

**Opracowanie modelu quasi-geoidy dla obszaru Polski**

**OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA**

1. Przedmiotem zamówienia (konkursu) jest opracowanie metodyki wyznaczenia modelu quasi-geoidy oraz przygotowanie na tej podstawie modelu quasi-geoidy służącej do przeliczeń wysokości elipsoidalnych z układu PL-ETRF2000-GRS80h do wysokości normalnych PL-EVRF2007-NH, w postaci siatki o wielkości oczka  $0,01^\circ \times 0,01^\circ$  w zakresie  $\varphi$   $48,8^\circ$ - $55,2^\circ$  i  $\lambda$   $13,8^\circ$ - $24,3^\circ$ .
2. Główną cechą nowego modelu quasi-geoidy dla Polski ma być spójność wyników otrzymanych z wykorzystaniem opracowanego modelu z wynikami pomiarów niwelacyjnych wykonanych metodami klasycznymi względem geodezyjnej osnowy wysokościowej w układzie PL-EVRF2007-NH.
3. Zamawiający udostępni dane dostępne w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym:
  - 1) dane punktów osnowy grawimetrycznej;
  - 2) dane dotyczące punktów podstawowej osnowy geodezyjnej;
  - 3) dane satelitarno-niwelacyjne wykonane na stacjach systemu ASG-EUPOS oraz ich punktach ekscentrycznych;
  - 4) inne dane znajdujące się w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym, o które wystąpi Uczestnik Konkursu.
4. Ponadto na potrzeby opracowania przedmiotu konkursu Zamawiający udostępni dane pozyskane z innych instytucji, w tym:
  - 1) wartości przyspieszenia siły ciężkości (w systemie bezpływowym/none-tide) na fragmentach linii niwelacyjnych 2 klasy w okolicach Warszawy i Grybowa (ok. 110 punktów) oraz na punktach poligonów geodynamicznych w rejonie Pienin i Tatr (ok. 530 punktów) – udostępnione przez Politechnikę Warszawską;
  - 2) dane grawimetryczne ze strefy przybrzeżnej Morza Bałtyckiego - udostępnione przez Politechnikę Gdańską;
  - 3) dane z Centralnej Bazy Danych Geologicznych Państwowego Instytutu Geologicznego, dotyczące punktów zdjęcia półszeregółowego, zawierające: pomierzone wartości natężenia pola grawitacyjnego (wartość  $g$  wyznaczona w dowiązaniu do wartości absolutnej składowej pionowej pola siły ciężkości w punkcie absolutnym obserwatorium w Poczdamie – tzw. “stary Poczdam”), źródłowe współrzędne geograficzne w układzie Borowa Góra, wartości wysokości punktów grawimetrycznych wraz z układem odniesienia, datę zakończenia pomiarów;
  - 4) dane grawimetryczne Republiki Czeskiej dla pasa o szerokości ok. 45 km wzdłuż granicy z Polską, w siatce  $1,5' \times 3'$ , zawierające średnie wysokości normalne pozyskane z numerycznego modelu terenu, średnie anomalie grawimetryczne, średnie anomalie Faye'a, średnie anomalie wysokości z modelu quasi-geoidy ZU2013;
  - 5) dane grawimetryczne Republiki Słowacji dla pasa o szerokości ok. 50 km wzdłuż granicy z Polską, zawierające średnie wartości anomalii wolnopowietrznych w siatce  $2 \times 2$  km.

5. Zamawiający dopuszcza wykorzystanie innych danych pozyskanych lub będących w posiadaniu przez Uczestnika Konkursu, o ile nie naruszają praw autorskich i licencyjnych osób trzecich. W przypadku wykorzystania dodatkowych danych należy również opisać ich charakterystykę dokładnościową i aktualność. Wybrane do dalszych prac dane źródłowe należy przekazać Zamawiającemu w postaci tabeli zawierającej charakterystykę dokładnościową i aktualność danych.
6. W ramach konkursu Wykonawca dostarczy Zamawiającemu dokumentację zawierającą:
  - I. Przegląd dostępnych danych źródłowych wraz z uzasadnieniem wyboru danych do opracowania niniejszego modelu quasi-geoidy.
  - II. Przegląd i ocenę (zalety/wady) najważniejszych metod wyznaczania modeli geoidy i quasi-geoidy oraz opis wybranej lub opracowanej metody wyznaczenia modelu wraz z uzasadnieniem.
  - III. Opracowanie modelu geoidy grawimetrycznej.
  - IV. Opracowanie modelu quasi-geoidy.
  - V. Analizę dokładności.

7. Szczegółowe wytyczne dotyczące opracowania dokumentacji, o której mowa w ust. 6.

#### **I. Przegląd dostępnych danych źródłowych wraz z uzasadnieniem wyboru danych do opracowania modelu quasi-geoidy.**

Dokumentacja obejmuje co najmniej:

- 1) analizę dostępnych i stosowanych aktualnie globalnych/europejskich modeli geopotencjału (geoidy) - np. publikowanych na stronie International Service for the Geoid ISG: [https://www.isgeoid.polimi.it/Geoid/geoid\\_rep.html](https://www.isgeoid.polimi.it/Geoid/geoid_rep.html);
- 2) analizę dostępnych danych topograficznych w zakresie numerycznego modelu terenu (NMT); w szczególności należy uwzględnić dane NMT dostępne w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym pod kątem przydatności modelowania quasi-geoidy;
- 3) analizę danych grawimetrycznych - należy dokonać analizy i oceny dostępnych i możliwych do wykorzystania danych grawimetrycznych dla terenu Polski oraz krajów ościennych i obszaru M. Bałtyckiego.

#### **II. Przegląd i ocena (zalety/wady) najważniejszych metod wyznaczania modeli geoidy i quasi-geoidy oraz opis wybranej lub opracowanej metody wyznaczenia modelu wraz z uzasadnieniem**

Dokumentacja obejmuje co najmniej:

- 1) przegląd stosowanych współcześnie metodologii modelowania geoidy oraz quasi-geoidy;
- 2) przegląd i ocenę dostępnych do wykorzystania globalnych/europejskich modeli geoidy;
- 3) stosowane techniki modelowania quasi-geoidy pod kątem jej integracji z systemem wysokości normalnych realizowanym poprzez naziemną osnowę wysokościową;
- 4) uzasadnienie wybranej bądź opracowanej nowatorskiej metody wyznaczenia modelu geoidy i quasi-geoidy, zawierające:
  - a) opis przyjętego globalnego/europejskiego modelu geopotencjału;

- b) zasady wyboru punktów dla których określono modelowe anomalie grawimetryczne i anomalie wysokości wyznaczone z globalnego modelu geopotencjału użyte w procesie wyznaczania modelu geoidy/quasi-geoidy;
- c) wybór technik opracowania modelu anomalii wysokości;
- d) wybór metody wpasowania wraz z uzasadnieniem.

### III. Opracowanie modelu geoidy grawimetrycznej

1. Zamawiający wymaga przekazania:
  - 1) wykazu punktów z określonymi modelowymi anomaliami grawimetrycznymi i anomaliami wysokości wyznaczonymi z globalnego modelu geopotencjału użytych w procesie wyznaczania modelu geoidy/quasi-geoidy;
  - 2) wykazu wykorzystanych pomiarów grawimetrycznych wraz z ich aktualnością, w podziale na dane przekazane przez Zamawiającego i dane pozyskane z innych źródeł;
  - 3) wykazu wykorzystanych danych numerycznego modelu terenu wraz z charakterystyką dokładnościową, oczkiem siatki i aktualnością danych;
  - 4) porównania uzyskanego modelu geoidy z modelami globalnym i europejskim w postaci graficznego rozkładu różnic oraz analizy statystycznej dla każdego modelu.
2. W przypadku wykorzystania danych pozyskanych z innych źródeł należy przekazać te materiały.
3. Wykorzystane do opracowania modelu geoidy dane grawimetryczne powinny pozwolić na określenie ich dokładności.

### IV. Opracowanie modelu quasi-geoidy.

1. Zamawiający wymaga opracowania modelu:
  - 1) w siatce o wielkości oczka  $0,01^\circ \times 0,01^\circ$  w zakresie  $\varphi 48.8^\circ-55.2^\circ$  i  $\lambda 13.8^\circ-24.3^\circ$ ;
  - 2) w formatach:
    - a) tekstowym txt, przy czym w wierszach powinny znajdować się kolejno:  $\varphi$ ,  $\lambda$  (w zakresie  $\varphi 48,8^\circ-55,2^\circ$  i  $\lambda 13,8^\circ-24,3^\circ$ , dla oczek o wielkości  $0,01^\circ \times 0,01^\circ$ ), anomalia wysokości (z dokładnością zapisu do 0,001m),
    - b) rastrowym tif/img.
2. Do wpasowania modelu należy wykorzystać punkty satelitarno-niwelacyjne znajdujące się w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym, w szczególności punkty stacji systemu ASG-EUPOS lub punkty ekscentryczne stacji ASG-EUPOS, punkty sieci EUVN/EUVN\_DA, przy czym do wpasowania nie należy wybierać punktów leżących w pobliżu siebie, np. stacji ASG-EUPOS oraz ich punktów ekscentrycznych.
3. Wykaz punktów osnowy wykorzystanych przy tworzeniu modelu powinien zawierać wysokości elipsoidalne w układzie ETRF2000-GRS80h i wysokości normalne w układzie PL-EVRF2007-NH. Dla każdego punktu należy podać datę kampanii pomiarowej, z której pochodzą dane dotyczące punktu.

### V. Analiza dokładności:

1. Zamawiający wymaga przeprowadzenia analizy dokładności, przy czym wybór metodologii dotyczącej tej analizy pozostawia się Uczestnikowi Konkursu.
2. Analiza dokładności zostanie wykonana dla wszystkich modeli opracowanych w ramach przedmiotu konkursu (np. model geoidy i quasi-geoidy grawimetrycznej oraz model quasi-geoidy wpasowanej).
3. W przypadku, gdy do analizy dokładności modelu quasi-geoidy zostaną wykorzystane punkty oraz dane, które nie pochodzą z państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, Uczestnik Konkursu prześle wykaz punktów wraz z wysokościami elipsoidalnymi i normalnymi, które posłużyły do analizy dokładności.
4. Uczestnik Konkursu dokona porównania opracowanego modelu quasi-geoidy z obowiązującym modelem quasi-geoidy PL-geoid11-EVRF2007 w postaci graficznego rozkładu różnic oraz analizy statystycznej.