



Efekty nieantenowych rekonfiguracji wyposażenia stacji GPS w Borowcu w obserwowanych współrzędnych

MAREK LEHMANN, LESZEK JAWORSKI¹

Polska Akademia Nauk, Centrum Badań Kosmicznych, Zakład Geodezji Planetarnej,
Obserwatorium Astrogeodynamiczne w Borowcu, 62-035 Kórnik,
¹ZGP CBK PAN, ul. Bartycka 18A, 00-632 Warszawa

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę wpływu zmian poszczególnych elementów wyposażenia stacji permanentnej IGS „BOR1” w Borowcu na wyznaczone współrzędne. Zmiany objęły następujące elementy: odbiornik, komputer oraz taktowanie odbiornika zewnętrznym wzorcem częstotliwości. Do analizy wykorzystano szeregi współrzędnych stacji w Borowcu zarówno z obliczeń sieci globalnych IGS, jak z własnych z rozwiązań wektorów lokalnych do punktów w Poznaniu (POZN) i Warszawie (CBKA).

Słowa kluczowe: wyposażenie stacji permanentnej GNSS (GPS), szeregi czasowe współrzędnych
Symbol UKD: 527

1. Wstęp

Zmiany sprzętu pomiarowego stosowanego na stacjach permanentnych IGS wynikają głównie z jego awarii lub konieczności modernizacji.

W latach 2006–2007 została przeprowadzona, planowana wcześniej, modernizacja infrastruktury stacji permanentnej IGS „BOR1” w Borowcu obejmująca:

- wymianę odbiornika,
- zmianę zasilania odbiornika w częstotliwość wzorcową z zewnętrznej na wewnętrzną,
- wymianę komputerów i oprogramowania.

Zachowano istniejącą antenę wraz z jej montażem. Kabel antenowy, od strony odbiornika, został zaopatrzony w „splitter” umożliwiający podłączenie dodatkowych odbiorników. Równoległe podłączenie starego i nowego odbiornika do jednej

anteny umożliwiło przeprowadzenie analizy stabilności i zgodności pozycji stacji BOR1 wyznaczonej z obydwu odbiorników.

2. Zamiana odbiorników i efekty w obserwacjach

2.1. Porównanie odbiorników

Dotychczasowy odbiornik TurboRogue firmy Allen Osborne As. został zastąpiony odbiornikiem NETRS firmy Trimble.

Odbiornik TurboRogue służył nieprzerwanie na stacji BOR1 od chwili jej włączenia do sieci IGS w dniu 10 I 1994 roku.

Poniższa tabelka przedstawia najistotniejsze różnice funkcjonalności między starym a nowym odbiornikiem.

TABELA 1

Porównanie funkcjonalności starego i nowego odbiornika na BOR1

Lp.	Cecha	TurboRogue	NETRS
1	Ilość kanałów	8	12
2	Rejestracja danych	1 tryb	wiele trybów
3	Pamięć wewnętrzna	3,5 MB	950 MB
4	Internet	brak	własne IP
5	Wykorzystanie widocznych satelitów	~83%	prawie 100%
6	Wyjścia strumieni danych		X
7	Wyjścia RTCM17		X
8	Częstotliwość rejestracji danych	max. 1/5 Hz	1/30, ..1., 10 Hz
9	Źródło częstotliwości wzorcowej	zewnętrzne	wewnętrzne

Nowy odbiornik NETRS podłączono do splittera w dniu 073 2007 roku (1418 tydzień GPS). Od tego czasu odbiorniki pracują równolegle, przy czym odbiornik dostarczający dane „oficjalne” do sieci IGS jest oznaczany jako „BOR1”, a drugi został umownie nazwany „BOR2”. Od dnia 073 do dnia 188 roku 2007 funkcję odbiornika głównego (BOR1) pełnił odbiornik TurboRogue, natomiast NETRS przypisany był do punktu BOR2. Po pomyślnych testach funkcjonalności z dniem 189 (początek 1435 tygodnia GPS) przyporządkowanie odbiorników zostało odwrócone — NETRS został przypisany do punktu BOR1, a TurboRogue stał się BOR2.

2.2. Równoległe szeregi współrzędnych: dwa odbiorniki — jedna antena

Szeregi czasowe jednoczesnych wyznaczeń współrzędnych dwu stacji GNSS, które mają wspólną antenę, a odrębne odbiorniki, są rzadkością. Najbardziej znane są produkty stacji w Robledo k. Madrytu, dla których do dziś generowane są szeregi obserwacyjne punktu 13407S012 jako MADR i MAD2.

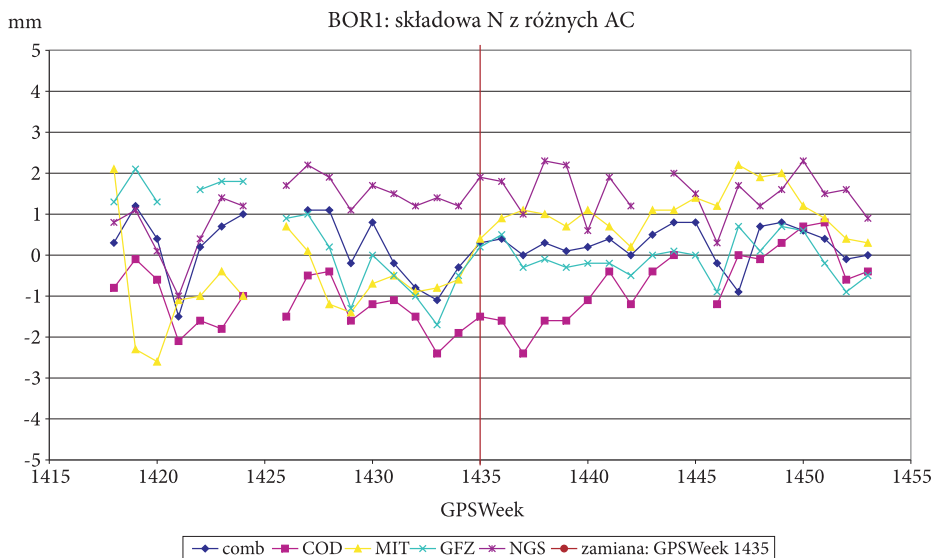
Drugim takim przykładem może być stacja Onsala, gdzie na punkcie 10402M004 w okresie 2003.01.14–2003.08.19 generowane były serie ONSA i OS0G.

Opracowania równoległych zmian współrzędnych stacji MADR i MAD2 oraz ONSA i OS0G były prezentowane na Konferencji KGS KBKiS PAN w Krakowie [5].

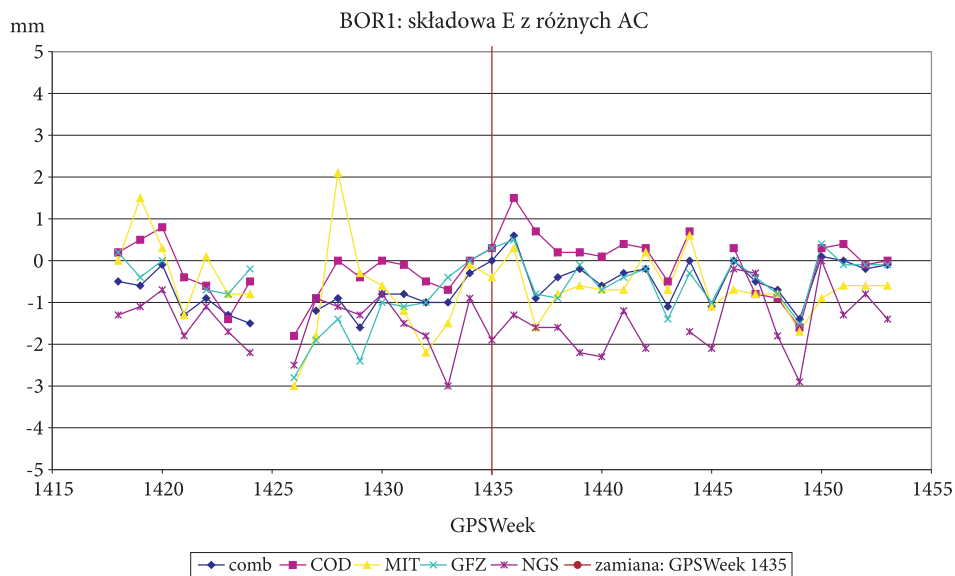
Inne szczegóły zmian współrzędnej wysokościowej stacji MADR i MAD2 można znaleźć w [6], gdzie wyznaczono między innymi:

- prędkość liniową: 1,92 i 8,37 mm/rok,
- amplitudę wyrazu rocznego: 2,48 i 1,77 mm,
- amplitudę wyrazu $\frac{1}{2}$ roku: 1,15 i 2,03 mm.

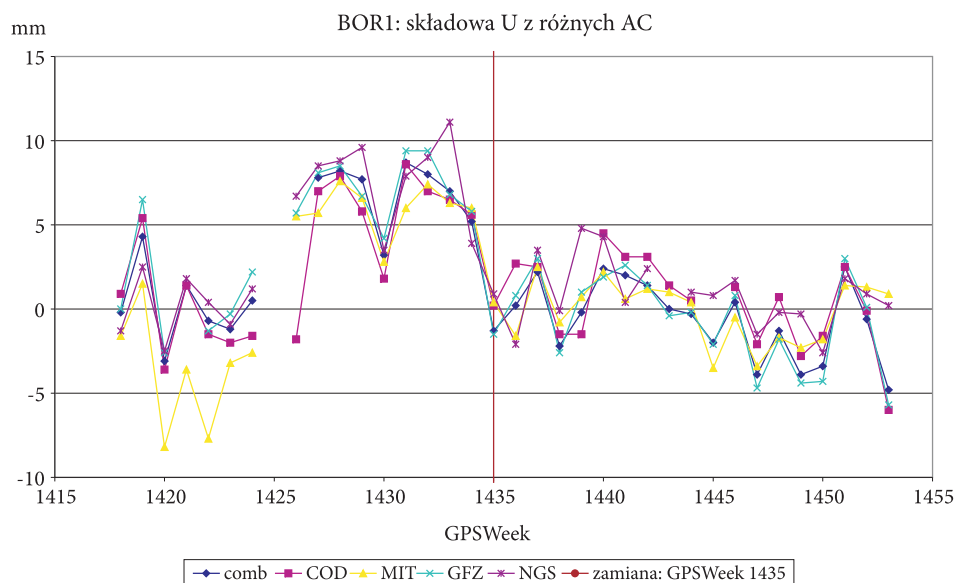
Szeregi obserwacyjne stacji BOR1, posiadającej status „reference” [1], są opracowywane przez 4 do 6 spośród 8 globalnych Centrów Analitycznych (AC) IGS. Tygodniowe wartości współrzędnych stacji BOR1 generowane przez poszczególne AC wraz z wartościami otrzymanymi jako średnie ważone są dostępne w raportach IGS serii MIT T2 [3]. Rysunki 1-3 pokazują przebieg zmian współrzędnych stacji



Rys. 1. Zmiany współrzędnej N punktu BOR1 przed zamianą i po zamianie odbiorników z obliczeń różnych AC



Rys. 2. Zmiany współrzędnej E punktu BOR1 przed zamianą i po zamianie odbiorników z obliczeń różnych AC

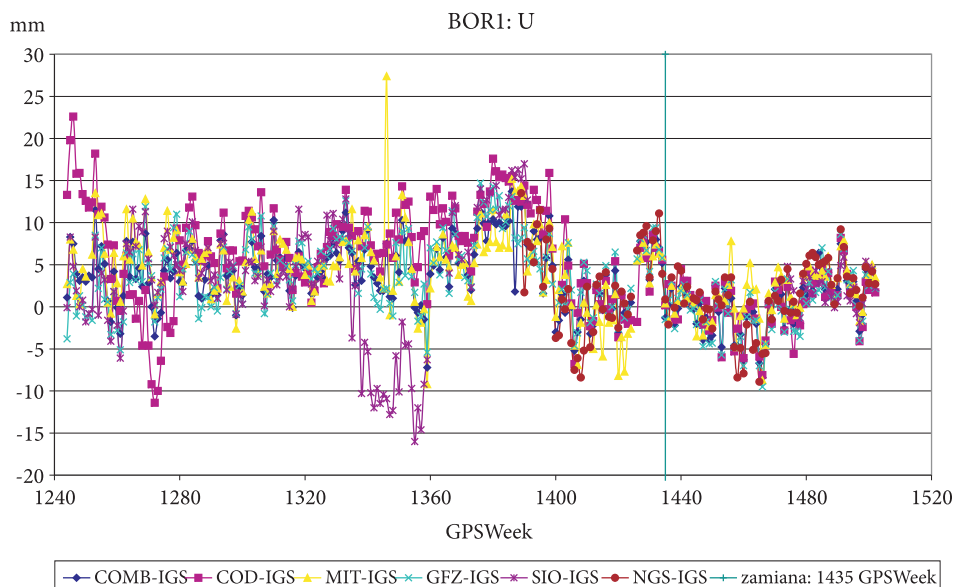


Rys. 3. Zmiany współrzędnej U punktu BOR1 przed zamianą i po zamianie odbiorników z obliczeń różnych AC

BOR1 w okresie od 1418 do 1453 tygodnia GPS. Interwał ten zawiera 18 tygodni pracy odbiornika TurboRogue i 18 tygodni pracy odbiornika NETRS dla poszczególnych rozwiązań.

Analiza powyższych rysunków pozwala stwierdzić, że w przypadku współrzędnych horyzontalnych N i E nie zaszły w opracowaniach globalnych jakiegokolwiek efekty wywołane zamianą odbiorników. Powyższej uwagi nie można odnieść do przebiegu składowej wysokościowej U. Pozorna okresowość o amplitudzie rzędu 5 mm przeszła w ustabilizowany przebieg z pewnym trendem liniowym przesunięty systematycznie też o kilka mm. W celu weryfikacji spostrzeżenia o ewentualnym skoku systematycznym składowej wysokościowej punktu BOR1, sporządzony został analogiczny wykres do przedstawionego na rysunku 3, lecz obejmujący szerszy okres (od 1244 do 1504 tygodnia GPS).

Przebieg widoczny na rysunku 4 nie daje podstaw do jednoznacznej odpowiedzi, czy przesunięcie od 1435 tygodnia GPS zostało wywołane zamianą odbiorników, czy jest częścią innego procesu długookresowego. Warto odnotowania jest wyraźna poprawa zgodności rezultatów poszczególnych AC.



Rys. 4. Zmiany w dłuższym przedziale czasowym składowej wysokościowej punktu BOR1 z obliczeń różnych AC

Brak widocznych efektów zamiany odbiorników na wyznaczane w poszczególnych ośrodkach AC współrzędnych stacji BOR1 skłonił nas do wykonania dodatkowych opracowań, w których uwzględniono jednocześnie obydwa odbiorniki.

Utworzone zostały dwie siatki:

- 1) z wektorami krótkimi (17 km) POZN-TurboRogue i POZN-NETRS;
- 2) z wektorami długimi (300 km) CBKA-TurboRogue i CBKA-NETRS.

Na podstawie dostępnych danych obserwacyjnych w formacie RINEX utworzono dla okresu od 1 stycznia 2007 roku do 15 maja 2008 roku następujące ciągi obserwacji:

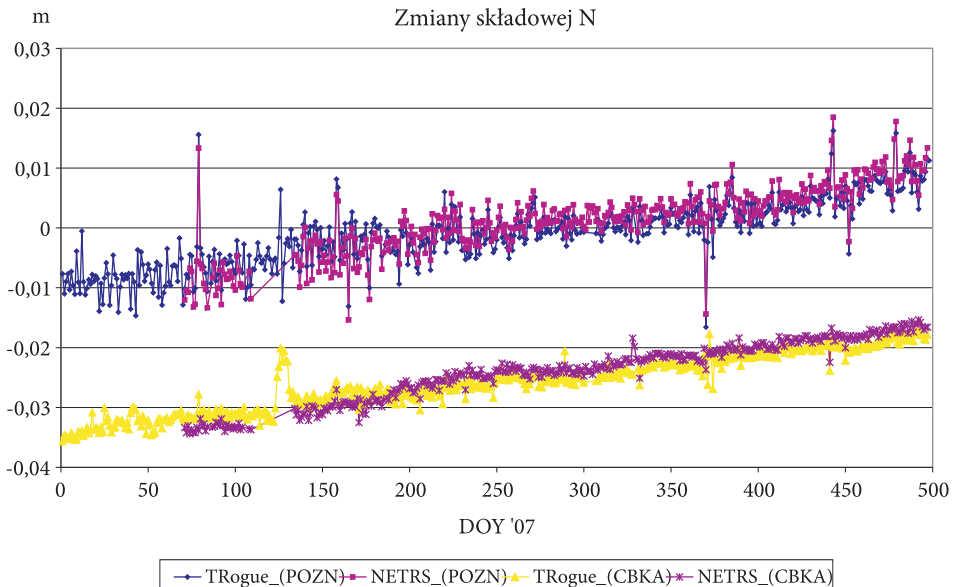
- CBKA-TurboRogue: 483 sesje,
- CBKA-NETRS: 397 sesji,
- POZN-TurboRogue: 484 sesje,
- POZN-NETRS: 397 sesji.

Opracowanie wykonano programem Bernese GPS Software wersja 5.0 z uwzględnieniem orbity precyzyjnej IGS Final oraz parametrami opracowania zgodnymi ze stosowanymi w sieci EPN.

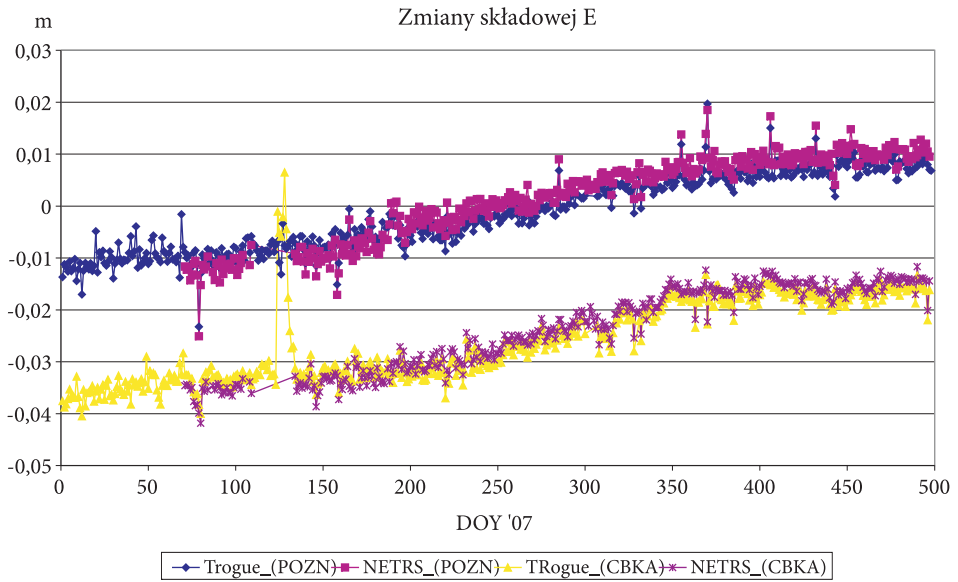
Rysunki 5-7 przedstawiają przebieg zmian współrzędnych punktu BOR1 o nazwie zgodnej z analizowanym odbiornikiem względem stacji POZN i CBKA.

Dla ułatwienia czytelności wykresów wartości odnoszące się do CBKA zostały przesunięte o -3 cm względem obliczonych. Nie zmienia to istoty zagadnienia, jako że wartości początkowe nie odgrywają istotnej roli w rozważanych tutaj zagadnieniach.

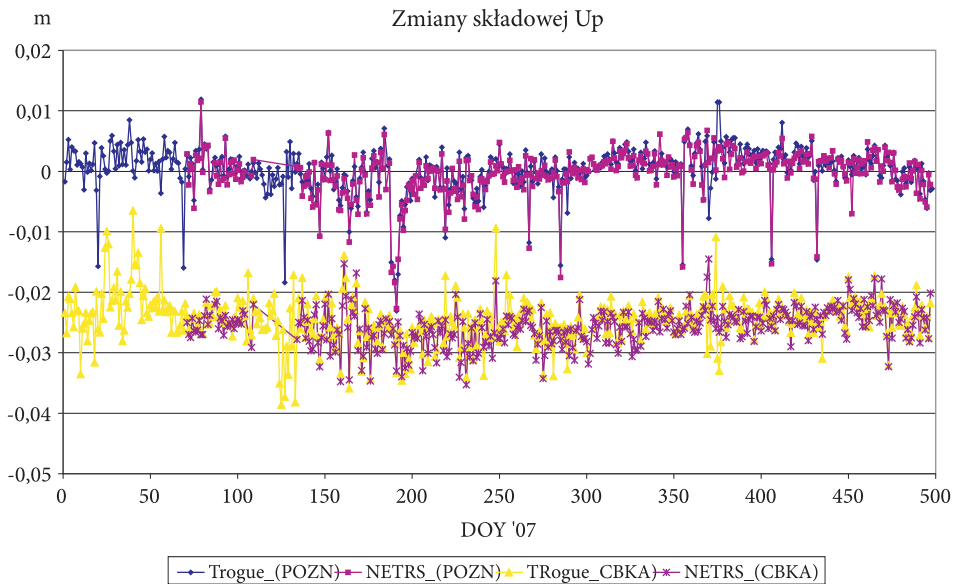
Przytoczone rysunki 5, 6, 7 pokazują wpływ zmiany odbiorników na wyznaczenie współrzędnych stacji. Systematyczne różnice są łatwiej zauważalne we współrzędnych horyzontalnych i mogą osiągać wielkość 3 mm.



Rys. 5. Zmiany składowej N punktów „TurboRogue” i „NETRS” względem POZN i CBKA



Rys. 6. Zmiany składowej E punktów „TurboRogue” i „NETRS” względem POZN i CBKA



Rys. 7. Zmiany składowej U punktów „TurboRogue” i „NETRS” względem POZN i CBKA

Widoczny na rysunkach 5 i 6 trend we współrzędnych poziomych jest wynikiem niezredukowanych ruchów własnych stacji (wszystkie wyniki są obliczone na epokę pomiarów).

3. Podsumowanie

Modernizacja stacji permanentnej GNSS pociąga za sobą ryzyko wystąpienia zmian jej współrzędnych. Dlatego przystępując do modernizacji stacji BOR1, szukano takiego wariantu, który zminimalizowałby negatywne efekty wymiany sprzętu. Doświadczenia zdobyte w wyniku wymiany anteny na punkcie BOR1 31 maja 1999 r. i przedstawione w [4] zaowocowały przyjęciem rozwiązania zakładającego zachowanie na punkcie istniejącej anteny Dorne Margolin model T i wymianę jedynie odbiornika wraz z oprzyrządowaniem pomocniczym. Działanie to okazało się optymalne z punktu widzenia stabilności pozycji stacji. Uzyskano jednocześnie poprawę spójności wyników i możliwość generowania potoków danych wymaganych w systemach czasu rzeczywistego, co było jednym z głównych celów wykonanych prac modernizacyjnych.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006-2009 jako projekt badawczy nr 4T12E 007 30.

Artykuł wpłynął do redakcji 11.03.2009 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano we wrześniu 2009 r.

LITERATURA

- [1] R. FERLAND, *Proposed IGS05 Realization*, <http://igs.cb.jpl.nasa.gov/mail/igsmail/2006/msg00170.html>
- [2] R. DACH, U. HUGENTOBLE, P. FRIEDEL, M. MEINDL, *Bernese GPS Software Version 5.0*, Astronomical Institute, University of Bern, 2007.
- [3] T. HERING, *MIT T2 Analysis Report*, <http://igs.cb.jpl.nasa.gov/mail/igsreport>, MIT, Cambridge.
- [4] M. LEHMANN, L. JAWORSKI, *The BOR1 IGS Station*, IGS-1999 Technical Report, IGS Central Bureau, November 2000.
- [5] M. LEHMANN, L. JAWORSKI, *Analiza Szeregów Zmian Współrzędnych Bardzo Bliskich Stacji Permanentnych GPS*, Seminarium „Satelitarne Metody Wyznaczania Pozycji we Współczesnej Geodezji i Nawigacji”, Kraków, 23-24.09.2004.
- [6] W. ZHU et al., *Global elevation vibration and seasonal changes derived by the analysis of GPS height*, Science in China, Series D, 46, 8, Springer, 2003, 765-778.

M. LEHMANN, L. JAWORSKI

**Non-antenna effects of equipment reconfiguration at Borowiec GPS station
in observed coordinates**

Abstract. The article presets the analysis of influence of different elements of the IGS BOR1 station equipment on computed coordinates. Changes concern the receiver, computer and time oscillator. For analysis we used time series of the BOR1 station coordinates, computed by global Analysis Centres and own solutions for local baselines between two receivers in Borowiec and stations POZN and CBKA.

Keywords: GPS receiver replacement, GNSS (GPS) station coordinate, comparison of time series

Universal Decimal Classification: 527

