

Idzi Gajderowicz\*

## Propozycja nowego polskiego układu wysokościowego

### 1. Wstęp

W latach 1999–2002 wykonano większość nowych pomiarów polskiej sieci niwelacji precyzyjnej I klasy. Opracowanie tych pomiarów wiąże się z podjęciem decyzji określających podstawy nowego, wysokościowego układu odniesienia.

Przystępując do pracy, przyjęto, że w polskiej sieci niwelacyjnej będą stosowane wysokości normalne Mołodeńskiego. Określono sposób nawiązania sieci i obliczono odpowiednią wysokość przyjętego punktu nawiązania. Nowy układ odniesienia, nazwany wstępnie Kronsztad 2006, zdefiniowano w oparciu o znane wysokości reperów wyrażone w układzie Kronsztad 1986.

Zrezygnowano z próby nawiązania naszej sieci do mareografu w Amsterdamie, ponieważ oczekiwana w takim przypadku zmiana wysokości o około 15 cm utrudniałaby korzystanie z warstwic na istniejących mapach wielkoskalowych.

### 2. Parametry sieci

Nowe pomiary polskiej sieci niwelacji precyzyjnej I klasy wykonano w okresie od kwietnia 1999 roku do czerwca 2002 roku. Do sieci tej włączono także dwie linie pomierzone wcześniej, w 1997 i 1998 roku. Pomiar przebiegał w zasadzie wzdłuż linii pomierzonych w poprzedniej kampanii, w latach 1974–1982.

Przed pomiarem zastabilizowano około 3000 nowych reperów, które zastąpiły repery zniszczone lub niedostępne.

W roku 2003, na prośbę słowackiej służby geodezyjnej, pomierzono jeszcze jedną linię, zaś w latach 2004–2005, w ramach modernizacji osnowy wysokościowej II klasy na obszarze województw mazowieckiego, łódzkiego i małopolskiego pomierzono ponownie niewielkie fragmenty (zwykle po 2 odcinki) 25 linii I klasy.

---

\* Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn

Sieć składa się z 382 linii niwelacyjnych o łącznej długości 17 516 km. Średnia długość odcinka niwelacyjnego wynosi 1085 m. Do niektórych linii niwelacyjnych I klasy dowiązane są, jednostronnie lub dwustronnie, krótkie ciągi (linie) boczne, zaliczane tradycyjnie do sieci I klasy.

Łącznie w sieci znajduje się 16 230 reperów, w tym 217 na ciągach bocznych.

Do surowych wyników pomiaru dodano poprawki komparacyjne, termiczne i pływowe. Uwzględniono także poprawkę normalną Mołodeńskiego, obliczoną w oparciu o anomalie grawimetryczne (Faye'a). Anomalie te, wyrażone w systemie GRS-80, zostały pobrane przez prof. A. Łyszkowicza z Grawimetrycznej Bazy Danych Zakładu Geodezji Planetarnej CBK PAN.

Wyniki wstępnej oceny dokładności przedstawiają się następująco:

- błąd średni  $m_1$  podwójnego pomiaru odcinka o typowej długości 1 km, obliczony w oparciu o różnice wyników dwukrotnych pomiarów odcinków:  
 $m_1 = 0,278$  mm;
- błędy średnie obliczono według wzorów Lallemanda:
  - błąd przypadkowy:  $\eta = 0,264$  mm,
  - błąd systematyczny:  $\sigma = 0,080$  mm;
- błąd średni  $m_2$  obliczony w oparciu o różnice dwukrotnych pomiarów linii:
  - $m_2 = 0,518$  mm;
- błąd średni  $m_3$  obliczony w oparciu o błędy zamknięć poligonów niwelacyjnych:
  - $m_3 = 0,829$  mm.

Przystępując do definiowania nowego polskiego wysokościowego układu odniesienia, przeprowadzono ścisłe wyrównanie sieci nawiązanej jednopunktowo do reperu węzłowego Warszawa – Wola. Procedurę przeprowadzenia ścisłego wyrównania sieci niwelacyjnej, składającej się z linii niwelacyjnych, przedstawiono w [2].

Przyjęto, że wysokość reperu nawiązania równa jest wysokości katalogowej w układzie Kronsztad 1986, czyli 112,6395 m. Wysokości reperów obliczone w tym procesie wyrównania sieci przedstawione będą jako  $H_{ww}$ .

Błąd średni  $m_0$  typowej obserwacji (niwelacji odcinka/linii o długości 1 km) obliczony w procesie wyrównania sieci wynosi  $m_0 = 0,880$  mm. Na rysunku 1 przedstawiono przebieg izolinii utworzonych w oparciu o błędy średnie wyrównanych wysokości punktów węzłowych.

W pracy [1] można znaleźć bardzo podobne wyniki wstępnej oceny dokładności sieci, które zostały obliczone przed uwzględnieniem wyników pomiarów modernizacyjnych wykonanych w 2004 i 2005 roku.



Rys. 1. Izolinie błędów średnich wyrównanych wysokości punktów węzłowych przy założeniu, że punktem o znanej wysokości jest reper węzłowy Warszawa – Wola (skok: 1 mm)

### 3. Definicja nowego wysokościowego układu odniesienia

Europejski wysokościowy układ odniesienia nie został jeszcze zdefiniowany. W tej sytuacji w Departamencie Geodezji i SIG Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii zapadła decyzja o utworzeniu nowego polskiego wysokościowego układu odniesienia zdefiniowanego w taki sposób, aby nowe wysokości reperów różniły się jak najmniej od wysokości dotychczas obowiązujących, wyrażonych w układzie Kronsztad 1986.

Pierwszy wariant nowego układu oparty był na następującym założeniu: nowa sieć będzie dowiązana do tych samych 23 punktów JWSN (Jednolitej Wysokodokładnej Sieci Niwelacyjnej utworzonej przez połączenie sieci niwelacyjnej krajów byłego bloku wschodniego), do których dowiązано polską sieć pomierzoną w latach 1974–1982, tworząc układ Kronsztad 1986.

Porównanie wysokości JWSN z wysokościami w układzie roboczym WW wskazuje, że

- na północy Polski, dla reperów Dołuje i Braniewo różnice  $H_{WW} - H_{JWSN}$  wynoszą odpowiednio  $-41\text{mm}$  i  $-48\text{ mm}$ ;
- na południu Polski, przy granicy z Czechami i Słowacją, różnice  $H_{WW} - H_{JWSN}$  wynoszą od  $+4\text{ mm}$  w Złotym Stoku do  $+22\text{ mm}$  na Łysej Polanie.

Przyjęcie wysokości JWSN spowodowałoby zatem deformację sieci.

Wprowadzenie do wyrównania błędności punktów nawiazania przez przyjęcie różniących się wartości błędów średnich wysokości punktów nawiazania, tak jak zrobiono przy definiowaniu układu Kronsztad 1986 ( $m_H = 30\text{ mm}$  dla punktów na północy i  $m_H = 20\text{ mm}$  dla punktów na południu Polski), nie może być zaakceptowane. Nie uchroniłoby naszej nowej sieci przed wprowadzeniem deformacji wywołanych błędnymi wysokościami punktów nawiazania.

Biorąc dodatkowo pod uwagę, że w nowej sieci występuje tylko 12 spośród 23 starych punktów nawiazania zdecydowano, że wariant pierwszy należy odrzucić.

Wariant drugi nowego układu jest oparty na następującym założeniu: sieć należy wyrównać jako sieć nawiazaną jednopunktowo, przyjmując taką wysokość punktu nawiazania, aby średnia wartość różnic wysokości nowych, nazwanych  $H_{2006}$  i wysokości starych  $H_{1986}$  na punktach wiekowych była równa 0.

W rozwiązaniu nie jest istotne, który punkt węzłowy sieci będzie punktem nawiazania i jaką przyjmiemy wysokość tego punktu w procesie wstępnego wyrównania sieci, bo najistotniejszym krokiem w procesie definiowania nowego układu jest wyznaczenie odpowiedniego przyrostu wysokości do wstępnie przyjętej wysokości punktu nawiazania.

Można zatem do dalszego opracowania przyjąć przedstawiony już układ roboczy, którego wysokości oznaczone są jako  $H_{WW}$ .

W drugiej kolumnie tabeli 1 przedstawiono różnice:

$$R = H_{WW} - H_{1986}$$

obliczone dla punktów wiekowych.

Średnia wartość  $R$  wynosi  $-0,0061\text{ m}$ . A zatem do przyjętej wysokości reperu węzłowego Warszawa – Wola, równej  $112,6395\text{ m}$ , należy dodać  $0,0061\text{ m}$ , aby otrzymać wysokość tego reperu w nowym układzie, nazwanym wstępnie „Kronsztad 2006”.

Wysokość punktu nawiazania sieci (reper węzłowy Warszawa – Wola) w układzie Kronsztad 2006 wynosi:

$$H_{2006} = 112,6456\text{ m}.$$

Przyjmując taką wysokość punktu nawiązania, otrzymamy średnią wartość różnicy  $C = H_{2006} - H_{1986}$  dla punktów wiekowych równą 0. Różnice  $C = H_{2006} - H_{1986}$  obliczone dla punktów wiekowych przedstawiono w trzeciej kolumnie tabeli 1.

**Tabela 1.** Porównanie wysokości punktów wiekowych

Punkt wiekowy	$R = H_{WW} - H_{1986}$ [m]	$C = H_{2006} - H_{1986}$ [m]
Bobry (Prostki)	-0,0142	-0,0081
Jaroty	-0,0241	-0,0180
Łęczyce	-0,0250	-0,0189
Lesięcin	-0,0164	-0,0103
Chełmsko	-0,0157	0,0096
Bielawy	-0,0124	-0,0063
Borowa Góra	-0,0045	0,0016
Warszawa Grochów	0,0114	0,0175
Warszawa Zachód	0,0012	0,0073
Żabce	-0,0080	-0,0019
Smardzew/Wróblew	0,0029	0,0090
Brudzowice	-0,0043	0,0018
Sandomierz	0,0016	0,0077
Racibórz	0,0008	0,0069
Sanok	0,0145	0,0206
średnio	-0,0061 m	0,0000 m

Różnice te mieszczą się w granicach od -19 mm dla punktu wiekowego znajdującego się w miejscowości Łęczyce koło Łęborka do +21 mm dla punktu wiekowego znajdującego się koło Sanoka.

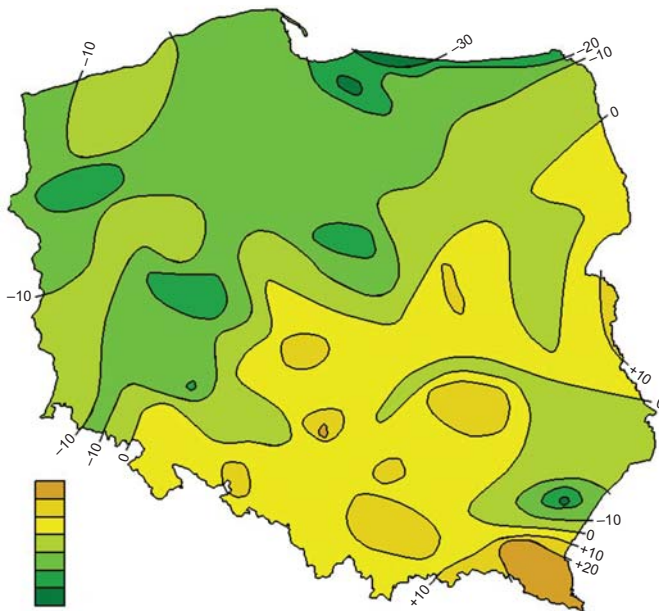
Na rysunku 2 przedstawiono różnice  $C$  dla punktów wiekowych.

Wielkości  $C = H_{2006} - H_{1986}$  obliczone dla wszystkich reperów sieci posłużyły do wykreślenia izolinii pokazanych na rysunku 3. Przebieg izolinii zgeneralizowano, aby pokazać istotny charakter zmian wysokości.

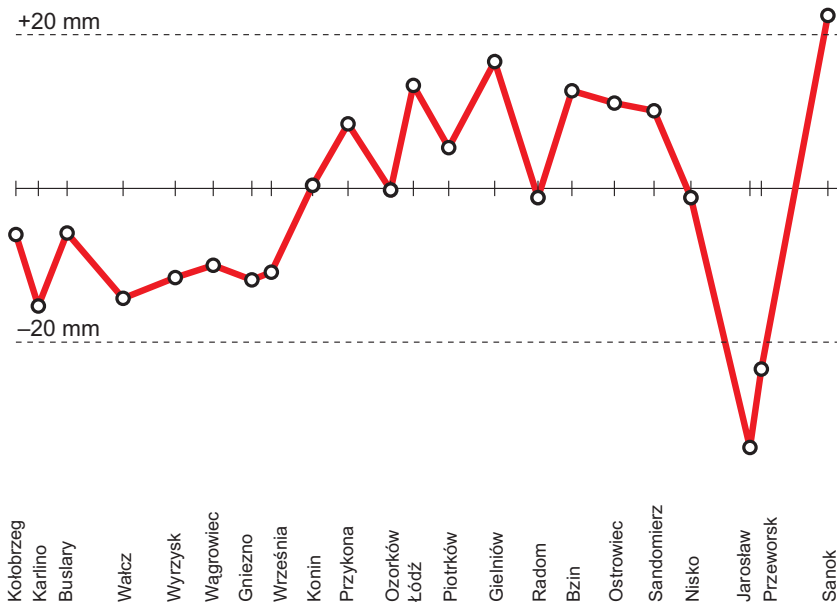
Na rysunku 4 przedstawiono różnice  $C$  dla profilu Kołobrzeg – Gniezno – Łódź – Piotrków – Radom – Sandomierz – Jarosław – Sanok. Na rysunku tym wyróżniają się repery węzłowe w Jarosławiu i Przeworsku. Wielkości  $C$  wynoszą tam odpowiednio -34 mm i -23 mm. Podobne wielkości  $C$  obliczono dla wielu sąsiednich reperów znajdujących się na liniach zbiegających się w Jarosławiu i Przeworsku, co wskazuje, że zmiany wysokości na tym obszarze nie są skutkiem błędu pomiarowego.



Rys. 2. Różnice  $C = H_{2006} - H_{1986}$  na punktach wiekowych



Rys. 3. Zgeneralizowany przebieg izolinii wielkości (różnic)  $C = H_{2006} - H_{1986}$  (skok: 10 mm)



Rys. 4. Różnice  $C = H_{2006} - H_{1986}$  dla punktów węzłowych linii niwelacyjnych biegnących od Kołobrzegu do Sanoka

Oceniając charakter różnic  $C$ , należy pamiętać, że zależą one od:

- różnicy oddziaływania błędów przypadkowych i systematycznych pomiaru starej i nowej sieci;
- deformacji wprowadzonych w procesie opracowania starej sieci (szczególnie na północnym jej skraju) przez przyjęcie wysokości nawiązania z JWSN;
- przesunięć pionowych skorupy ziemskiej, jakie wystąpiły od epoki starego pomiaru sieci (1974-1982), zmniejszonych o średnią, ale nieznaną wartość tych przesunięć.

#### 4. Podsumowanie

W oparciu o nowe pomiary polskiej sieci niwelacji precyzyjnej I klasy zdefiniowano nowy, polski, wysokościowy układ odniesienia (Kronsztad 2006) i obliczono nowe wysokości wszystkich reperów występujących w tej sieci.

Niewielkie, nieprzekraczające 3 cm różnice wysokości  $H_{2006}$  i  $H_{1986}$  zapewniają, że warstwice na mapach wielkoskalowych, opracowane w układzie Kronsztad 1986, są aktualne także w układzie Kronsztad 2006.

**Literatura**

- [1] Gajderowicz I.: *Ocena dokładności sieci niwelacji precyzyjnej I klasy pomierzonej w latach 1997-2003*. Technical Sciences, Supplement 2, Olsztyn, Publisher UWM, 2005, s. 123–134.
- [2] Baran W., Gajderowicz I.: *Wyrównanie sieci niwelacyjnej*, [w:] *Niwelacja precyzyjna*. Warszawa – Wrocław, PPWK 1993.