

*Zbigniew Siejka*

## **ANALIZA AKTUALNYCH DOKŁADNOŚCI I PRECYZJI RĘCZNEGO ODBIORNIKA GPS Z SYGNAŁEM EGNOS**

---

### ***ANALYSIS OF CURRENT ACCURACY AND PRECISION OF THE MANUAL GPS RECEIVER WITH EGNOS SIGNAL***

#### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów testowych dokonanych przy pomocy ręcznego odbiornika sygnałów GPS (Global Positioning System), przystosowanego do odbioru sygnału korygującego EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), który teoretycznie ma obejmować swoim zasięgiem Europę i północną część Afryki. Wiadomym jest jednak, że Europa Środkowa i Wschodnia znajduje się na granicy zasięgu EGNOS i niektóre obszary Polski mają ograniczony dostęp do sygnałów tego systemu. Pomiarów testowych przeprowadzono na wybranych punktach stacjonarnych przy pomocy odbiornika firmy Garmin GPSMAP 62s wyposażonego w aktywną antenę zewnętrzną MAZO GPS. Podczas wykonywanych pomiarów rejestrowano współrzędne przestrzenne, ich wiarygodność, liczbę odbieranych satelitów, czas pomiaru, dostępność sygnału EGNOS. Wnioski z przeprowadzonych badań wskazują na szerokie możliwości stosowania ręcznych odbiorników w pomiarach głównie na potrzeby systemów informacji przestrzennej i zadań pomiarowych w inżynierii środowiska, ale wiarygodność wyników zależy od wielu czynników i zachowania określonego reżimu pomiarowego.

**Słowa kluczowe:** GPS, EGNOS, błędy pomiaru, dokładność pomiaru

#### ***Summary***

*The paper presents results of test measurements conducted with the use of a manual receiver of GPS (Global Positioning System) signals adjusted to the reception of EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) correction signal which is theoretically to cover Europe and southern part of Africa*

*with its range. However, it is known that Central and Eastern Europe lies on the border of EGNOS range and some parts of Poland have limited access to signals from this system. Test measurements were conducted on selected stationary points with the use of the receiver produced by Garmin GPSMAP 62s, equipped with MAZO GPS active outdoor aerial. During the measurements, spatial coordinates, their reliability, number of satellites received, time of measurement, accessibility of EGNOS signals were registered. Results of the conducted tests indicate broad possibilities of using manual receivers in measurements mainly for the needs of spatial measurement systems but not only. Yet the reliability of results depends on many factors and on keeping a specific measurement regime.*

**Key words:** GPS, EGNOS, measurement errors, accuracy of measurement

## WPROWADZENIE

Bardzo dynamiczny rozwój nawigacyjnych systemów satelitarnych, szczególnie w ostatnich latach istotnie zwiększył sprzedaż i zainteresowanie wykorzystaniem technologii satelitarnych w szerokim zakresie pozycjonowania na potrzeby systemów informacji przestrzennej, inżynierii i ochrony środowiska, zarządzania, administracji gospodarki wodnej itp.. Istotne zmiany w statusach operacyjnych i parametrach eksploatacyjnych GPS i GLONASS, a także rozbudowa i modernizacja satelitarnych systemów wspomagających SBAS, takich jak EGNOS i WAAS zachęca do stosowania tej technologii w coraz szerszym zakresie. Jednym z bardzo dynamicznych kierunków jest rozwój pomiarowych technologii GIS-owych z zastosowaniem ręcznych kodowych odbiorników satelitarnych, zamiast klasycznych metod pomiarów. Niewątpliwie odbiorniki satelitarne mają przewagę nad klasycznymi metodami pomiaru, jednakże ich zastosowanie wywołuje także wiele problemów [Couronneau, Duffnett-Smith, Mitelman 2011]. Jednym z nich jest faktyczna dokładność uzyskiwanych wyników pozycjonowania w stosunku do dokładności wewnętrznej wyznaczenia pozycji, którą zwykle podaje odbiornik. Problemy te przedstawiane są na konferencjach międzynarodowych poświęconych systemom satelitarnym (np. European Navigation Conference, Technical Meeting), a także w licznych artykułach publikowanych na łamach pism specjalistycznych (np. European Journal of Navigation, GPS World, GIM International).

## METODA BADAWCZA

W celu zbadania dokładności wyznaczenia położenia pojedynczego punktu za pomocą ręcznego odbiornika satelitarnego, zrealizowano następującą procedurę pomiaru testowego. W terenie wybrano 9 punktów o precyzyjnie wyznaczonych współrzędnych, następnie na tych punktach przeprowadzono wielokrotny stacjonarny pomiar współrzędnych ręcznym odbiornikiem Garmin

GPSMAP 62s. Dla maksymalnego wyeliminowania błędów identyfikacji punktu pozycjonowanego przez obserwatora pomiar wykonano z wykorzystaniem anteny zewnętrznej zainstalowanej na specjalnej tyczce, wyposażonej w libellę do pionowego jej ustawienia, która dodatkowo stabilizowana była na statywie. GPSMAP 62s to ręczny 12-to kanałowy, odbiornik kodowy, wykorzystujący do pomiaru Standardowy Serwis Pozycyjny (SPS – Standard Positioning Service) w oparciu o jawny kod C/A. Według producenta odbiornik wyposażony jest w moduł GPS STM Cartesio wysokiej czułości z procedurą HotFix, który pozwala na szybkie i precyzyjne określanie pozycji. Pomiary testowe wykonano w jednolitym układzie współrzędnych (1992). Sygnał korekcyjny EGNOS odbierano z satelity Inmarsat III o numerze PRN122. Na każdym punkcie kontrolnym wykonano 120 niezależnych pomiarów współrzędnych (każdy pomiar wykonany był po nowej inicjalizacji odbiornika).

Wyniki pomiarów zapisywane były do pamięci odbiornika, a po zakończeniu pomiarów przetransmitowane zostały do komputera PC w celu dalszego ich opracowania.

## REZULTYATY EKSPERYMENTU

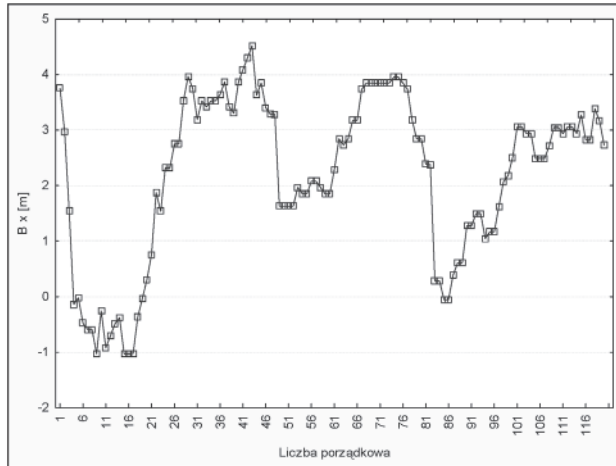
Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów oraz znanych współrzędnych katalogowych punktów wyznaczono błędy „prawdziwe pomiaru” jako różnice współrzędnych uzyskanych z pomiaru i współrzędnych katalogowych. W związku z tym, że współrzędne katalogowe punktów były wcześniej wyznaczone metodą precyzyjną za pomocą techniki statycznej GPS z błędem około  $\pm 1$  cm, natomiast testowany odbiornik GPSMAP 62s zapewnia dokładność pomiaru na poziomie submetrowym, to różnice tak obliczonych współrzędnych można traktować jako rzeczywiste błędy bezwzględne pomiaru.

$$B_x = x_p - x_k$$

$$B_y = y_p - y_k$$

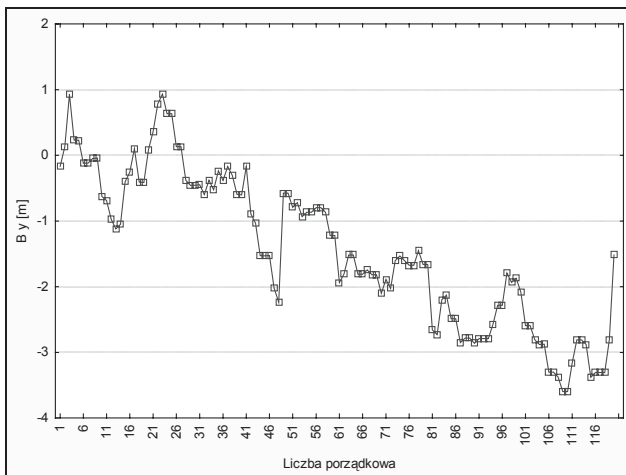
$$B_H = H_p - H_k$$

Tak obliczone błędy zestawiono w tabelach i na wykresach. Na rysunkach 1–6 zobrazowano w formie graficznej przykładowe rozwiązanie w postaci uzyskanych błędów pomiaru na punktach 2041 i 2044.



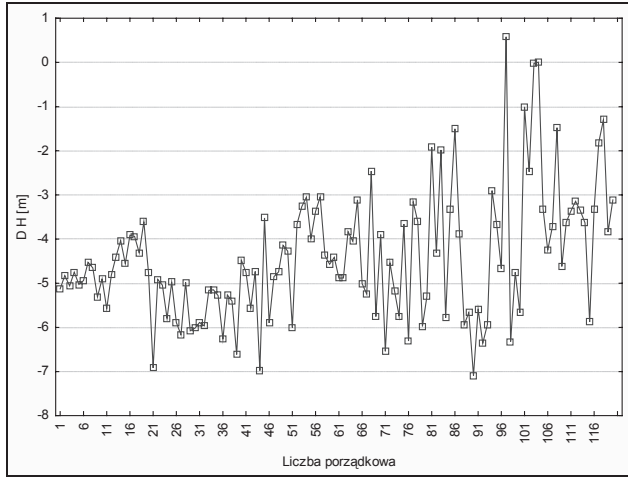
Źródło: badania własne.  
Source: own calculation.

**Rysunek 1.** Wyniki błędów pomiarów stacjonarnych współrzędnej [x] na punkcie 2041  
**Figure 1.** The results of measurement errors fixed for coordinate [x] at the point of 2041



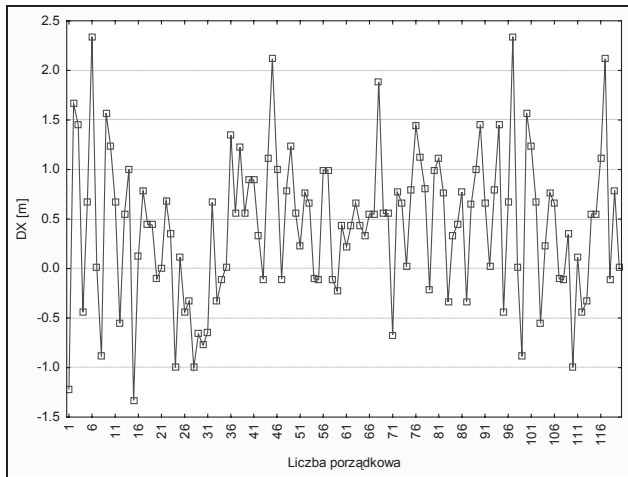
Źródło: badania własne.  
Source: own calculation.

**Rysunek 2.** Wyniki błędów pomiarów stacjonarnych współrzędnej [y] punkcie 2041  
**Figure 2.** The results of measurement errors fixed for coordinate [y] at the point of 2041



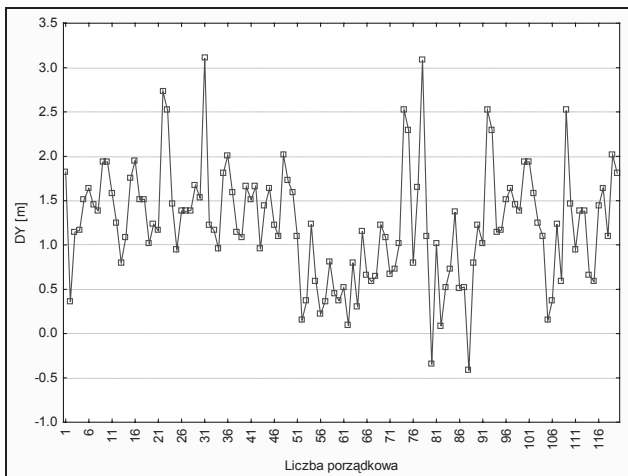
Źródło: badania własne.  
Source: own calculation.

**Rysunek 3.** Wyniki błędów pomiarów stacjonarnych rzędnej [H] na punkcie 2041  
**Figure 3.** The results of measurement errors fixed for ordinate [H] at the point of 2041



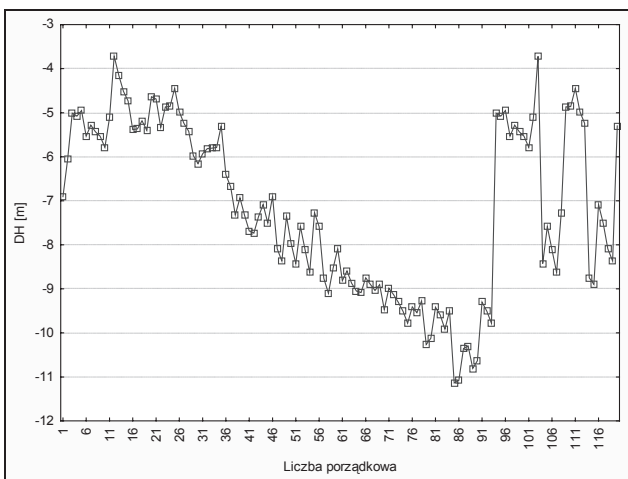
Źródło: badania własne.  
Source: own calculation.

**Rysunek 4.** Wyniki błędów pomiarów stacjonarnych współrzędnej [x] na punkcie 2044  
**Figure 4.** The results of measurement errors fixed for coordinate [x] at the point of 2044



Źródło: badania własne.  
Source: own calculation.

**Rysunek 5.** Wyniki błędów pomiarów stacjonarnych współrzędnej [y] na punkcie 2044  
**Figure 5.** The results of measurement errors fixed for coordinate [y] at the point of 2044



Źródło: badania własne.  
Source: own calculation.

**Rysunek 6.** Wyniki błędów pomiarów stacjonarnych rzędnej [H] na punkcie 2044  
**Figure 6.** The results of measurement errors fixed for ordinate [H] at the point of 2044

Na podstawie ogólnie znanych wzorów wyznaczono podstawowe charakterystyki statystyczne dla każdego pomierzonego punktu, następnie na ich podstawie zestawiono ogólne wyniki obliczeń w tabeli 1 oraz na wykresach 1–6.

**Tabela 1.** Ogólne zestawienie uzyskanych błędów „prawdziwych” pomiaru  
**Table 1.** Result of “true” errors of measurements

Nr. pkt.	B <sub>x</sub> sred [m]	B <sub>x</sub> min [m]	B <sub>x</sub> max [m]	σ(B <sub>x</sub> ) [m]	B <sub>y</sub> sred [m]	B <sub>y</sub> min [m]	B <sub>y</sub> max [m]	σ(B <sub>y</sub> ) [m]	B <sub>H</sub> sred [m]	B <sub>H</sub> min [m]	B <sub>H</sub> max [m]	σ(B <sub>H</sub> ) [m]
2041	2,20	-1,03	4,52	1,49	-1,43	-3,59	0,93	1,36	-4,43	-7,09	0,58	2,16
2042	1,22	-0,99	2,57	0,79	1,14	-0,72	2,72	0,66	-2,18	-5,54	4,28	2,61
2043	0,43	-1,33	2,34	0,73	1,19	-0,42	3,10	0,67	-7,39	-11,13	-3,72	1,96
2044	-0,46	-2,33	2,17	1,06	-0,10	-3,36	3,07	1,27	-4,17	-6,12	-2,74	0,86
2045	0,45	-5,43	2,17	0,97	0,63	-3,65	2,54	0,92	-3,90	-6,69	-1,05	1,37
2047	1,16	-1,88	4,49	1,01	-0,11	-3,77	2,51	1,35	0,70	-2,72	6,37	2,66
2048	0,77	-1,89	3,00	0,94	0,72	-2,11	3,74	0,86	-3,03	-5,11	-0,62	1,04
2050	2,72	0,08	5,02	1,04	1,83	0,07	3,73	0,81	5,75	3,37	7,67	1,17
2052	0,94	-4,27	3,58	1,49	0,39	-4,33	4,25	1,63	-5,28	-8,24	-3,77	0,81

**Tabela 2.** Rozrzut wyników pomiarów współrzędnych (x, y, H)  
**Table 2.** Dispersion of results of measurement of coordinates (x, y, H)

Nr. pkt.	X <sub>sred</sub> [m]	R <sub>x</sub> [m]	Y <sub>sred</sub> [m]	R <sub>y</sub> [m]	H <sub>sred</sub> [m]	R <sub>H</sub> [m]
2041	246502,9	5,5	560973,3	4,5	210,8	7,7
2042	246592,2	3,6	561133,4	3,4	220,0	9,8
2043	246791,4	3,7	561153,4	3,5	212,8	7,4
2044	246468,0	4,5	561098,5	6,4	215,1	3,4
2045	246365,9	7,6	561279,2	6,2	215,3	5,6
2047	246642,2	6,4	561026,4	6,3	220,5	9,1
2048	246591,7	4,9	561133,0	5,9	219,2	4,5
2050	246617,6	5,3	561001,5	5,5	213,2	4,3
2052	246521,2	7,9	561170,2	8,6	210,7	4,5
	<b>MIN</b>	<b>3,6</b>		<b>3,4</b>		<b>3,4</b>
	<b>MAX</b>	<b>7,9</b>		<b>8,6</b>		<b>9,8</b>
	<b>ŚRED</b>	<b>5,5</b>		<b>5,6</b>		<b>6,3</b>

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zaprezentowane badania wykazały znaczne rozbieżności w dokładności i precyzji uzyskanych wyników, z jaką ręczny odbiornik GPS wyznacza swoją pozycję stacjonarną. Przeprowadzone testy stacjonarne wykazały rozrzut otrzymanych wyników sięgający od ok. (3.4 – 3.6m) do ok. (7.9 – 8.6m) dla pozycji horyzontalnej oraz ok. (3.4 – 9.8m) dla wysokości.

W praktyce inżynierskiej oznacza to, że odbiornik ten może być wykorzystywany w pracach na potrzeby gromadzenia informacji o terenie w zakresie pomiarów sytuacyjnych w zasobach przedstawianych na mapach w skali 1:10000 i mniejszej, bowiem taka dokładność pozycjonowania przewyższa kartometryczność tych map. Jednocześnie wyniki badań potwierdzają istotne ograniczenie ich wykorzystania w pomiarach wysokościowych (maksymalny błąd wyznaczonej wysokości wyniósł – 11.1 m).

Dodatkowo przeprowadzone testy potwierdziły duży wpływ zjawiska wielotorowości sygnału GPS na dokładność pomiarów odbiornika. Stwierdzono, że zjawisko wielotorowości znacznie bardziej obniża dokładność wyznaczonej pozycji przez odbiornik w sąsiedztwie betonowych i szklanych konstrukcji niż miejsc zadrzewionych, gdzie horyzont był częściowo przesłonięty (punkty: 2045, 2047, 2052). Bardzo istotną zaletą odbiorników satelitarnych jest również to, że inwentaryzacja i tyczenie może odbywać się szybko, bez potrzeby zakładania osnowy i posługiwania się specjalistycznymi technikami geodezyjnymi. Zwrócić należy jednak uwagę również na to, że ocena dokładności pozycji podawana przez system podczas pomiaru, jest przeciętnie o około 50% zawyżona w stosunku do rzeczywistych błędów wyznaczonej pozycji.

## BIBLIOGRAFIA

- Couronneau N., Duffett-Smith P., Mitelman A. *Calculating Time-to-First-Fix*. GPS World 2011.  
Kęska W., Ratajczak P. *Research of positioning precision by the selected GPS receiver in static and dynamic conditions*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2005, Vol. 50 (1).

Dr inż. Zbigniew Siejka  
Katedra Geodezji  
Uniwersytet Rolniczy  
ul. Balicka 253a  
30 – 198 Kraków  
e-mail: rmsiejka@cyf-kr.edu.pl  
tel. +48-12-662-45-39