezyjną kraju, a dalsze 160 punktów dowiązano do tej osnowy wektorami o długościach nieprzekraczających 1,5 km (w tym 11 punktów nowych). W związku z tym była możliwa analiza jakości istniejących rozwiązań sieci klasycznej i podjęcie decyzji co do sposobu jej przeniesienia do nowego układu. W świetle wyników opracowań z lat 90. sieć POLREF w nawiązaniu do 11 punktów sieci EUREF-POL charakteryzuje się przeciętnym błędem położenia punktu ok. 0,025 m.

## ● MODERNIZACJA OSNOWY I KLASY

Założenie sieci POLREF pozwoliło na ponowne wyrównanie dotychczasowej osnowy I klasy w układzie EUREF-89. Osnowa ta, składająca się z sieci SAG i SW, jest zbiorem obserwacji wykonywanych od połowy XIX w. aż do lat 80. ubiegłego stulecia, przy użyciu różnych instrumentów pomiarowych. Najcenniejsze były obserwacje kątowe, niekiedy realizowane bardzo żmudnymi metodami – dość wspomnieć metodę Schreiebra. Obserwacje długości baz mierzonych drutami inwarowymi Jederina i azymutów astronomicznych oraz punktów Laplace'a nie przedstawiały już takiej wartości. Podjęto więc decyzję o rezygnacji z tych pomiarów.

Inicjatorem i koordynatorem prac modernizacyjnych był wicedyrektor Departamentu Katastru, Geodezji i Kartografii MGPIB Stanisław Gelo, a głównym wykonawcą zespół z firmy Vieto Sp. z o.o. z Warszawy (Wiesław Kozakiewicz, Lech Wereszczyński). Transmisję danych z archiwalnych taśm magnetycznych komputera NOVA840 na nośniki IBM PC wykonało Centrum Badań Kosmicznych PAN. Wyrównanie prze-

proawodzone na płaszczyźnie odwzorowania nowego układu współrzędnych 1992, odniesionego do elipsoidy GRS80. Do wyrównania przyjęto obserwacje kierunków sieci SAG i SW z poprzedniego wyrównania sieci z lat 1981-84 i włączono punkty tzw. sieci GOP-ROW, założonej w latach 1982-1986 w celu modernizacji osnowy podstawowej na obszarze Śląska. W sieci tej, podlegającej wpływom eksploatacji górniczej, obserwowano kąty i długości. Ze względu na różne epoki pomiarów przeprowadzono analizę mającą potwierdzić lub odrzucić założenie fizycznej niezmienności punktów uznawanych za identyczne. Oczywiście punktami nawiązania były punkty sieci POLREF.

Sieć zakwalifikowana do wyrównania charakteryzuje się następującymi parametrami:

- liczba wszystkich punktów – 6877,
- liczba pkt wyznaczanych – 6539,
- liczba pkt nawiązania – 338,
- liczba obserwacji kątowych – 45 537,
- liczba kierunków – 4302 (970 serii),
- liczba obserwacji liniowych – 1002,
- średni błąd obserwacji kąta – 2,7<sup>cc</sup>,
- śr. błąd obserwacji kierunku – 1,3<sup>cc</sup>,
- średni błąd obserwacji długości – zgodnie ze specyfikacją dalmierzy.

Przeprowadzono dwa wyrównania: na płaszczyźnie i na elipsoidzie, których wyniki były identyczne, tzn. otrzymano te same parametry i współrzędne, błędy położenia punktów i poprawki do obserwacji. Niemianowany błąd średni typowego spostrzeżenia wynosi  $m_0 = 1,010$ . Częstkowe estymatory błędów średnich typowego spostrzeżenia dla poszczególnych grup obserwacji są również bliskie jedności, wskazując na bardzo dobre wzajemne zrównoważenie poszczególnych rodzajów obserwacji. Histogram zrównoważonych poprawek do obserwacji przedstawia rys. 1.

Ocenę błędów położenia poszczególnych punktów (rys. 2) wykonano po raz pierwszy, ponieważ dopiero teraz środki techniczne umożliwiły wykonanie obliczeń dla tak dużej sieci. W zestawieniu pominięto 62 punkty zagraniczne, przyjęte do wyrównania ze względów konstrukcyjnych. Tylko 0,8% punktów ma błąd położenia 5 cm i większy, tzn. z liczby 6477 punktów na obszarze kraju tylko 52 nieznacznie przekraczają tę wielkość. Są to z reguły punkty przygraniczne wyznaczone z bardzo długich celowych. Tu należy dodać, że przeciętna długość boku w SAG to 25 km, a w SW – 7 km.

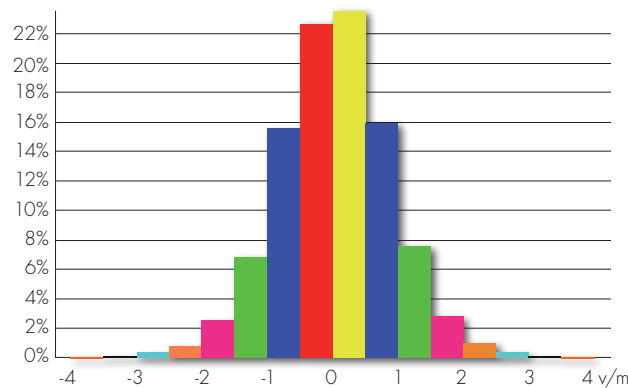
Załączone tu skrótowe charakterystyki dokładności tej zmodernizowanej osnowy dają podstawy do sklasyfikowania jej jako sieci o wysokiej dokładności. W niewielu krajach można było utrzymać taki stan posiadania na przestrzeni dekad. W Polsce udało się to przez blisko 100 lat. Podobna sytuacja jest w Szwecji i Niemczech (tu sąsiadów zza Odry po części na podstawie podglądania naszych decyzji modernizacyjnych).

Konkludując, mamy podstawową, poziomą osnowę geodezyjną w Polsce, składającą się z sieci EUREF-POL (11 punktów) w standardzie dokładności 1 cm, POLREF (348 punktów) – w standardzie dokładności 2,5 cm względem EUREF-POL i dawnej osnowy klasycznej SAG-SW (6539 punktów) w standardzie dokładności 2 cm względem POLREF. Należy tu jeszcze podkreślić, że dokładność położenia punktu SAG-SW jest określana dla fizycznego znaku podziemnego w terenie – zwykle jest tym znakiem płyta z centrem ceramicznym lub metalowym. Informacja ta jest ważna dla porównujących wyniki pomiaru satelitarne na danym punkcie. To, że punkty te z dokładnością określania położenia odpowiadają dzisiejszym pomiarom GNSS, jest zasługą technik satelitarnych GPS, które pozwoliły wydobyć z sieci ich prawdziwą jakość, tkwiącą w wyjątkowo dokładnych pomiarach kątowych.

## ● ZMODERNIZOWANA OSNOWA II KLASY

Pozioma osnowa geodezyjna II klasy to blisko 65 tys. punktów założonych przy użyciu metod: triangulacyjnych, trilateracyjnych i poligonotriangulacyjnych. Osnowę tworzą sieci zakładane w latach 60. i 70. ubiegłego wieku, wyrównywane wtedy w grupach punktów, zwykle od kilkunastu do kilkudziesięciu, z rzadka kilkuset, nawiązanych do punktów I klasy, co podyktowane było ograniczeniami ówczesnej techniki komputerowej. Pomimo dopusz-

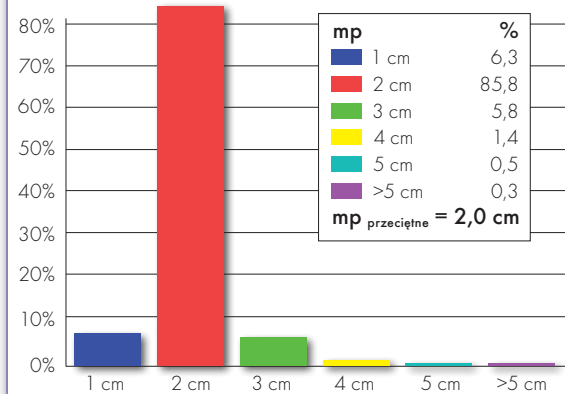
RYS. 1. HISTOGRAM ZRÓWNOWAŻONYCH POPRAWEK DO OBSERWACJI – OSNOWA I KL.



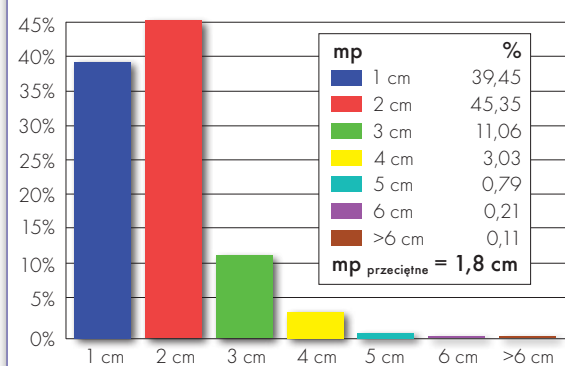
czalnej tolerancji błędu położenia punktu po wyrównaniu (5 cm) rzadko w tych wyrównaniach przekraczano wielkość 2 cm. W następstwie modernizacji klasycznej podstawowej osnowy poziomej wykonano podobną operację obliczeniową dla osnowy geodezyjnej II klasy. W centralnym banku osnow geodezyjnych jest obecnie 6528 punktów klasy IIs (czyli wyznaczonych metodami satelitarными) i 58 211 punktów wyznaczonych metodami naziemnymi.

Ocenę dokładności zmodernizowanej osnowy II klasy ilustruje histogram błędów położenia punktu po wyrównaniu (rys. 3).

RYS. 2. BŁĘDY POŁOŻENIA PUNKTÓW OSNOWY I KLASY (SAG+SW)



RYS. 3. BŁĘDY POŁOŻENIA PUNKTÓW OSNOWY II KLASY



Statystyka ta obejmuje 58 183 punkty wyznaczone na podstawie obserwacji kątowno-liniowych, a więc bez punktów pomierzonych metodą GPS. Z zestawienia wynika, że istnieje pewien ułamek procenta punktów posiadających  $m_p \geq 5$  cm. Każdy z nich był indywidualnie analizowany i świadomie pozostawiony w sieci. Wszystkie są w rejonach bardzo małego nasycenia obserwacjami. Tylko 58 punktów uzyskało  $m_p \geq 6$  cm, czyli nieznacznie przekracza normy. Ich usunięcie powodowałoby reakcję lawinową w całym rejonie – sąsiednie punkty utraciłyby niezbędny limit obserwacji nadliczbowych lub uzyskałyby za wysokie  $m_p$ , więc trzeba by je wyłączyć itd. Pozostałe punkty o  $m_p > 6$  cm to punkty de facto matematyczne – już wcześniej zostały wykluczone z osnowy II klasy ze względu na zbyt słabą konstrukcję, nie figurują też w wykazach tej osnowy. Dostarczają jednak niezbędnego minimum obserwacji wyznaczających dla sąsiednich punktów osnowy II klasy. Ich usunięcie powodowałoby podobną reakcję łańcuchową, jak opisana wyżej. Do nich zalicza się też kościoły wyznaczone z długich celowych.

Statystyka obejmuje obszar całego kraju z wyłączeniem Śląska, który został opracowany później, w bardziej złożonym procesie (ok. 1750 punktów). Znaczna część punktów tego rejonu była ponownie wyznaczana metodą GPS, i to nieraz wielokrotnie w kolejnych latach. Co prawda, przeprowadzono wyrównanie archiwalnych obserwacji klasycznych, ale po różnych analizach i porównaniach ostateczne współrzędne najczęściej pochodzą z pomiaru GPS.

## ● OSNOWY KLASY III I POMIAROWE

Osnowę poziomą III klasy tworzy ponad 700 tys. punktów (zakładanych głównie metodą poligonizacji, rzadziej poligonotriangulacji). Dokładne oszacowanie ich liczby nie jest możliwe, bo bardzo różne były i nadal są metody przechowywania i inwentaryzacji dokumentacji w powiatowych ośrodkach dokumentacji. Modernizacja osnowy III klasy była i w niektórych powiatach nadal jest prowadzona w PODGiK-ach. Poza praktyczną potrzebą posiadania współrzędnych w nowych obowiązujących układach współrzędnych 2000 i 1992 (czyli też w B, L), istnieje również prawny obowiązek wykonania tych prac w związku z planem wycofania w 2009 roku układu 1965. Stosowane metody przeliczeń

to transformacje i wyrównania sieci lub kombinacje tych metod w zależności od stanu dokumentacji archiwalnej.

Osnowa pomiarowa to chleb powszedni geodety, nie ma więc potrzeby jej omawiania. Warto jedynie przypomnieć, że obowiązujący standard techniczny nie precyzuje dokładności wymaganej, bo zależy ona od celu pomiarów, wśród których wyróżniamy:

- oparcie pomiarów sytuacyjnych i rzeźby terenu,
- wyznaczanie projektu na gruncie,
- wykonywanie pomiarów realizacyjnych przy obsłudze inwestycji (osnowa realizacyjna),
- badania i określanie przemieszczeń lub odkształceń obiektów budowlanych i podłoża gruntowego.

Dla celów wymienionych w trzech ostatnich punktach mogą być wymagane wyższe dokładności lokalne.

## ● OSNOWY – PODSUMOWANIE

System ASG-EUPOS w stanie obecnym ma jedną dość istotną wadę. Sieć jest jednofunkcyjna, pozioma. Nie ma w niej sugerowanych rozwiązań [4] dla wyznaczenia osnowy wysokościowej i nie bardzo wiadomo dlaczego, skoro było to przygotowywane już w projekcie ASG-PL. Trochę więcej informacji na ten temat znajdzie się w kolejnej części artykułu – przy omawianiu raportu POZGEO.

Zanim przejdziemy do metod zakładania osnowy czy też wyznaczania położenia punktów przez system ASG-EUPOS, postarajmy się o wyciągnięcie wniosków z przedstawionych tu informacji z uwzględnieniem obecnego stanu prawnego, czyli obowiązujących standardów technicznych w tym zakresie.

● Po modernizacji osnowy I i II klasy, zwłaszcza osnowy poziomych, nie ma żadnych podstaw do uznania tych osnow za odbiegające dokładnością od wyznaczanych metodami satelitarnymi.

● Obowiązujące standardy techniczne nie wymagają zmian w części dotyczącej miar dokładności i zmian kategorii klasyfikacyjnych poszczególnych rodzajów osnow. Ponieważ hierarchiczność osnowy traci na znaczeniu – punkty osnowy wyznacza się bezpośrednio ze stacji referencyjnych ASG – zasadne wydaje się zrezygnowanie z klasyfikowania ich w sposób dotychczasowy. Moim zdaniem wystarczy podzielić osnowy, sieci i punktów na dwa standardy dokładności: 5 cm i 10 cm. Do standardu 5 cm należałoby zaliczyć wszystkie punkty

do klasycznej osnowy II klasy włącznie, a pozostałe, czyli osnowę szczegółową III klasy i osnowy pomiarowe, do standardu 10 cm.

● Przy ocenie różnic współrzędnych punktów wyznaczonych metodami satelitarnymi GNSS i punktów istniejącej osnowy należy brać po uwagę wszystkie błędy cząstkowe, a więc: położenia punktów nawiązania (również klasy Is), centrowania, wpływy zewnętrzne, niedokładności centrowania znaków naziemnych względem podziemnych, do których odnoszą się dane geodezyjne (jeżeli nie odśladania się znaku podziemnego!). Jest oczywiste, że nie mogą występować niezgodności punktów istniejących w terenie z punktami wyznaczanymi metodami satelitarnymi. Muszą one tworzyć spójną osnowę w granicach tolerancji wynikającej z kalkulacji wszystkich cząstkowych błędów.

● W tej sytuacji znacznie stopniowo zanika potrzeba zakładania osnowy pośrednich, którymi są osnowy poziome II i III klasy oraz osnowy wysokościowe III i IV klasy. Potrzeba osnowy szczegółowych będzie ograniczona do obszarów mocno zurbanizowanych i zadrzewionych. Można z dużym prawdopodobieństwem przewidywać, że postęp w elektronice (konstrukcja anten) pozwoli w niedługim czasie wykonywać pomiary GPS poprzez gęstą roślinność, co rozszerzy zakres ich zastosowań.

● Punkty poziomej szczegółowej osnowy III klasy w razie potrzeby mogą być wyznaczane z wykorzystaniem serwisu POZGEO D, jako że wymagane jest uwzględnianie bezpośrednich wektorów między sąsiednimi punktami, czego nie daje serwis POZGEO. Serwis POZGEO można przyrównać do wyznaczania położenia metodą punktów rozproszonych. Jest to rozwiązanie podobne do liniowego wciągnięcia wstecz, dobrze kontrolowanego (obecnie do 6 punktów nawiązania), ale bez obserwacji do najbliższych punktów zakładanych przez wykonawcę w danym projekcie (obiekcie). To w zasadzie degraduje punkt do niższego standardu dokładności.

● I na koniec uwaga dotycząca standardów technicznych – próby standaryzacji bardziej szczegółowej mogą prowadzić do ograniczania innowacyjności.

DR RYSZARD PAŹUS

jako dyrektor Departamentu Geodezji GUGiK był jednym z inicjatorów budowy w Polsce sieci ASG

Literatura wraz z ostatnią częścią cyklu