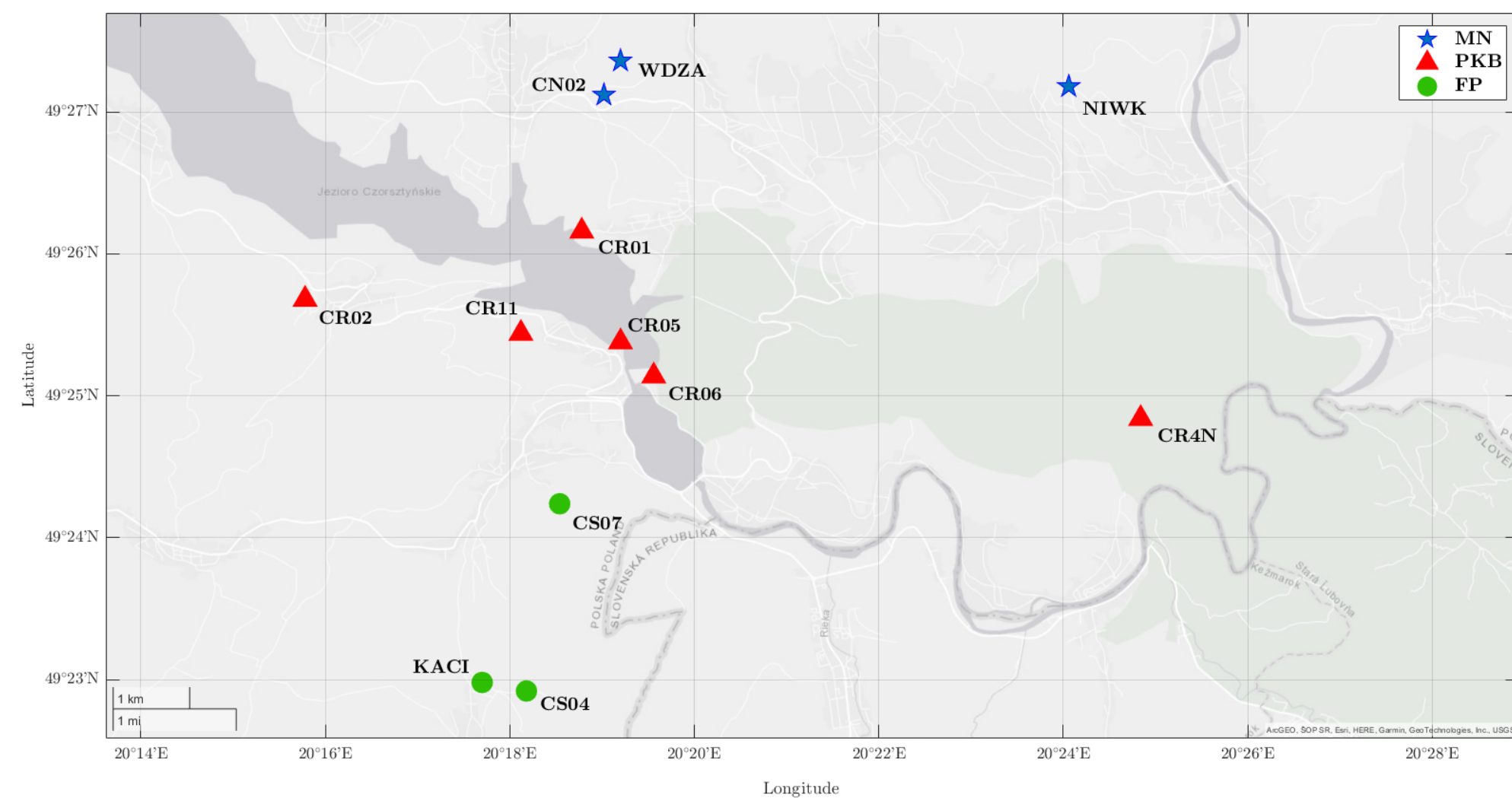


## WPROWADZENIE

Pieniński Poligon Geodynamiczny usytuowany jest w środkowej części strefy pomiędzy Karpatami Wewnętrznymi, a Zewnętrznymi. Przedmiotem badań było sprawdzenie, czy Pieniński Pas Skałkowy (**PKB**) wykazuje aktywność neotektoniczną względem otaczających go struktur – Fliszu Podhalańskiego (**PF**) oraz Płaszczowiny Magurskiej (**MN**). Badanie to było przeprowadzone na podstawie badania ruchu stacji położonych na obszarze wymienionych trzech struktur, które tworzą Pieniński Poligon Geodynamiczny. Aby określić ruchy poziome poszczególnych struktur opracowano wyniki pomiarów satelitarnych wykonywanych w latach 2004 - 2020.



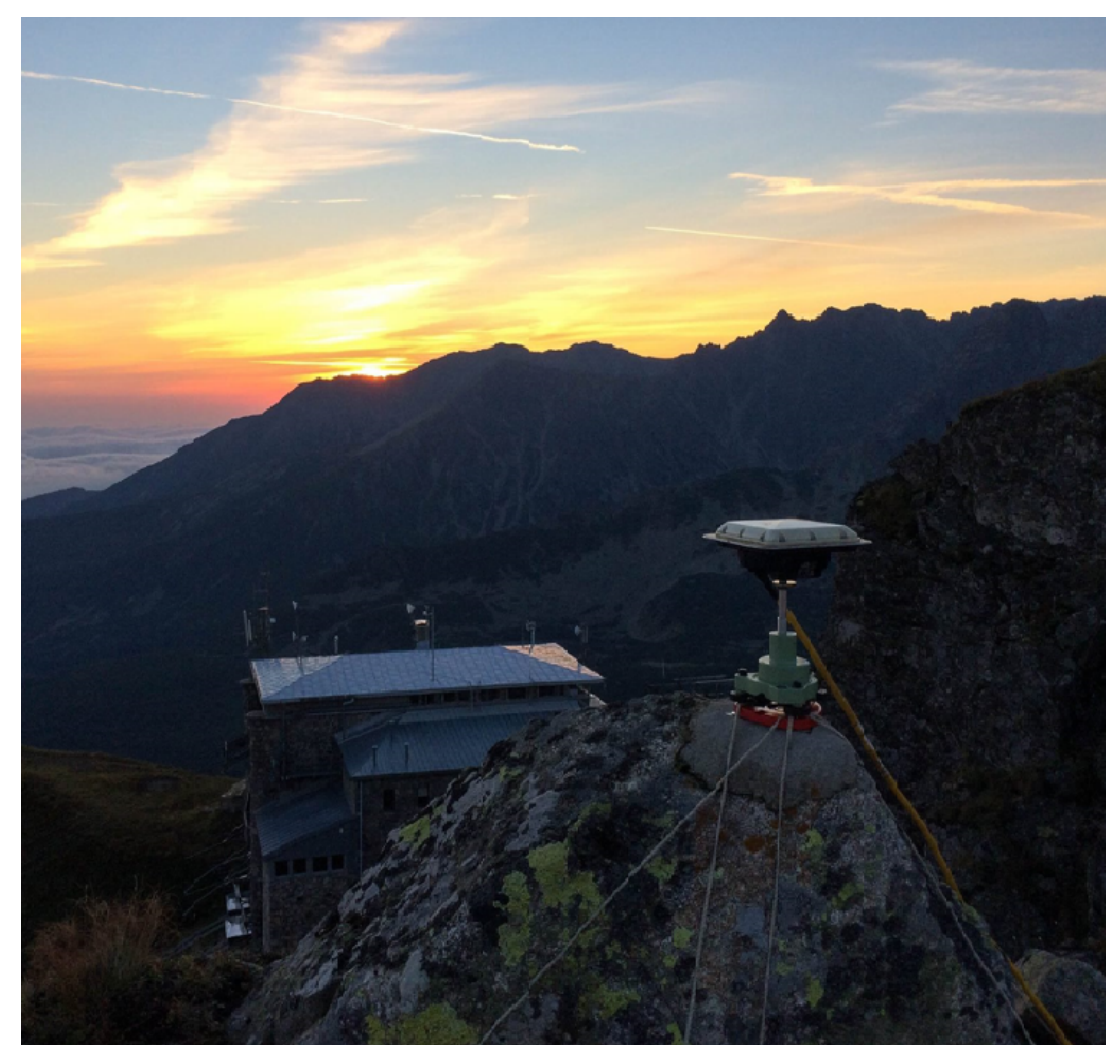
Rycina 1: Mapa rozmieszczenia stacji PKB.

W skład Pienińskiego Poligonu Geodynamicznego wchodzi 12 stacji GNSS:

- 6 stacji wewnątrz **PKB**;
- 3 stacje w obrębie **MN**;
- 3 stacje w obrębie **PF**.

Poligon geodynamiczny uzupełniany jest przez 4 stacje położone w Tatrach.

Sieć GNSS zastabilizowana jest w postaci mosiężnych tulei znajdujących się w rodzimej skale, umożliwiając wymuszone centrowanie anten GNSS. Ich lokalizacja została wybrana w taki sposób, aby w ich pobliżu znajdowało się jak najmniej przeszkód terenowych. Dla punktów bazowych (**NIWK**, **KACI**, **WDZA**, **HAGA**, **KAWI**, **GUBA**) pomiary trwają 72 godziny, a na pozostałych punktach sesja obserwacyjna ma długość od 6. do 12. godzin. Obserwacje wykonywane są corocznie w pierwszej dekadzie września, z wykorzystaniem systemów - GPS i GLONASS.



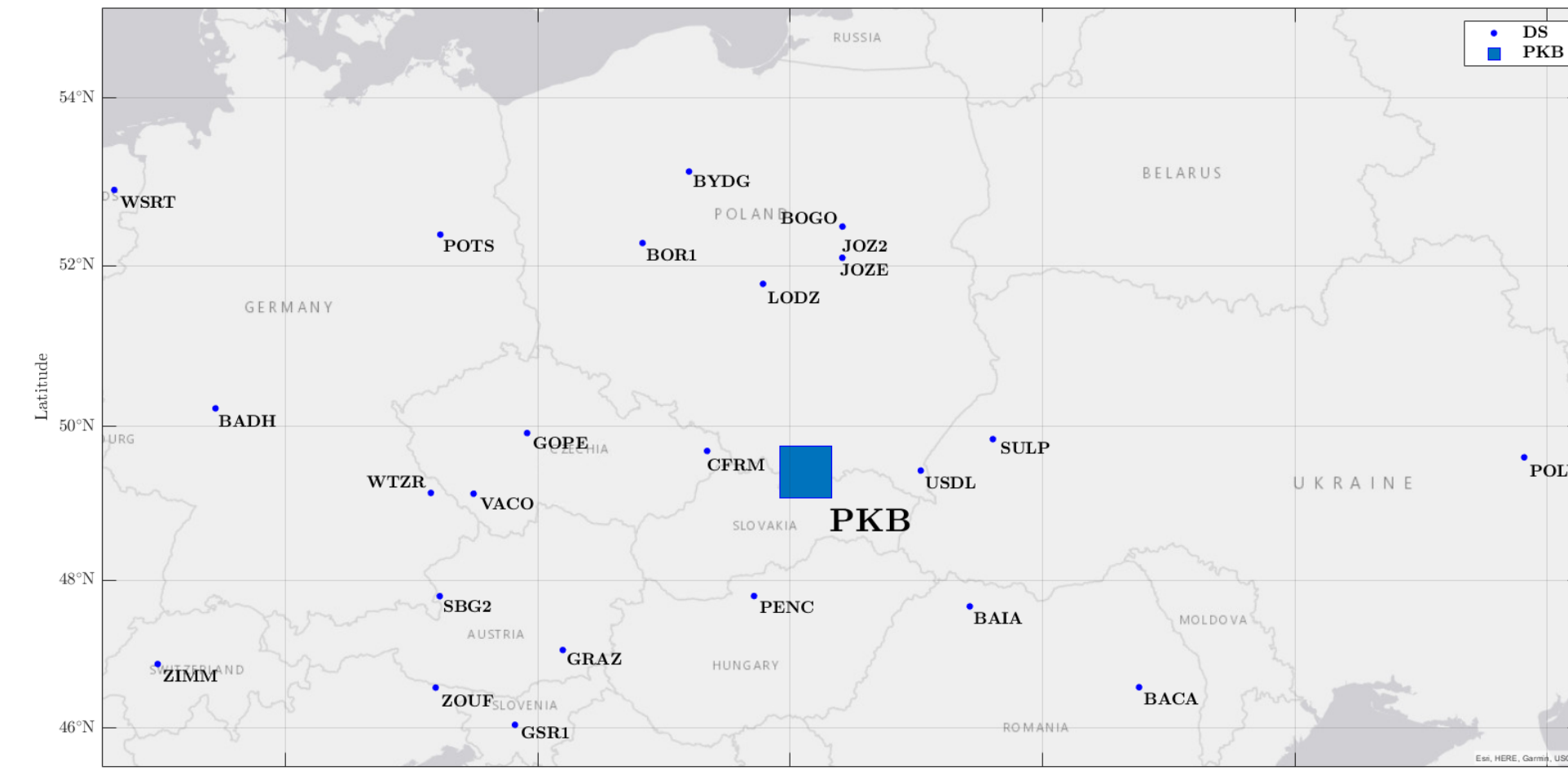
Rycina 2: Przykład stabilizacji punktów sieci GNSS.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Altamimi, Z.; Reischung, P.; Métivier, L.; Collilieux, X.:2016, ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions. J. Geophys. Res. Solid Earth 2016, 121, 6109–6131
- [2] EPN, Position Time Series. Multi-year EPN Solution. [http://www.epncb.oma.be/\\_productsservices/timeseries/](http://www.epncb.oma.be/_productsservices/timeseries/) [Accessed: 22 June 2021]
- [3] Walo, J. (ed.): 2010, The unified gravimetric reference system for the Polish GNSS stations and the geodynamic test fields. Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warsaw, (in Polish).

## METODYKA

Opracowanie danych zostało wykonane z wykorzystaniem oprogramowania Bernese GNSS Software (Dach et al. 2020). Analityczno przedziału czasowe obejmujące 4. dni, podczas których wykonywane były pomiary na punktach Pienińskiego Poligonu Geodynamicznego. Do zdefiniowania systemu IGB14 posłużyło 24. stacje EUREF (Euref Permanent GNSS Network).



Rycina 3: Mapa położenia stacji referencyjnych (DS).

Punkty zostały wybrane na podstawie następujących kryteriów:

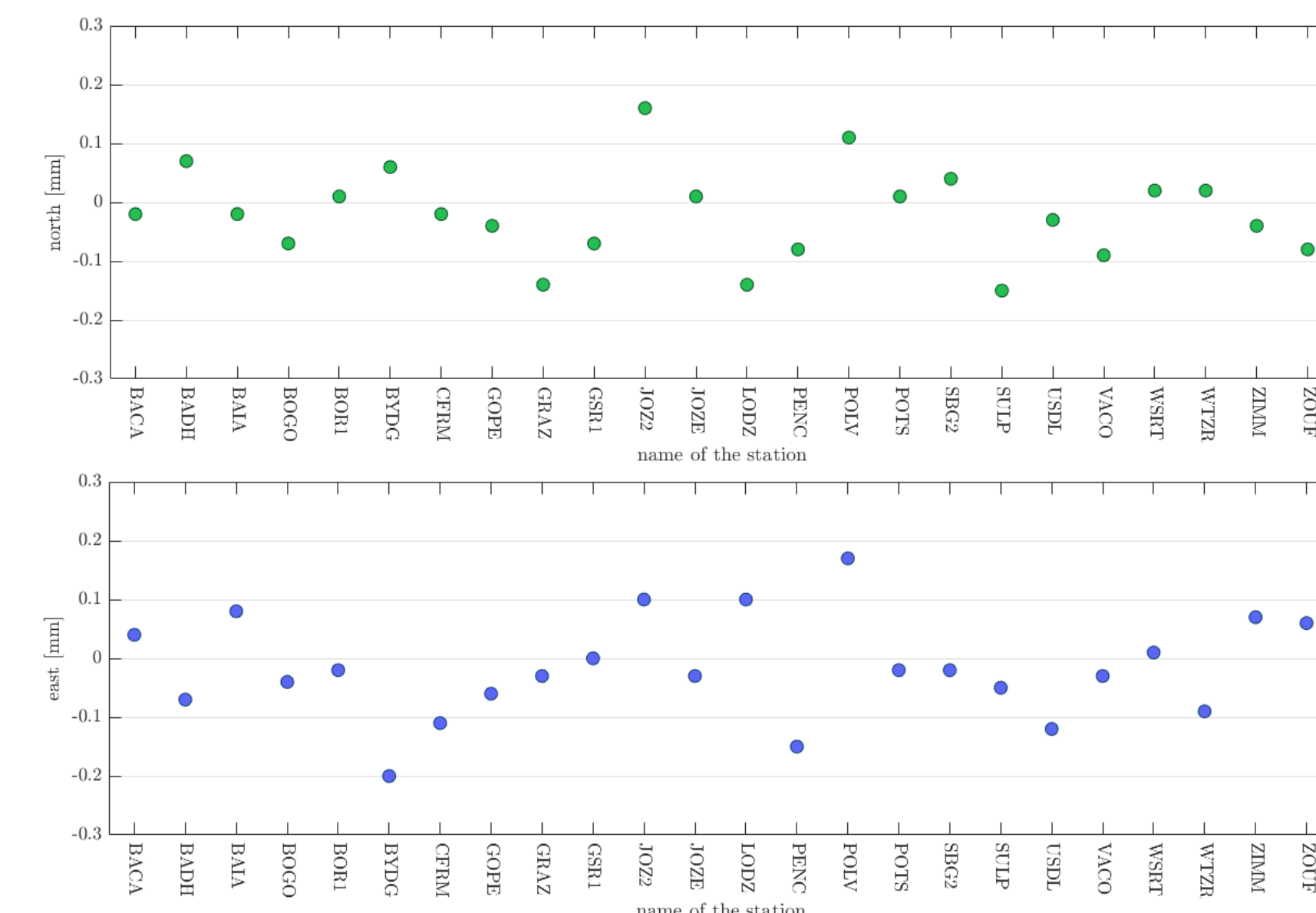
- lokalizacji (najmniejsza odległość od **PKB** oraz równomierne rozłożenie);
- długości dostępnych danych;
- najmniejszej liczby nieciągłości.

Prędkości stacji wyznaczone były na dwa sposoby - przy użyciu wzoru 2. oraz korzystając z aplikacji EPN CB Coordinate Transformation Tool udostępnianej przez EPN.

$$\dot{X}_{yy}^E = \dot{X}_{yy}^I + \begin{pmatrix} 0 & -\dot{R}_{3yy} & \dot{R}_{2yy} \\ \dot{R}_{3yy} & 0 & -\dot{R}_{1yy} \\ -\dot{R}_{2yy} & \dot{R}_{1yy} & 0 \end{pmatrix} \times X_{yy}^I$$

, gdzie  $X_{yy}^I$  - wektor współrzędnych stacji w ITRS,  $\dot{X}_{yy}^I$  - wektor prędkości stacji w ITRS,  $X_{yy}^E$  - wektor współrzędnych stacji w ETRS,  $\dot{X}_{yy}^E$  - wektor prędkości stacji w ETRS. Parametry rotacji prędkości  $\dot{R}_{1yy}$ ,  $\dot{R}_{2yy}$ ,  $\dot{R}_{3yy}$  są trzema składowymi Euroazjatyckiego wektora Eulera wyrażonymi w ITRF<sub>yy</sub>.

Dla kontroli wyrównania wykonano porównanie prędkości obliczonych dla stacji referencyjnych z modelem EUREF.



Rycina 4: Różnice pomiędzy wartościami prędkości wyrównania, a wartościami prędkości z modelu EUREF (odpowiednio dla składowej N i E).

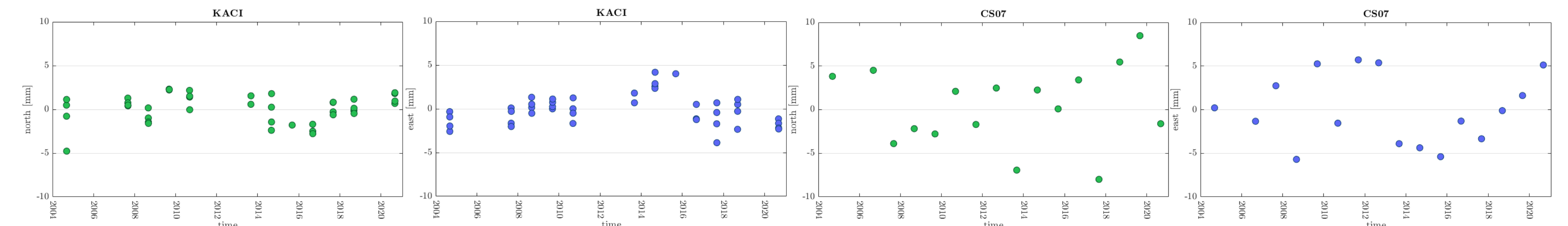
Różnice dla składowej północnej jak i wschodniej są na poziomie setnych części milimetra. Największe różnice dotyczą stacji referencyjnych z dużą liczbą nieciągłości (GRAZ, POLV, LODZ).

## RUCHY POZIOME

Prędkości zmian współrzędnych poziomych wyznaczone były zarówno w rozwiązaniach krótkookresowych - dobowych jak i długookresowym - obejmującym szesnaście epok pomiarowych. Prędkości zmian współrzędnych punktów na daną epokę obserwacyjną były wyznaczone jako średnia ważona z rozwiązań dobowych. Jako waga zostały przyjęte odwrotności kwadratów błędów średnich RMS dla poszczególnych składowych współrzędnych. Na tej podstawie możliwe było określenie liniowego trendu zmian współrzędnych w układzie topocentrycznym. Rezidua wyznaczone były w kierunkach północ - południe (składowa North) oraz w kierunku wschód - zachód (składowa East). Obliczono je odejmując prędkość Płyty Euroazjatyckiej, która wyznaczona była na podstawie modelu ITRF2014 (Altamini et. al. 2016). Prędkości wyrażono w ETRF2010 na epokę 01.01.2010.

Stacja	Jednostka	Rezidua prędkości		Rezidua prędkości - błędy	
		North [mm/rok]	East [mm/rok]	North [mm/rok]	East [mm/rok]
CR01		0.1	-0.5	±0.30	±0.14
CR02		-0.5	-0.5	±0.38	±0.20
CR4N		-0.4	1.6	±0.41	±0.14
CR05	<b>PKB</b>	-1.3	-0.7	±0.39	±0.20
CR06		0.6	0.3	±0.16	±0.08
CR11		-1.0	1.5	±0.43	±0.23
Średnia		-0.4	0.3	±0.35	±0.17
NIWK		-0.8	0.2	±0.07	±0.04
WDZA	<b>MN</b>	-0.4	0.5	±0.06	±0.04
CN02		0.2	0.4	±0.40	±0.28
Średnia		-0.3	0.4	±0.21	±0.12
KACI		-0.4	0.7	±0.05	±0.03
CS04	<b>PF</b>	-0.8	-0.2	±0.55	±0.28
CS07		-0.7	-2.0	±0.27	±0.12
Średnia		-0.6	-0.5	±0.29	±0.14

Tabela 1: Podsumowanie reziduiów prędkości poziomych.

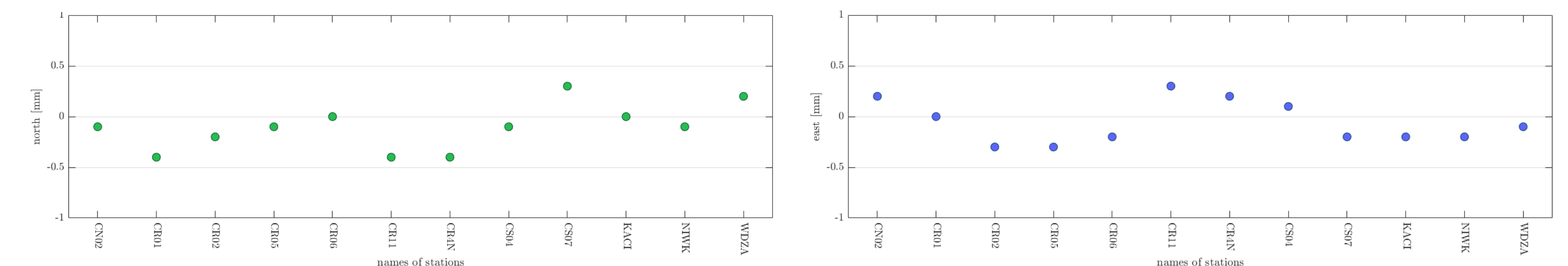


Rycina 6: Mapa wektorów prędkości poziomych.

Rezidua w przypadku punktów bazowych (obserwacje 72. godzinne (**KACI**)) są zdecydowanie mniejsze niż na pozostałych punktach (**CS07**).

## ANALIZA PORÓWNAWCZA

Porównanie z wynikami wyrównania z roku 2016 wykazało różnice na średnim poziomie ±0.3 mm/rok. Największe różnice dotyczą punktów, gdzie wykonywane były obserwacje 6. godzinne, tj. **CR4N**, **CR01**, **CR02** i charakteryzują się tym samym znakiem w prawie wszystkich przypadkach, dla obu składowych (północnej i wschodniej). W opracowaniu z roku 2016 wykorzystano dane jedynie z 5. stacji referencyjnych (UZHL, GRAZ, WTZR, JOZ2, BOR1), przy czym stacja UZHL nie uczestniczyła w aktualnym opracowaniu, co mogło wpłynąć na powstałe rozbieżności.

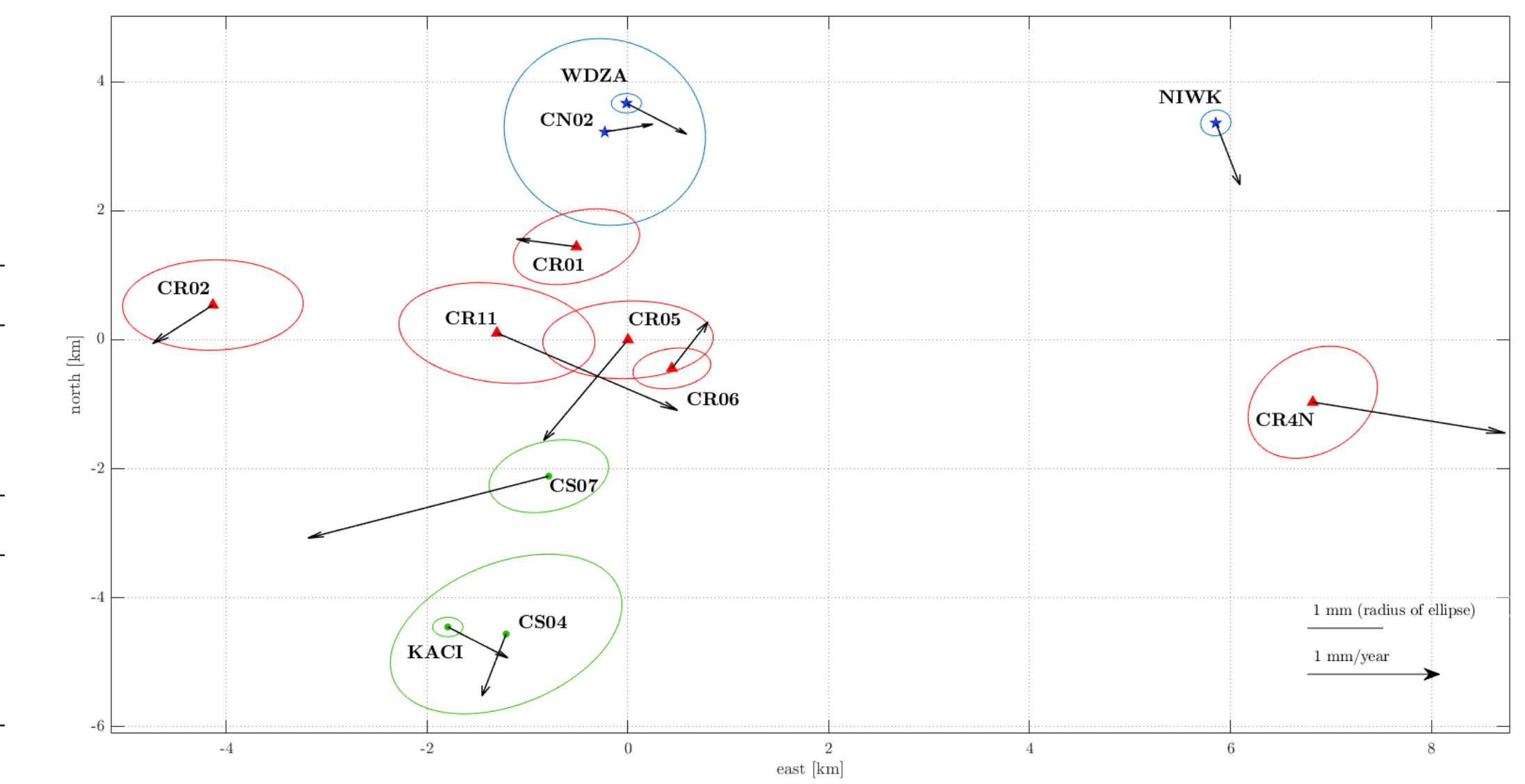


Rycina 7: Wykresy błędów RMS kolejno dla składowej północnej i wschodniej.

## WNIOSKI

- 1). prędkości dla punktów zlokalizowanych w obrębie **PKB** osiągają zbliżone wartości z zakresu ±0.2 – 0.7mm/rok (większe wartości przyjmują tylko punkty CR05 w kierunku północnym –1.3mm/rok, CR11 w kierunku wschodnim 1.4mm/rok oraz CR02 w kierunku północnym);
- 2). średnia prędkość dla **PKB** w układzie IGB14 to –0.4 mm/rok w kierunku północnym oraz 0.3 mm/rok w kierunku wschodnim;
- 3). dla punktów położonych na obszarze **MN** prędkości w kierunku północnym osiągały wartości około –0.3 mm/rok w kierunku północnym i około 0.4 mm/rok w kierunku wschodnim;
- 4). prędkości punktów znajdujących się na **PF** to około –0.6mm/rok w kierunku północnym i –0.5 mm/rok w kierunku wschodnim.

Osie elips błędów w przypadku punktów, gdzie przeprowadzane były sesje 6 - godzinne nie są dłuższe niż 1.5 mm. Dla punktów, gdzie sesje miały długość 72. godzin, osie elips mają długość poniżej 0.2 mm. Ta różnica pozwala zauważyć, że dłuższy czas obserwacji ma istotny wpływ na wyznaczenie prędkości punktu.



Rycina 5: Mapa wektorów prędkości poziomych.