

# Układy odniesienia. Transformacje między układami

Marek Kłopotek  
Łódź 05.11.2010

## **ODWZOROWANIA KARTOGRAFICZNE**

*Istota odwzorowania*- polega na tym, że punktom kuli lub elipsoidy, które są powierzchniami nierozwijałymi (o współrzędnych  $\varphi$  i  $\lambda$ ) przyporządkowuje się punkty w układzie płaskim (o współrzędnych  $x$  i  $y$ ).

*Powoduje to zniekształcenia* powierzchni, długości, kątów, różne co do wielkości w różnych punktach płaszczyzny.

Ze względu na zniekształcenia wynikające z odwzorowania kuli na płaszczyźnie odwzorowania mogą być:

- wiernokątne,
- wiernopowierzchniowe lub wiernopolowe,
- wiernoodległościowe,
- dowolne.

Odwzorowania ze względu na rodzaj powierzchni:

- płaszczyznowe lub azymutalne,
- walcowe lub stożkowe.

Pseudopłaszczyznowe:

- walcowe,
- stożkowe.

W zależności od położenia powierzchni walca lub stożka względem osi kuli ziemskiej odwzorowanie może być:

- normalne (biegunowe),
- poprzeczne (równikowe),
- ukośne.

### ***Odwzorowanie Gaussa-Krügera***

(walcowe, poprzeczne, wiernokątne).

Odwzorowanie to opracowano w 1912 roku. Jest to odwzorowanie pasów południkowych o szerokości 3 lub 6 stopni na na pobocznice walca stycznego do południka środkowego każdego odwzorowywanego pasa.

Po rozwinięciu walca:

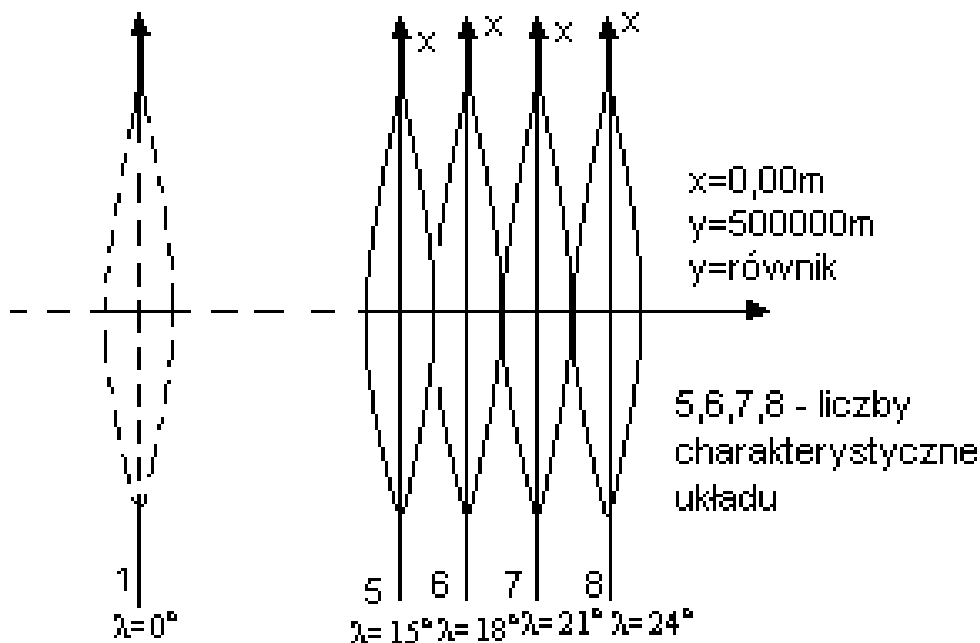
- południk styczności (osiowy) wyznacza oś X
- równik wyznacza oś Y

Każdy pas odwzorowuje się oddzielnie.

W odwzorowaniu Gaussa-Krügera wiernie odwzorowuje się tylko południk styczności (osiowy).

W miarę oddalania się od niego zniekształcenia rosną. Dla Polski przydzielono cztery pasy 3-stopniowe (4 niezależne układy współrzędnych):

- szczyński (południk styczności  $15^\circ$ ) – układ 5,
- bydgoski (południk styczności  $18^\circ$ ) – układ 6,
- warszawski (południk styczności  $21^\circ$ ) – układ 7,
- białostocki (południk styczności  $24^\circ$ ) – układ 8.



### **Standardy**

Instrukcje i wytyczne techniczne obowiązujące na podstawie rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 marca 1999 r. w sprawie standardów technicznych dotyczących geodezji, kartografii oraz krajowego systemu informacji o terenie (Dz. U. Nr 30, poz. 297).

### **Instrukcje techniczne**

**O-1 Ogólne zasady wykonywania prac geodezyjnych (z 1979r., ze zmianą z 1983 r.) wyd.czwarte 1998.**

O-2 Ogólne zasady opracowania map dla celów gospodarczych (z 1979 r., ze zmianą z 1983 r.) wyd. trzecie 1987.

O-3 Zasady kompletowania dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej (z 1992 r.) wyd. drugie 1992.

O-4 Zasady prowadzenia państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego (z 1987 r.) wyd. drugie 1987.

G-1 Pozioma osnowa geodezyjna (z 1979 r., ze zmianą z 1983 r.) wyd. czwarte 1986

G-2 Wysokościowa osnowa geodezyjna (z 1980r., ze zmianą z 1983 r.) wyd. czwarte 1988

G-3 Geodezyjna obsługa inwestycji (z 1980 r.) wyd. piąte 1988

G-4 Pomiary sytuacyjne i wysokościowe (z 1979 r., ze zmianą z 1983 r.) wyd. trzecie 1988

G-7 Geodezyjna ewidencja sieci uzbrojenia terenu (z 1998 r.) wyd. pierwsze 1998

K-1 Mapa zasadnicza (z 1979 r., ze zmianą z 1984 r.) wyd. trzecie 1987

K-1 Podstawowa mapa kraju (z 1995 r.) wyd. 1995

K-1 Mapa zasadnicza (z 1998 r.) wyd. 1998

K-2 Mapy topograficzne do celów gospodarczych (z 1979 r.) wyd. drugie 1980

K-3 Mapy tematyczne (z 1980 r.) wyd. drugie 1984

### ***Instrukcje- projekty***

Instrukcje techniczne wydane drukiem, przygotowane jako załączniki do projektu rozporządzenia Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa zmieniającego rozporządzenie w sprawie standardów technicznych dotyczących geodezji, kartografii i krajowego systemu informacji o terenie.

O-1 / O-2 Ogólne zasady wykonywania prac geodezyjnych i kartograficznych. Wydanie piąte zmienione 2001.

G-2 Szczegółowa pozioma i wysokościowa osnowa geodezyjna i przeliczenia współrzędnych między układami.

### ***Instrukcja techniczna O-1***

Instrukcja podaje ogólne zasady techniczne dotyczące prac geodezyjnych wykonywanych w celu:

a/ **określenia danych o kształcie i wymiarach Ziemi oraz przebiegu geoidy**,

b/ zakładania osnów geodezyjnych,

c/ określania danych dotyczących topografii powierzchni ziemi, złóż mineralnych i wyrobisk górniczych,

d/ pomiarów sytuacyjnych i rzeźby terenu do sporządzania map wielkoskalowych,

e/ pomiarów uzbrojenia terenu w urządzenia nadziemne, naziemne i podziemne,

f/ zakładania i prowadzenia ewidencji gruntów,

g/ rozwiązywania geodezyjnych zagadnień projektowych i realizacyjnych w poszczególnych dziedzinach techniki i gospodarki narodowej,

h/ aktualizacji materiałów geodezyjno-kartograficznych.

Przepisy niniejszej instrukcji ustalają:

- podstawy jednolitości prac geodezyjnych,
- ogólne zasady stosowania przepisów technicznych,
- podział prac geodezyjnych,
- podział i klasyfikację osnów geodezyjnych poziomych i wysokościowych,
- ogólne zasady zakładania osnów geodezyjnych oraz stosowania układów lokalnych,
- dokładności pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych - zasady wykonywania prac obliczeniowo-kontrolnych i obliczeniowych,
- ogólne zasady porządkowe.

### ***Instrukcja techniczna O-1 wyd. Czwarte 1998 r.***

#### **Podstawy jednolitości prac geodezyjnych**

O jednolitości wyników prac geodezyjnych stanowią:

- jednolity system miar,
- jednolite systemy odniesienia wyników pomiarów,
- określona przepisami technicznymi treść dokładność i forma opracowań.

W pracach geodezyjnych powinny być stosowane jednostki miar międzynarodowego układu jednostek oraz jednostki miar ustalone jako legalne w Polsce.

Przy prowadzeniu prac geodezyjnych dla potrzeb gospodarczych i obronnych kraju obowiązują:

- a/ **jednolity dla całego kraju system współrzędnych geograficznych geodezyjnych / B, L /**,
- b/ **państwowy układ współrzędnych prostokątnych płaskich "1965" / X, Y /**,
- c/ **jednolity dla całego kraju państwowy układ wysokości / H /**,
- d/ jednolity dla całego kraju poziom odniesienia pomiarów grawimetrycznych,
- e/ jednolity dla całego kraju poziom odniesienia zdjęć magnetycznych

Współrzędne geograficzne geodezyjne: B - szerokość geodezyjna i L - długość geodezyjna określają położenie punktów na powierzchni odniesienia, jaką jest elipsoida obrotowa Krasowskiego z punktem przyłożenia elipsoidy do geoidy "Pułkowo" i orientacją określoną azymutem  $A_g$  na punkt "Bugry".

Powszechnie obowiązującym układem współrzędnych stosowanym przy wykonywaniu prac geodezyjnych, jest państwowy układ współrzędnych zwany układem "1965". Układ "1965" jest układem współrzędnych prostokątnych płaskich w odwzorowaniu konforemnym.

Na terenie kraju wprowadzono pięć stref układu "1965" mających własne początki układu współrzędnych, przy czym w każdym układzie dodatnia część osi x zwrócona jest na północ a dodatnia część osi y na wschód.

Powszechnie obowiązującym układem wysokości, stosowanym przy wykonywaniu prac geodezyjnych jest państwowy układ wysokości, w którym wysokości H wyrażono w systemie wysokości normalnych odniesionych do zera mareografu w Kronsztadzie.

Powszechnie obowiązującym poziomem odniesienia przy pracach grawimetrycznych wykonywanych dla potrzeb geodezyjnych jest system "1971" rozumiany jako poziom odniesienia pomiarów grawimetrycznych określony przez zespół wartości przyspieszenia siły ciężkości, wyznaczonych na punktach międzynarodowej sieci grawimetrycznej, wyrażonych w jednolitej jednostce przyspieszenia siły ciężkości.

Powszechnie obowiązującym poziomem odniesienia zdjęć magnetycznych, wykonywanych dla wyznaczenia elementów pola magnetycznego Ziemi jest regionalny standard obserwatoriów magnetycznych, wyrównany dla Europy środkowej i południowo-wschodniej

### ***Systemy odniesień przestrzennych i układy współrzędnych stosowane przy opracowywaniu pomiarów geodezyjnych i map w Polsce***

Dla jednoznaczności lokalizacji obiektów istniejących na powierzchni Ziemi i możliwości połączenia ich w jedną całość, wyniki wszystkich pomiarów geodezyjnych i opracowań kartograficznych (map), wykonanych na różnych częściach jej powierzchni, niezbędne jest przyjęcie jednolitego systemu ich odniesienia.

Skład systemu:

- powierzchnia odniesienia pomiarów geodezyjnych, w postaci elipsoidy o określonych parametrach geometrycznych i geofizycznych, wykorzystywana przy wyznaczaniu współrzędnych geograficznych lub ortokartezjańskich punktów położonych na powierzchni Ziemi czy poza nią,

- poziom odniesienia względem którego wyznacza się wysokości wyżej wspomnianych punktów w przyjętym układzie wysokości (najczęściej geoida zerowa),
- układ współrzędnych prostokątnych płaskich, zdefiniowany zgodnie z zasadami przyjętego przy ich tworzeniu rodzaju odwzorowania kartograficznego, w którym położenie obrazów wymienionych punktów na płaszczyźnie odwzorowania określa się poprzez podanie ich współrzędnych prostokątnych płaskich, określonych w tym odwzorowaniu.

### ***Systemy odniesień przestrzennych***

W roku 2000, na mocy Rozporządzenia Rady Ministrów [12] wprowadzono w Polsce nowy, **państwowy system odniesień przestrzennych** zgodny z zachodnioeuropejskim systemem **ETRS** (*European Terrestrial Reference System*), będącym częścią światowego systemu **ITRS**. Samo pojęcie systemu zawiera w sobie całokształt struktury organizacyjnej, naukowej i aplikacyjnej (technicznej) służącej wyznaczeniu kształtu i pola grawitacyjnego Ziemi, definicji układów współrzędnych i ich realizacji fizycznych dla potrzeb geodezji, kartografii i nawigacji.

Istotnym elementem systemu **ITRS / ETRS** jest geometryczno - fizyczny model Ziemi. W sensie **fizycznym** model opisuje ziemskie pole grawitacyjne, w tym kształt geoidy globalnej oraz ruch obrotowy Ziemi jako planety, natomiast część **geometryczna** (matematyczna) definiuje parametry geocentrycznej elipsoidy obrotowej, generalizującej kształt geoidy. Pierwotny model zwany skrótowo **GRS-80** (*Geodetic Reference System '80*) uległ w latach późniejszych pewnej modyfikacji, przyjmując symboliczną nazwę **WGS-84** (*World Geodetic system '84*). Ponieważ parametry geometryczne elipsoid dwóch modeli różnią się o nieistotną praktycznie wartość ok. 0.1 mm więc w praktyce nazwy elipsoid (tak jak nazwy modeli) przyjmuje się niekiedy wymiennie. Elipsoidy są oczywiście podstawą definicji odpowiednich globalnych **układów współrzędnych** geodezyjnych. Fizyczną realizacją układu współrzędnych (jego powiązania z fizyczną Ziemią) jest **układ odniesienia**. Dokonuje się to poprzez punkty (stacje) geodezyjne, którym na drodze procesów pomiarowych nadaje się określone współrzędne elipsoidalne (geodezyjne). Inaczej mówiąc, samo pojęcie układu współrzędnych pozostaje kategorią czysto teoretyczną dopóty nie zostaje on zmaterializowany poprzez osnowy geodezyjne.

### ***Parametry elipsoidy GRS-80***

1. Powierzchnią odniesienia geodezyjnego układu odniesienia jest geocentryczna elipsoida GRS 80 (ang. Geodetic Reference System 1980).
2. GRS 80 określają następujące parametry:
  - 1) równikowy promień Ziemi:  $a = 6\,378\,137\text{ m}$ ,
  - 2) ziemską stałą grawitacyjną (łącznie z atmosferą):  $GM = 3986005 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ ,
  - 3) współczynnik dynamiczny kształtu Ziemi (bez uwzględnienia stałej deformacji pływowej):  $J_2 = 108263 \times 10^{-8}$ ,
  - 4) spłaszczenie geometryczne:  $f = 1/298,257222101$ ,
  - 5) prędkość obrotu Ziemi:  $= 7292115 \times 10^{-11} \text{ rad s}^{-1}$ .

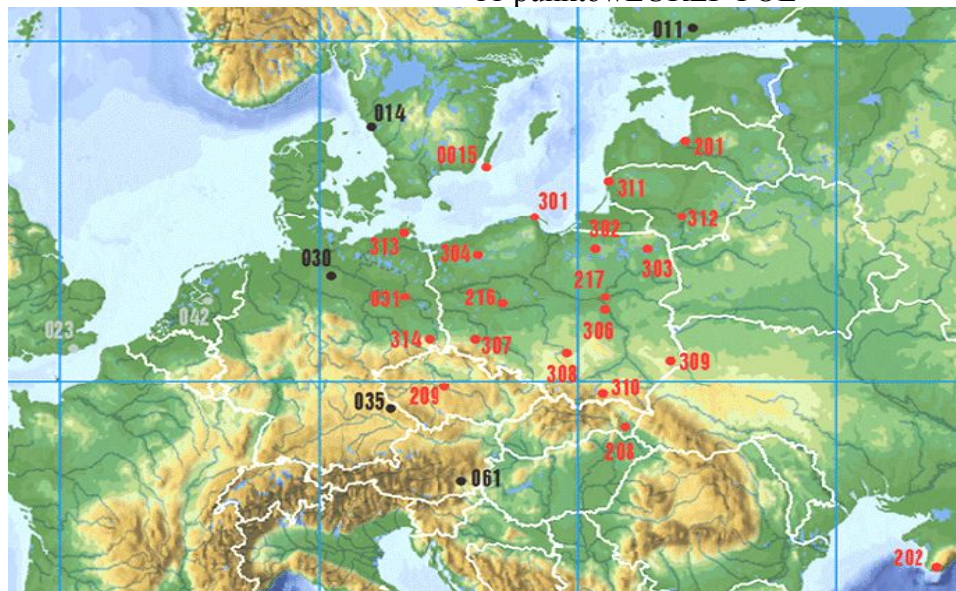
3. Położenie punktów w odniesieniu do powierzchni elipsoidy GRS 80 określają współrzędne geodezyjne B, L i wysokość h (szerokość, długość, wysokość elipsoidalna) lub równoważne im geocentryczne współrzędne prostokątne X, Y, Z.

W końcu lat 90-tych dokonano również powtórnych wyrównań sieci II klasy w nawiązaniu do wszystkich punktów klas wyższych w układzie **ETRF'89**. Obok zasadniczego zbioru obserwacji archiwalnych wykorzystano również nowe sieci zrealizowane techniką GPS.

W Europie system **ETRS** został zrealizowany fizycznie poprzez układ 35 stacji obserwacyjnych, nazwany skrótowo układem **ETRF** (*European Terrestrial Reference Frame*). Jakkolwiek stacje bazowe układu **ETRF** są rozlokowane w stabilnych tektonicznie rejonach kontynentu, płyty tektoniczne ulegają jednak obserwowalnym ruchom względnym, więc związany z nimi układ **ETRF** ma charakter dynamiczny, podlegając periodycznym korektom. W celach praktycznych przyjmuje się, że wszelkie aktualne pomiary są redukowane na epokę 1989, stąd stan tego układu oznaczamy skrótem **ETRF'89**.

W Polsce, już w pierwszej połowie lat 90-tych dokonano rozszerzenia układu **ETRF** poprzez powiązanie krajowych osnów geodezyjnych z sieciami zachodnioeuropejskimi. Założono najpierw sieć bazową złożoną z 11 punktów (sieć **EUREF-POL**), którą zagęszczono następnie 348 punktami (sieć **POLREF**) rozmieszczonymi równomiernie w obszarze Kraju. Wszelkie obserwacje zostały wykonane techniką GPS. Ostateczne współrzędne geodezyjne punktów (B,L,H) wyznaczono w układzie **ETRF'89** na elipsoidzie **GRS-80**. W ten sposób sieć **EUREF-POL + POLREF**, jako tzw. sieć zerowego rzędu, stanowi obecnie dla obszaru Polski bazę odniesienia dla wszelkich prac geodezyjno – kartograficznych w układzie europejskim **ETRF'89**. Warto w tym miejscu dodać, że przeciętny błąd położenia punktu sieci **POLREF** względem **EUREF-POL** nie przekracza wartości 0.02m, co świadczy o jakości naszego „wejścia” do układu **ETRF**.

11 punktów EUREF-POL



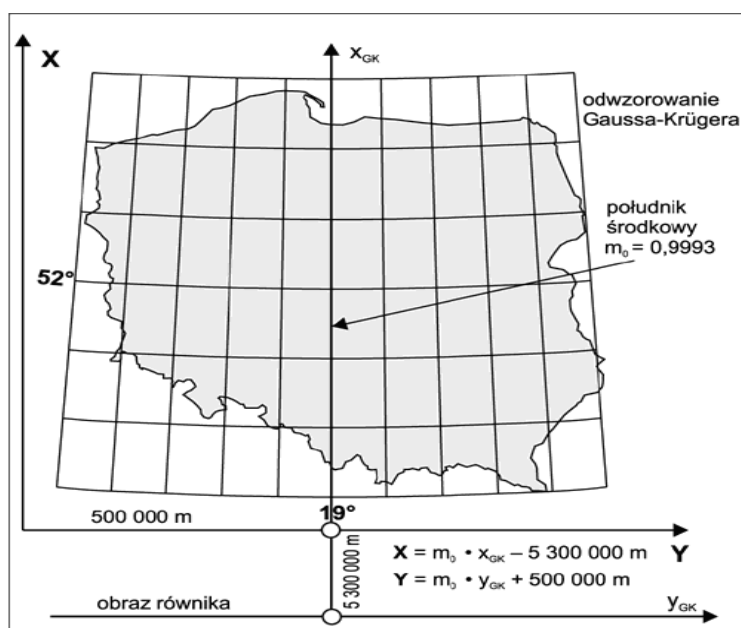
W roku 1996 dokonano ponownego wyrównania dawnej sieci astronomiczno-geodezyjnej i triangulacji wypełniającej (sieci I klasy) w nawiązaniu do **EUREF-POL + POLREF** na elipsoidzie **GRS-80**. Sieć ta objęła łącznie ok. 6500 punktów. Pomimo, że wykorzystano jedynie klasyczne obserwacje kąto – liniowe wyniki wyrównania okazały się pod

względem jakościowym doskonale. Przeciętny błąd położenia punktu wyniósł ok. 0.02 m, czyli porównywalne z poziomem dokładności aktualnej technologii względnych pomiarów GPS. W końcu lat 90-tych dokonano również powtórnych wyrównań sieci II klasy w nawiązaniu do wszystkich punktów klas wyższych w układzie **ETRF'89**. Obok zasadniczego zbioru obserwacji archiwalnych wykorzystano również nowe sieci zrealizowane techniką GPS. Obecnie możemy stwierdzić, że istniejąca już w Polsce fizyczna realizacja układu **ETRF'89** wystarcza w pełni do tego, by w tym układzie (w ogólności w systemie **ETRS**) realizować już wszelkie opracowania geodezyjno – kartograficzne. Do tego celu zdefiniowano nowe państwowe układy współrzędnych (układy kartograficzne) zwane skrótowo: **1992** (dla map topograficznych) **2000** (dla map wielkoskalowych) – będą one m.in. omawiane szczegółowo później. Zgodnie z cytowanym już Rozporządzeniem Rady Ministrów, w zakresie mapy gospodarczej Kraju, całkowite przejście z układu dotychczasowego **1965** związanego z **elipsoidą KRASOWSKIEGO**, na nowe układy odwzorowawcze ma nastąpić do roku 2009. Podstawą do tworzenia nowych map numerycznych będą nie tylko wyniki nowych pomiarów. Można przypuszczać, że ze względów ekonomicznych nastąpi masowe wykorzystywanie archiwalnych materiałów geodezyjno-kartograficznych. Pojawia się więc problemy przeliczeń transformacji współrzędnych pomiędzy różnymi układami. W grupie układów źródłowych, obok **1965**, problematyka transformacyjna będzie obejmować także układy lokalne zakładane ongiś dla większych miast, a także dawny układ **1942** i inne.

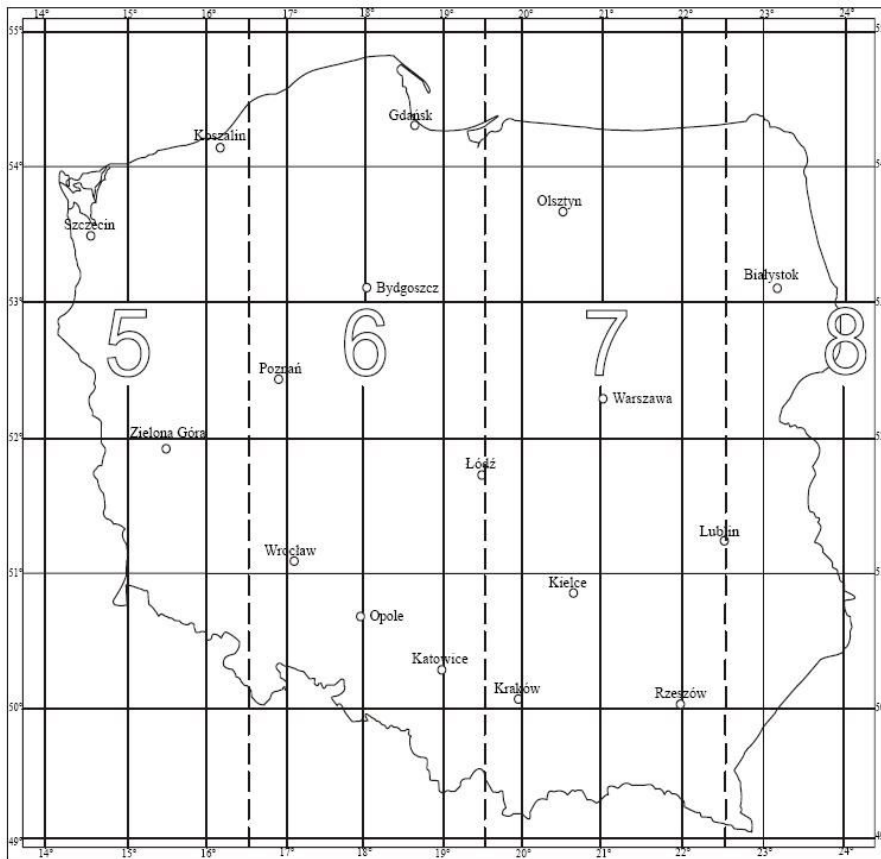
Zarówno dla celów opracowania osnów poziomych jak też dla potrzeb opracowań kartograficznych przyjęto dwa nowe systemy odwzorowawcze nowej elipsoidy:

Jednostrefowe dla obszaru Polski odwzorowanie *Gaussa Krugera* z południkiem środkowym  $L_0 = 19$  i skalą podobieństwa  $m_0 = 0.9993$  (ostatnie założenie ma na celu równomierny rozkład zniekształceń liniowych, od 70 cm/km na południku środkowym do ok. 90 cm/km w skrajnych, wschodnich obszarach Polski). Układ został nazwany skrótowo **1992**. Obecnie już stanowi podstawę wykonywania nowych map w skalach 1: 10 000 i większych. Ze względu na znaczne zniekształcenia liniowe nie został rekomendowany do wielkoskalowych opracowań kartograficznych.

Układ 1992



Czterostrefowe odwzorowanie *Gaussa Krugera* elipsoidy **GRS-80**, w pasach 3 stopniowych zwane skrótowo układem **2000**. W tym przypadku, koncepcja układu nawiązuje do dawnego układu **1942**. Różnica polega jednak na odmienności przyjętych elipsoid odniesienia oraz na zastosowaniu dodatkowej skali podobieństwa (skali kurczenia na południku środkowym). W układzie **2000** zastosowano skalę  $m_0 = 0.999923$ , która oznacza kompromisowe rozłożenie zniekształceń liniowych, od  $-7.7$  cm/km na południku środkowym strefy do maksymalnie ok.  $+7$  cm/km na brzegu strefy.



Oprócz wymienionych już układów współrzędnych, należy wspomnieć również o innych układach np.

Uniwersalne poprzeczne odwzorowanie Mercatora **UTM** (ang. *Universal Transverse Mercator projection*) stosowane na świecie do celów nawigacyjnych i wojskowych. Jest to odwzorowanie *Gaussa-Krugera* w pasach  $6^\circ$ , ze skal na południku środkowym  $m_0 = 0.9996$  (zniekształcenie na tym południku wynosi  $-40$  cm/km). W tym miejscu należy się słowo komentarza dotyczące nazewnictwa. Przyjmuje się w zasadzie, że oryginalne odwzorowanie *Gaussa-Krúgera* (wiernokątne walcowe poprzeczne odwzorowanie elipsoidy) nie zmienia skali południka środkowego ( $m_0 = 1$ ). W przypadku przeciwnym używamy też nazwy „modyfikowane odwzorowanie ....”. W krajach anglosaskich przyjmuje się zaś nazwę



„poprzeczne odwzorowanie *Mercatora*”. Odwzorowanie **UTM** zostało wprowadzone pierwotnie na elipsoidzie **HAYFORDA**, obecnie za zarówno w zastosowaniach cywilnych jak też wojskowych obowiązuje elipsoida **WGS-84**.

#### ***Układ 2000 – współrzędne***

1. Współrzędne płaskie prostokątne  $x, y$  są obliczane w odwzorowaniu Gaussa--Krügera w pasach trzystopniowych o południkach osiowych:  $15^\circ, 18^\circ, 21^\circ, 24^\circ$ , ponumerowanych odpowiednio: 5, 6, 7 i 8. Podział obszaru kraju na pasy odwzorowania Gaussa-Krügera przedstawiliśmy na rysunku.
2. Współczynnik zmiany skali w południku osiowym równa się 0,999923.
3. Obraz równika jest linią o równaniu  $x = 0$ , a obraz południka osiowego linią o równaniu:  
 $y = 5\ 500\ 000$  m przy południku  $L_0=15^\circ$ ,  
 $y = 6\ 500\ 000$  m przy południku  $L_0=18^\circ$ ,  
 $y = 7\ 500\ 000$  m przy południku  $L_0=21^\circ$ ,  
 $y = 8\ 500\ 000$  m przy południku  $L_0=24^\circ$ .
4. Pierwsza cyfra współrzędnej  $y$  każdego punktu jest numerem pasa, w którym leży punkt, a jej pomnożenie przez 3 daje długość geograficzną południka osiowego tego pasa, wyrażoną w stopniach.

#### ***Układ wysokości***

1. Układ wysokości tworzą wysokości normalne, odniesione do średniego poziomu Morza Bałtyckiego w Zatoce Fińskiej, wyznaczonego dla mareografu w Kronsztadzie koło Sankt Petersburga (Federacja Rosyjska).
2. Wysokością normalną punktu jest różnica potencjałów siły ciężkości w tym punkcie i na powierzchni geoidy, podzielona przez przeciętną wartość przyspieszenia wzdłuż linii pionu normalnego pola siły ciężkości. Spodki tych wysokości wyznaczają położenie quasi-geoidy.
3. Pomiędzy wysokościami w układzie wysokości a wysokościami elipsoidalnymi w geodezyjnym układzie odniesienia istnieją różnice definiujące quasi-geoidę, nazywaną również geoidą niwelacyjną.
4. Rzędne w układzie wysokości określa się z pomiarów geodezyjnych nawiązanych do punktów wysokościowej osnowy geodezyjnej.

#### ***Układ 2000 – numeracja arkuszy***

1. Podstawą do określenia formatów i numeracji arkuszy mapy zasadniczej w układzie współrzędnych „2000” jest arkusz w skali 1:10 000 o wymiarach 5 km na 8 km.
2. Godła arkusza w skali 1:10 000 tworzy grupa trzech liczb rozdzielonych kropkami. Pierwsza liczba (jednocyfrowa) oznacza numer 5,6,7 lub 8 pasa odwzorowania wynikający z podzielenia wartości południka osiowego  $15^\circ, 18^\circ, 21^\circ$  lub  $24^\circ$  przez 3. Druga liczba (trzycyfrowa), określająca numer rzędu, stanowi liczbę całkowitą ilorazu  $(x_i - 4920)/5$ , gdzie  $x_i$  oznacza współrzędną dowolnego punktu z obszaru odwzorowania arkusza 1:10 000 wyrażoną w kilometrach od równika. Natomiast trzecia liczba (dwucyfrowa), określająca numer kolumny, stanowi liczbę całkowitą ilorazu  $(y_i - 332)/8$ , gdzie  $y_i$  oznacza współrzędną dowolnego punktu i obszaru odwzorowania arkusza 1:10 000, wyrażoną w kilometrach bez początkowej cyfry oznaczającej numer pasa odwzorowawczego. Zasadę oznaczania

godłami arkuszy w skali 1:10 000 przedstawia tabela.

3. Godłem arkusza mapy zasadniczej w skali 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 i 1:500 jest godło arkusza w skali 1:10 000 uzupełnione cechą wynikającą z podziału:

- arkusza w skali 1:10 000 na 4 arkusze mapy w skali 1:5 000 - oznaczone cyframi 1, 2, 3, 4,

- arkusza w skali 1:10 000 na 25 arkuszy mapy w skali 1:2 000 - oznaczone liczbami 01, 02, 03...09, 10, 11...25,

- arkusza mapy w skali 1:2 000 na 4 arkusze mapy w skali 1:1 000 - oznaczone cyframi 1, 2, 3, 4,

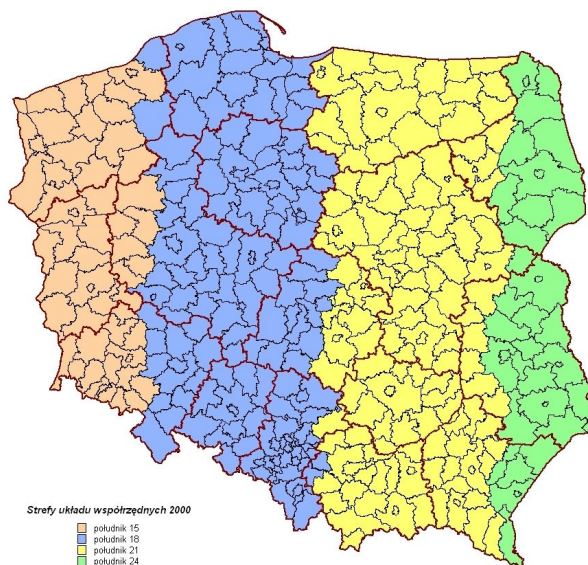
- arkusza mapy w skali 1:1 000 na 4 arkusze mapy w skali 1:500 - oznaczone cyframi 1, 2, 3, 4.

Wymiary i pola powierzchni arkuszy mapy zasadniczej w poszczególnych skalach przedstawiają się następująco:

### *Układ 2000- schemat podziału na arkusze*

Arkusz mapy w skali	Na arkuszu mapy w skali					Wymiary arkusza [km]		Pole powierzchni arkusza [ha]	Przykłady godła
	1:10 000	1:5 000	1:2 000	1:1 000	1:500	wzdłuż x	wzdłuż y		
	liczba arkuszy								
1:10 000	1	-	-	-	-	5,0	8,0	4000	6.115.27
1:5 000	4	1				2,5	4,0	1000	6.115.27.4
1:2 000	25	6,25	1			1,0	1,6	160	6.115.27.25
1:1 000	100	25	4	1		0,5	0,8	40	6.115.27.25.4
1:500	400	100	16	4	1	0,25	0,4	10	6.115.27.25.4.4

### *Mapa przynależności powiatów do stref układu 2000*



## Zasady transformacji pomiędzy układami odwzorowawczymi

### Transformacje pomiędzy układami tej samej elipsoidy odniesienia

Problematyka powyższa wiąże się z przeliczeniem współrzędnych pomiędzy różnymi strefami tego samego układu albo pomiędzy różnymi układami tej samej elipsoidy. Uniwersalną metodą postępowania jest pośrednie przejście na współrzędne geodezyjne danej elipsoidy. Drugi sposób polega na zastosowaniu bezpośrednich przejść pomiędzy strefami lub układami wywodzącymi się z tej samej elipsoidy. W tym celu wykorzystujemy własność wiernokątności wszystkich interesujących nas odwzorowań, konstruując odpowiednie wielomiany za pomocą analitycznej funkcji zmiennej zespolonej.

Do przeliczenia współrzędnych pomiędzy sąsiednimi strefami układów „1965” wystarczają w zupełności wielomiany stopnia  $n = 4$ . W szerokim, nawet kilkudziesięciu kilometrowym pasie wspólnego obszaru stref błąd numeryczny „przenoszenia” współrzędnych nie przekracza 0.1 mm (uwaga: dokładności numerycznej, nie należy utożsamiać z dokładnością empiryczną wynikającą z błędności wyznaczeń osnów geodezyjnych).

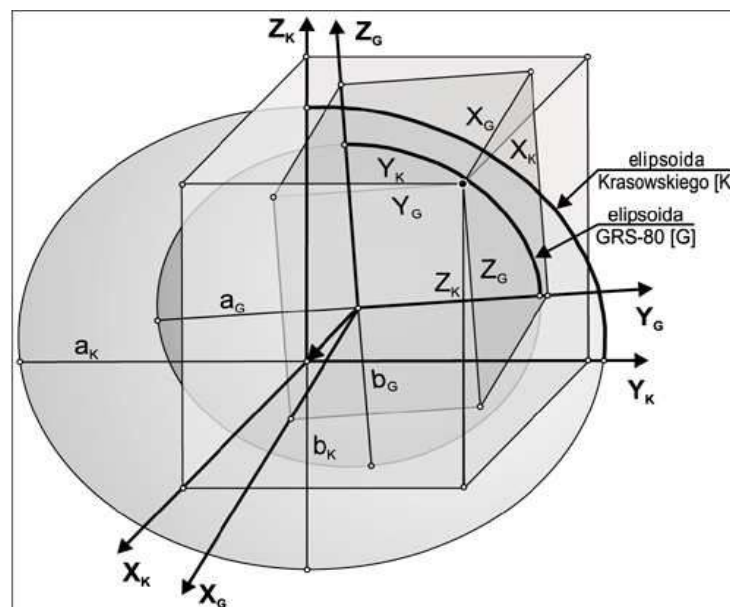
Aby przeliczyć współrzędne pomiędzy układami (lub strefami układu) tej samej elipsoidy nie trzeba uwzględniać wysokości punktów. W tym celu stosujemy dwa sposoby: Sposób podstawowy oznacza pośrednie przejście na współrzędne geodezyjne B, L:

$$(x, y)_{\text{UKŁAD 1}} \Rightarrow (B, L) \Rightarrow (x, y)_{\text{UKŁAD 2}}$$

(oznaczenia: UKŁAD 1, UKŁAD 2 zastępują nazwy pewnych układów lub stref układów).

Możliwe jest też złożenie operacji pośrednich do pewnego przekształcenia wiernokątnego:

$$(x, y)_{\text{UKŁAD 1}} \Rightarrow (x, y)_{\text{UKŁAD 2}}$$

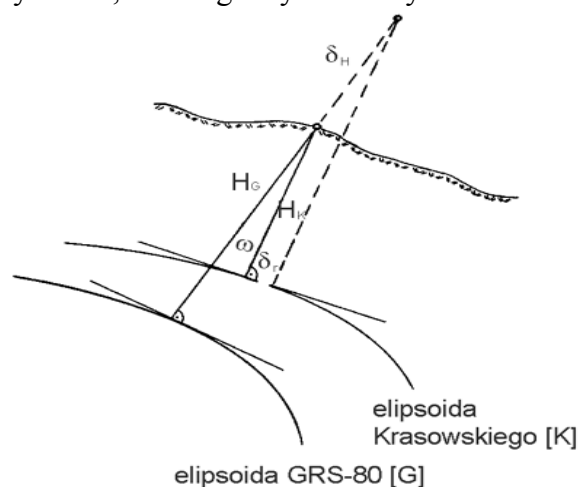


Rysunek ten ilustruje wzajemne położenie układów kartezjańskich elipsoid. Elipsoidy **KRASOWSKIEGO** i **GRS-80** nie są ściśle koncentryczne i równoległooosiowe. Pomiedzy układami elipsoidalnymi obu elipsoid zachodzą związki transformacji przestrzennej przyjmowanej jako transformacja przez podobieństwo (7 parametrowa). Parametry tej

transformacji (3 parametry przesunięcia, 3 parametry obrotów osiowych oraz 1 parametr zmiany skali) wyznaczono (estymowano) w GUGiK w oparciu punkty sieci **POLREF**. Aby takie wyznaczenie mogło mieć miejsce punkty te musiały posiadać współrzędne wyznaczone w obu układach elipsoidalnych.

Każda z ukazanych na rysunku operacji przejścia z jednego układu do drugiego odbywa się za pośrednictwem ściśle określonych funkcji transformacyjnych (odwzorowawczych) i ich parametrów liczbowych.

Powstaje praktyczne pytanie, czy można na przykład bezpośrednio przeliczyć współrzędne płaskie z układu „1965” do układu „1992” poprzez „złożenie” odpowiednich przekształceń składowych? Wbrew temu co sugeruje się niekiedy w praktyce, przeliczenie takie nie jest formalnie poprawne bez „udziału” przynajmniej przybliżonej informacji o wysokości elipsoidalnej punktu w systemie, z którego wychodzimy.

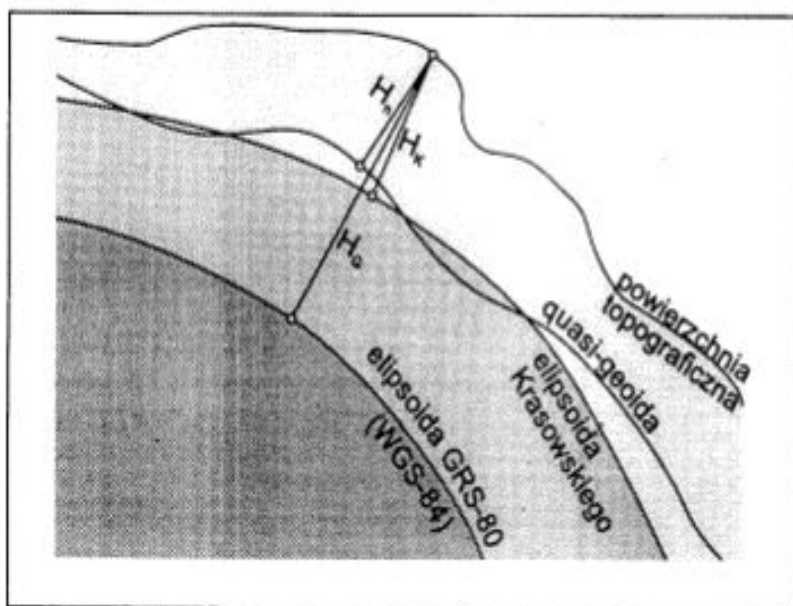


Rysunek ten pokazuje jak zmiana wysokości punktu wpływa na zmianę jego położenia poziomego przy przejściu z jednej elipsoidy na drugą. Załóżmy, że wysokość została określona z pewnym błędem  $\delta_H$  i oszacujmy jak wielce błąd ten wpływa na transformowane współrzędne płaskie. Z informacji o wzajemnym położeniu elipsoid wynika, że maksymalna kątowa rozwartość normalnych (poprowadzonych z tego samego punktu na powierzchni ziemi do obu elipsoid) ma wartość rzędu  $5''$ . Łatwo wyliczamy, że wpływ błędu wysokości na przesunięcie „poziome” punktu wynosi ok.  $0.24$  mm na  $10$  m błędu wysokości (i odpowiednio proporcjonalnie). Dla wielu zadań geodezyjnych, za wyjątkiem problematyki osnów wyższych klas (np. w zadaniach przekształceń kartograficznych), wielkość ta może być rzeczywiście zaniedbywalna, nawet także gdy się założy, że punkt transformowany leży wprost na elipsoidzie ( $H=0$ ). Musimy mieć jednak świadomość możliwego błędu systematycznego.

Aby przeliczyć współrzędne płaskie układu odwzorowawczego jednej elipsoidy na współrzędne płaskie układu odwzorowawczego drugiej elipsoidy powinniśmy przejść ścieżką poprzez współrzędne elipsoidalne, zgodnie z poznanymi zasadami. Do tego celu potrzeba przyjąć przybliżone wysokości elipsoidalne punktów w systemie z którego wychodzimy. Przypuśćmy, że przeliczamy współrzędne z układu „1992” do układu „1965”. „Po drodze” realizujemy przeliczenie według schematu. Zatem powinniśmy dysponować informacjami o wysokościach elipsoidalnych GRS-80 (oznaczonych przez  $H_G$ ). Przy przeliczaniu odwrotnym będzie

natomiast obowiązywać schemat odwrotny do (38) i wtedy należy przyjąć wysokości elipsoidalne Krasowskiego (oznaczone  $H_K$ ). Ponieważ jednak przy przeliczaniu współrzędnych płaskich wymienione wysokości mają tylko niewielki wpływ na zmiany współrzędnych płaskich, wystarczy posłużyć się wartościami orientacyjnymi tych wysokości (zaokrąglonymi do metrów, a nawet do dziesiątek metrów). W tym celu możemy wykorzystać stosowane w praktyce wysokości normalne  $H_n$  (np. pozyskane z interpolacji na mapie). Wykorzystując fakt, że elipsoida Krasowskiego generalizuje w pewnym sensie przebieg quasi-geoidy (maksymalne odchylenia w obszarze Polski są rzędu kilku metrów) zaś przeciętny odstęp elipsoid wynosi ok. 34 m, z wystarczającą dla naszego celu dokładnością możemy przyjąć :

$$H_K \approx H_n \text{ oraz } H_G \approx H_n + 34$$



Warto w tym miejscu dodać, że współcześnie wyznaczane przy wykorzystaniu techniki GPS punkty osnów geodezyjnych, w wyniku bezpośredniego wyrównania sieci wektorów w układzie elipsoidy GRS-80 (WGS-84) posiadają określone wysokości elipsoidalne  $H_G$ . Mogą być one przeliczone na wysokości niwelacyjne przy wykorzystaniu numerycznego modelu geoidy (quasi-geoidy) lub poprzez lokalną interpolację odstępów geoidy od elipsoidy w oparciu o punkty dostosowania wyznaczone drogą niwelacji geometrycznej.

### **WYTYCZNE DO PRZELICZEŃ OSNÓW POZIOMYCH, I GRANIC ADMINISTRACYJNYCH ORAZ PRZEKSZTAŁCEŃ MAP KATASTRALNYCH DO UKŁADU "2000"**

Zadania do wykonania w celu wdrożenia układu 2000:

- 1) przeliczenie na układ 2000 punktów osnowy szczegółowej III klasy oraz osnowy pomiarowej,
- 2) zakończenie prac dotyczących uzupełnienia i weryfikacji danych państwowego rejestru granic i powierzchni jednostek podziału terytorialnego państwa (PRG),
- 3) transformacja ewidencyjnych map wektorowych oraz wektorowej mapy zasadniczej do układu 2000,

4) skuteczne egzekwowanie obowiązku stosowania układu 2000 w bieżących pracach geodezyjnych dotyczących:

- zakładania nowych sieci poziomej osnowy geodezyjnej,
- kompleksowej modernizacji ewidencji gruntów i budynków,
- zakładania numerycznej mapy zasadniczej.

### **Przeliczanie osnowy poziomej III klasy i osnowy pomiarowej - metodologia.**

Przeliczanie osnów może przebiegać dwoma metodami:

- poprzez ściśle wyrównanie sieci w układzie "2000" w nawiązaniu do punktów osnów wyższego rzędu (przy założeniu bezbłędności współrzędnych punktów nawiązania),
- poprzez transformację istniejących zbiorów współrzędnych punktów z układów dotychczasowych ("1965", lokalne) do układu "2000"

Metodologia określona w pkt 1, poza przypadkiem nowego pomiaru, jest możliwa do zastosowania, jeśli zachowały się w **zbiory danych obserwacyjnych**, zwłaszcza, gdy są to zbiory w postaci cyfrowej. Z uwagi na problem podziału na strefy w układzie "2000" możliwe (i zalecane) jest wyrównywanie sieci w układzie "1992", a następnie jej przeliczenie matematyczne do określonej strefy (stref) układu "2000".

**Globalna korekta konforemna** dla stref układu **1965** jest reprezentowana przez wielomian zmiennej zespolonej (stopnia 1 dla strefy 5 lub stopnia 5 dla wszystkich pozostałych stref układu **1965**). Opiera się ona na założeniu, że przekształcenie pomiędzy układem empirycznym a matematycznym (lub odwrotnie) zachowuje cechę wiernokątności. Lokalnie korekta ta nie zmienia kształtu transformowanej sieci, co ma znaczenie np. przy opracowywaniu sieci GPS. Na podstawie testów przeprowadzonych w poszczególnych strefach układu **1965** można stwierdzić, że globalne korekty konforemne powodują zmniejszenie odchyłek (względem układu empirycznego) przeciętnie o ok. 70%. Korekta może być stosowana dwukierunkowo, tzn. także przy przekształceniach odwrotnych (z układu **1965** do układu **1992** lub **2000**).

**Globalna korekta afiniczna**, realizowana za pomocą wielomianów stopnia 5-6, sprowadza układ matematyczny do postaci odchylającej się od układu empirycznego przeciętnie już tylko o rząd kilku centymetrów (od 0.02 do 0.05 m). Globalna korekta afiniczna może mieć zastosowanie zwłaszcza przy przekształcaniu wektorowych obrazów map. Ograniczeniem stosowalności globalnych korekt afinicznych jest granica danej strefy. Korekta może być stosowana dwukierunkowo (do - i z układu **1965**).

**Korekta lokalna** realizuje się dwuetapowo: najpierw za pomocą znanej transformacji Helmerta (liniowej transformacji konforemnej) w oparciu o zidentyfikowane punkty dostosowania klasy wyższej niż klasa punktów transformowanych, a następnie poprzez tzw. korekt Hausbrandta mających na celu „redystrybucję” powstałych odchyłek na wszystkie punkty transformowane (w szczególności punkty dostosowania zachowując dokładnie współrzędne archiwalne). Korekta tego rodzaju jest proponowana m.in. w projektach nowych przepisów technicznych (Instrukcja G-2 oraz Wytyczne Techniczne G-1.10). Pomimo bardzo klarownego geometrycznie podejścia, korekta lokalna - oprócz wspomnianych już wymagań dodatkowych w zakresie punktów łącznych - ma pewne wady technologiczne, które mogą niekiedy prowadzić do pogorszenia rezultatów. Dotyczy to kwestii niejednoznaczności „na styku” dwóch niezależnie opracowywanych obiektów oraz problemu możliwej nieaktualności danych, w oparciu o które wyznacza się lokalne parametry transformacji.

Wiadomo, że czterostrefowy układ „2000” pozostaje w ścisłym matematycznym związku z jednostrefowym układem „1992” lub dowolnym innym układem zdefiniowanym jako matematyczne odwzorowanie elipsoidy **GRS-80** (w nowym  **europejskim systemie odniesień przestrzennych - ETRS**). Dlatego, dążąc docelowo do układu „2000”, możemy - równoważnie w skutkach - realizować wszelkie procesy obliczeniowe sieci np. w układzie „1992”. Końcowe rezultaty przeliczone matematycznie do układu „2000” powinny być identyczne (z dokładnością do błędu zaokrąglenia) z wynikami jakie otrzymalibyśmy bezpośrednio w układzie „2000”. Mówiąc bardziej ogólnie, wyrównanie sieci możemy przeprowadzić w dowolnej, pomocniczej przestrzeni matematycznej, byleby była ona jednoznacznie przekształcalna na przestrzeń użytkową – w naszym przypadku układ „2000”. Tak więc, zamiast wyrównywać sieci bezpośrednio w układzie „2000” możemy tego dokonać w układzie „1992”. Takie podejście jest korzystne zwłaszcza wtedy, gdy opracowywany obiekt (sieć) leży na granicy dwóch stref - w układzie „1992” (jednostrefowym) znika ten problem. Po wtóre, należy podkreślić, że osnowy poziome klasy I + II były opracowywane pierwotnie w układzie „1992”, a odpowiadające zbiory punktów w układzie „2000” utworzono później drogą transformacji. Transformacji nie podlegały jednak kąty kierunkowe na punkty kierunkowe oraz elementy siatek zespołów stabilizacyjnych (przekształcenie kątów kierunkowych może być wykonane dodatkowo. W układzie „1992” są więc dostępne bezpośrednio kompletne zbiory danych dotyczące punktów kierunkowych, ekscentrów, siatek przeniesienia współrzędnych. Aby uzyskać analogiczne elementy w układzie „2000” należy wykonać dodatkowe przeliczenia.

W przypadku, gdy układem pierwotnym lub wynikowym (wtórnym) jest układ "1965" to w świetle Instrukcji Technicznej G-2 oraz Wytycznych Technicznych G-1.10 należy wykonać dodatkową korektę wynikającą z lokalnych odchyłań matematycznego układu "1965" od jego rzeczywistej realizacji przez państwowe osnowy geodezyjne.

W przypadku, gdy przeliczenie dotyczy osnów geodezyjnych, wówczas operacje korekcyjne wykonuje się w oparciu o istniejące w danym obszarze punkty osnów wyższych klas jako punkty dostosowania. Na operację korekcyjną składa się:

- liniowa transformacja konforemna (Helmerta), realizująca przesunięcie, obrót i zmianę skali,
- korekta post-transformacyjna Hausbrandta, dokonująca usunięcia odchyłek na punktach dostosowania i ich wyrównanie na wszystkich punktach transformowanych.

W każdym przypadku punkty dostosowania powinny być rozmieszczone równomiernie w obszarze istotnie wykraczającym poza obszar punktów dostosowania. Szczegóły w tym względzie są zawarte w Wytycznych Technicznych G-1.10.

W przypadku, gdy transformacji podlegają punkty sytuacyjne mapy (w szczególności treść mapy w zapisie rastrowym lub wektorowym) wówczas korektę można realizować wielomianem stopnia wyższego niż 1, biorąc jednak pod uwagę większą liczbę punktów dostosowania z obszaru pokrywającego z pewnym "zapasem" obszar transformowany, a w szczególności z obszaru całej strefy.

Osnowy szczegółowe III klasy, w zależności od wielkości obszarowej powiatu i stopnia zainwestowania powierzchni, zawierają od kilku do kilkudziesięciu tysięcy punktów. Ścisłe wyrównanie całości sieci dla każdego powiatu można zrealizować w sposób jednoczesny, bez podziału na grupy, na co pozwalają dostępne narzędzia programistyczne (np. system **GEONET**). Ze względu na związki obserwacyjne z sieciami powiatów sąsiednich, a co za tym idzie – konieczność uzgodnień współrzędnych wspólnych punktów osnowy III klasy, a w dalszej kolejności – także punktów granicy administracyjnej, należy przewidzieć powiększenie zasięgu osnowy, co najmniej do najbliższych – poza granicą powiatu – punktów

klasy I + II, z uwzględnieniem zarówno punktów macierzystych jak też zespołów stabilizacyjnych i punktów kierunkowych.

- Poprzez **proces ścisłego wyrównania sieci** w układzie w układzie „2000” , „1992”, UTM lub wprost na elipsoidzie **GRS-80** (w układzie współrzędnych geodezyjnych **B, L**) - transformacja wyników z jednego układu na drugi, w ramach tej samej elipsoi odniesienia, jest już zadaniem czysto matematycznym (nie dotyczy to przejścia z układów współrzędnych innych systemów, jak np. z układu „1965”, gdyż wiązałoby się to na ogół z istotną propagacją błędów starego systemu, w tym osnów nawiazawczych I + II klasy).
- Poprzez **transformację** osnowy z układu „1965” lub lokalnego (z wykorzystaniem optymalnych korekt globalnych – strefowych i lokalnych układu „1965”, opartych na punktach dostosowania klasy wyższej).

Dla osnów klasy III, jeśli warunki materialne na to pozwalają (fizyczne istnienie zbiorów danych, z zasobów archiwalnych lub z nowych pomiarów modernizacyjnych sieci), wybieramy zazwyczaj metodologię pierwszą, prowadzącą do uzyskania wyników, o oczekiwanych dla klasy III walorach dokładnościowych i niezawodnościowych (por. Wytyczne Techniczne G-2.5).

Metodę transformacyjną, zwykle kilkakrotnie tańszą, preferuje się natomiast w odniesieniu do osnów pomiarowych (przy okazji dokonuje się też transformacji współrzędnych płaskich reperów osnowy wysokościowej). Należy podkreślić, że ta metodologia, niezależnie od sposobu eliminacji „dystorsji” globalnych i lokalnych układu „1965” i niezależnie od rzeczywistej dokładności produktów finalnych niesie za sobą niebezpieczeństwo powielenia różnych błędów (omyłek) jakie mogą mieć miejsce w istniejącym banku osnów w układzie „1965” lub lokalnym. Dlatego przy korzystaniu z metody transformacyjnej, zwłaszcza dla osnów klasy III, należy przewidzieć przeprowadzenie różnych diagnostyk kontrolnych.

### ***Przeliczanie osnów- schemat***

Przygotowanie i wyrównanie zbiorów danych :

1. Numeracja punktów.
2. Zebranie obserwacji.
3. Redukcje obserwacji.
4. Wagowanie obserwacji.
5. Kontrola obserwacji.
6. Wyrównanie obserwacji.

Załączniki:

1. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz. U. z 2000r. Nr 70, poz. 821)
2. Wytyczne do przeliczeń osnów poziomych, i granic administracyjnych oraz przekształceń map katastralnych do układu “2000” GUGiK - Warszawa, dn. 13.02.2003r. (Dz. U. z 2000r. Nr 70, poz. 821)



# **ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW**

z dnia 8 sierpnia 2000 r.

## **w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych.**

Na podstawie art. 3 ust. 5 ustawy z dnia 17 maja 1989 r. - Prawo geodezyjne i kartograficzne (Dz. U. Nr 30, poz. 163 i Nr 43, poz. 241, z 1991 r. Nr 103, poz. 446, z 1996 r. Nr 106, poz. 496 i Nr 156, poz. 775, z 1997 r. Nr 54, poz. 349, Nr 115, poz. 741 i Nr 121, poz. 770, z 1998 r. Nr 106, poz. 668 i Nr 162, poz. 1126 oraz z 2000 r. Nr 12, poz. 136) zarządza się, co następuje:

§ 1. Rozporządzenie określa parametry techniczne i warunki stosowania państwowego systemu odniesień przestrzennych.

§ 2. 1. Państwowy system odniesień przestrzennych stosuje się w pracach geodezyjnych i kartograficznych oraz w systemach informacji o terenie, wykonywanych do celów gospodarczych.

2. W pracach geodezyjnych, kartograficznych i w systemach informacji o terenie, wykonywanych do celów obronnych, dopuszcza się stosowanie systemu odniesień przestrzennych, wynikającego z międzynarodowych umów wojskowych.

§ 3. Państwowy system odniesień przestrzennych tworzą:

1) geodezyjny układ odniesienia, określony w załączniku nr 1 do rozporządzenia,

2) układ wysokości, w którym wyznacza się wysokości punktów względem przyjętego poziomu powierzchni odniesienia, stosowany w pracach geodezyjnych i kartograficznych, określony w załączniku nr 2 do rozporządzenia,

3) układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem "2000", stosowany w pracach geodezyjnych i kartograficznych, związanych z wykonywaniem mapy zasadniczej, określony w załączniku nr 3 do rozporządzenia,

4) układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem "1992", stosowany w mapach urzędowych o skali mapy 1:10.000 i skalach mniejszych, określony w załączniku nr 4 do rozporządzenia.

§ 4. Układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem "1965", oraz lokalne układy współrzędnych mogą być stosowane do dnia 31 grudnia 2009 r.

§ 5. Rozporządzenie wchodzi w życie z dniem ogłoszenia.

### **ZAŁĄCZNIKI**

#### **ZAŁĄCZNIK Nr 1**

#### **GEODEZYJNY UKŁAD ODNIESIENIA**

1. Geodezyjny układ odniesienia, zwany dalej "EUREF-89", jest rozszerzeniem europejskiego układu odniesienia ETRF na obszar Polski, w wyniku kampanii pomiarowej EUREF-POL 92, której rezultaty zostały zatwierdzone przez Podkomisję dla Europejskiego Układu Odniesienia (EUREF) Międzynarodowej Asocjacji Geodezji w 1994 r.

2. W EUREF-89 stosuje się Geodezyjny System Odniesienia 1980 (GRS 80), przyjęty na XVII Zgromadzeniu Generalnym Międzynarodowej Unii Geodezji i Geofizyki (MUGG) w Canberze, w grudniu 1979 r.

3. Dokumenty, o których mowa w ust. 1 i 2, są dostępne w Głównym Urzędzie Geodezji i Kartografii.

#### **ZAŁĄCZNIK Nr 2**

#### **UKŁAD WYSOKOŚCI**

1. Układ wysokości tworzą wartości geopotencjalne podzielone przez przeciętne wartości przyspieszenia normalnego siły ciężkości, zwane dalej "wysokościami normalnymi", odniesione do średniego poziomu Morza Bałtyckiego w Zatoce Fińskiej, wyznaczonego dla mareografu w Kronsztadzie koło Sankt Petersburga (Federacja Rosyjska).

2. Wysokości normalne określa się z pomiarów geodezyjnych nawiązanych do punktów podstawowej osnowy geodezyjnej kraju.

#### **ZAŁĄCZNIK Nr 3**

#### **UKŁAD WSPÓLRZĘDNYCH PŁASKICH PROSTOKĄTNYCH "2000"**

1. Układ współrzędnych płaskich prostokątnych "2000" jest utworzony na podstawie matematycznie jednoznacznego przyporządkowania punktów powierzchni Ziemi odpowiednim punktom na płaszczyźnie według teorii odwzorowania kartograficznego Gaussa-Krügera.

2. Obszar kraju dzieli się na cztery pasy południkowe o szerokości 3° długości geograficznej każdy i o południkach osiowych: 15°, 18°, 21° i 24° długości geograficznej wschodniej, ponumerowane odpowiednio numerami: 5, 6, 7 i 8. Podział obszaru kraju na pasy odwzorowania układu "2000" przedstawia rys. 1.

3. Współczynnik zmiany skali w południku osiowym każdego pasa południkowego równa się 0.999923.

4. Punkt przecięcia się obrazu równika z obrazem południka osiowego otrzymuje współrzędną  $x = 0$ , a punkty leżące na południku osiowym współrzędną  $y = 500.000$  m. W celu jednoznacznego określenia położenia punktu przed współrzędną  $y$  podaje się numer pasa południkowego, co dla przykładu punktów leżących na południku osiowym oznacza:

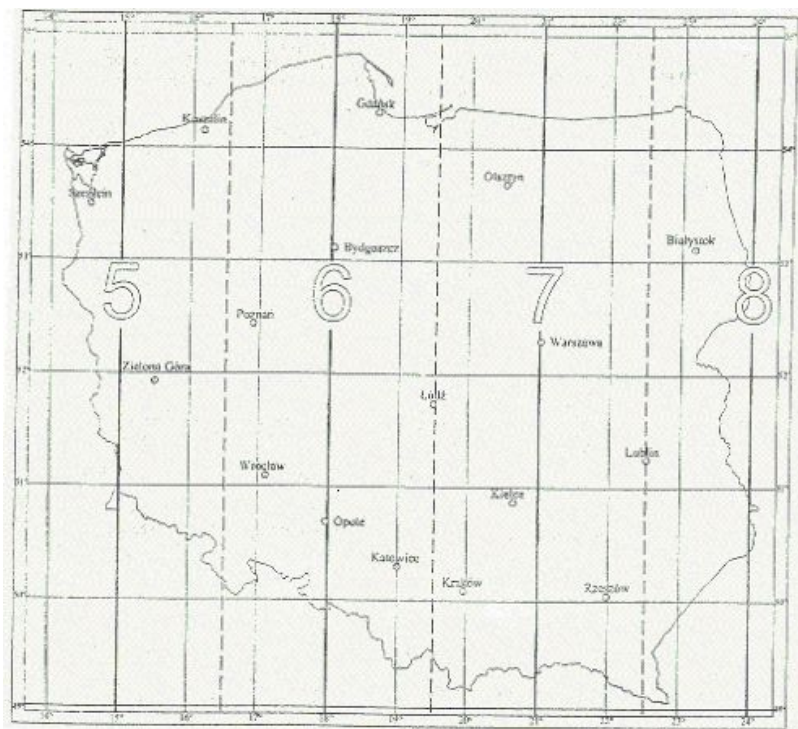
5.500.000 m przy południku  $Lo = 15^\circ$

6.500.000 m przy południku  $Lo = 18^\circ$

7.500.000 m przy południku  $Lo = 21^\circ$

8.500.000 m przy południku  $Lo = 24^\circ$ .

## Podział obszaru kraju na cztery trzystopniowe pasy odwzorowania Gaussa-Krügera



### ZAŁĄCZNIK Nr 4 UKŁAD WSPÓLRZĘDNYCH PŁASKICH PROSTOKĄTNYCH "1992"

1. Układ współrzędnych płaskich prostokątnych "1992" jest utworzony na podstawie matematycznie jednoznacznego przyporządkowania punktów powierzchni Ziemi odpowiednim punktom na płaszczyźnie według teorii odwzorowania kartograficznego Gaussa-Krügera.
2. Układ "1992" określają następujące parametry:
  - a) południk osiowy  $L = 19^\circ$  długości geograficznej wschodniej,
  - b) pas południkowy o szerokości obejmującej cały obszar kraju,
  - c) współczynnik zmiany skali 0.9993 w południku osiowym,
  - d) punkt przecięcia się obrazu równika z obrazem południka osiowego otrzymuje współrzędną  $x = -5.300.000$  m, a punkty leżące na południku osiowym współrzędną  $y = 500.000$  m.

Warszawa, dn. 13.02.2003r.

**WYTYCZNE DO PRZELICZEŃ OSNÓW POZIOMYCH,  
I GRANIC ADMINISTRACYJNYCH ORAZ PRZEKSZTAŁCENÍ MAP  
KATASTRALNYCH DO UKŁADU “2000”**

## **1. Wstęp**

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz.U. nr 70 poz. 821) wprowadziło układ współrzędnych płaskich oznaczony symbolem “2000” do stosowania w pracach geodezyjnych i kartograficznych, związanych z wykonywaniem mapy zasadniczej oraz mapy ewidencyjnej.

Zgodnie z tym rozporządzeniem układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem “1965”, oraz lokalne układy współrzędnych mogą być stosowane do dnia 31 grudnia 2009r. Oznacza to, że najpóźniej od dnia 1 stycznia 2010r. w całym kraju mapa ewidencja oraz mapa zasadnicza muszą być prowadzone w układzie współrzędnych “2000”. Oznacza to również konieczność przyjęcia strategii systematycznego wdrażania układu 2000 w ramach uprawnień poszczególnych organów służby geodezyjnej i kartograficznej.

Dotychczas przeliczone zostały na układ 2000 współrzędne punktów poziomej osnowy I i II klasy.

Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej przy piśmie z dnia 18 października 2002r., przekazał wykazy tych punktów do wszystkich **geodetów województw** z prośbą o dalszą dystrybucję tych materiałów na szczebel powiatowy. Z uzyskanych informacji wynika, że zadanie to zostało wykonane przez większość geodetów województw, a tylko w nielicznych przypadkach znajduje się ono w fazie realizacji.

Przy programowaniu prac geodezyjnych i kartograficznych na rok bieżący i lata następne należy przewidzieć następujące działania mające istotne znaczenie w procesie wdrażania układu 2000:

- 1) przeliczenie na układ 2000 punktów osnowy szczegółowej III klasy oraz osnowy pomiarowej,
- 2) zakończenie prac dotyczących uzupełnienia i weryfikacji danych państwowego rejestru granic i powierzchni jednostek podziału terytorialnego państwa (PRG),
- 3) transformacja ewidencyjnych map wektorowych oraz wektorowej mapy zasadniczej do układu 2000,
- 4) skuteczne egzekwowanie obowiązku stosowania układu 2000 w bieżących pracach geodezyjnych dotyczących:
  - zakładania nowych sieci poziomej osnowy geodezyjnej,
  - kompleksowej modernizacji ewidencji gruntów i budynków,
  - zakładania numerycznej mapy zasadniczej.

Problematyka transformacji układu 65 i układów lokalnych do układu 2000 została przybliżona pracownikom służby geodezyjnej zarówno szczebla wojewódzkiego jak i szczebla

powiatowego w ramach szkoleń przeprowadzonych we wszystkich województwach w roku ubiegłym oraz w styczniu br. przez prof. Romana Kadaję na zlecenie GUGiK.

## 2. Przeliczanie osnowy poziomej III klasy i osnowy pomiarowej.

### 2.1 Metodologia.

Przeliczanie osnów może przebiegać dwoma metodami:

- 1) poprzez ściśle wyrównanie sieci w układzie "2000" w nawiązaniu do punktów osnów wyższego rzędu (przy założeniu bezbłędności współrzędnych punktów nawiązania),
- 2) poprzez transformację istniejących zbiorów współrzędnych punktów z układów dotychczasowych ("1965", lokalne) do układu "2000"

Metodologia określona w pkt 1, poza przypadkiem nowego pomiaru, jest możliwa do zastosowania, jeśli zachowały się w **zbiory danych obserwacyjnych**, zwłaszcza, gdy są to zbiory w postaci cyfrowej. Z uwagi na problem podziału na strefy w układzie "2000" możliwe (i zalecane) jest wyrównywanie sieci w układzie "1992", a następnie jej przeliczenie matematyczne do określonej strefy (stref) układu "2000".

Poprawne wykonanie omawianego zadania metoda transformacji wymaga uwzględnienia korekt układu "1965" (eliminacji dystorsji tego układu). Zasady stosowania korekt są opisane w opisie programu "SWDE\_konwertor 2000" wersja 3.0.

W przypadku układów lokalnych, szczegółowe zasady postępowania zostały przedstawione na stronie [www.geonet.net.pl](http://www.geonet.net.pl) w pliku układy\_lokalne.doc. Istotną kwestią jest wyznaczenie formuł transformacyjnych pomiędzy danym układem lokalnym a układem "1965" w oparciu o punkty dostosowania. Układ "1965" staje się tu pośrednim ogniwem przejścia do układu "2000". Taki tryb postępowania został już zaaplikowany m.in. w programie "SWDE\_konwertor 2000".

### 2.2 Kryteria dokładnościowe.

Osnowy geodezyjne realizują fizycznie układ współrzędnych "2000", czyli tworzą układ odniesienia (dla prac geodezyjnych i kartograficznych). Dokładność realizacji układu odniesienia jest rozumiana w sensie absolutnym / globalnym (dokładność lokalizacji punktu w układzie mapy) lub lokalnym – względem punktów osnów rzędu wyższego.

Dla różnych klas osnów dokładność lokalna i globalna (mierzona błędem położenia punktu) powinna kształtować się na następującym poziomie (dane nie w pełni zweryfikowane ze stanem faktycznym na poziomie osnów szczegółowych):

Klasa	Mp (absolutny) [m]	Mp (lokalny) [m]	Uwagi
EUREF-POL	-		
POLREF	0,02	0,02	
I	0,04	0,03	
II	0,08	0,06	
III	0,13	0,10	
Pomiarowa	0,24	0,20	także punkty granic administracyjnych

Punkty graniczne na mapach wektorowych powinny być wyznaczone z dokładnością określoną lokalnym błędem położenia 0,10m (względem osnowy pomiarowej). Oznacza to wypadkowy błąd absolutny rzędu 0,26m.

Dla zwektoryzowanych map rastrowych, dokładność wyznaczeń punktów granicznych zależy od skali i jakości kartometrycznej oryginału mapy analogowej. Biorąc pod uwagę propagację różnych czynników w technologii przetwarzania (kalibracji i wektoryzacji rastrów oraz pozostałości nie wyeliminowanych dystorsji oryginalnych układów kartograficznych w stosunku do układu "2000" – czyli tzw. "korekt układu "1965" wielkość błędu położenia punktu granicznego szacuje się:

- dla skali mapy 1:1000 - ok. 0,25m -błąd lokalny i ok. 0.35 m, wypadkowy błąd absolutny,

- dla skali mapy 1:2000 - ok. 0,50m -błąd lokalny i ok. 0,70m wypadkowy błąd absolutny,
- dla skali mapy 1:5000 - błąd lokalny ok. 1,5 m i wypadkowy błąd absolutny ok. 2.0 m.

### 3. Uzupelnienie i weryfikacja danych państwowego rejestru granic i powierzchni jednostek podziału terytorialnego państwa.

Zakończenie prac dotyczących uzupełnienia i weryfikacji danych PRG ma istotne znaczenie dla budowy systemu katastralnego w Polsce. Rejestr ten, po uzupełnieniu danymi dotyczącymi granic obrębów ewidencyjnych, umożliwi **kontrolę spójności i ciągłości geometrycznych danych katastralnych**. Dane tego rejestru powinny stanowić podstawowy zbiór punktów dostosowania w procesie kalibracji rastra mapy ewidencyjnej poprzedzającym proces wektoryzacji tej mapy.

Oczekuje się, że prace w tym zakresie zarówno w CODGiK jak i w poszczególnych urzędach wojewódzkich **zostaną zakończone do końca III kwartału br.** Należy przy tym nadmienić, że opóźnienie wykonania tego zadania choćby w jednym województwie uniemożliwia pełne wykorzystanie PRG jako źródła wiarygodnych urzędowych danych dotyczących o powierzchni jednostek podziału terytorialnego państwa.

Podstawowym źródłem danych PRG powinny być wyniki terenowych pomiarów geodezyjnych zgromadzone w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym. W przypadku braku takich wyników dane dotyczące punktów granicznych powinny być pozyskane metodą digitalizacji skalibrowanej ewidencyjnej mapy rastrowej.

W procesie uzupełnienia i weryfikacji danych PRG wojewódzcy inspektorzy nadzoru geodezyjnego i kartograficznego w ramach nadzoru nad geodetami powiatowymi powinni zapewnić wyeliminowanie niezgodności w zakresie przebiegu granic jednostek podziału terytorialnego państwa.

Jeżeli źródłem niezgodności położenia odpowiednich punktów granicznych są wyłącznie błędy pomiarów kartometrycznych (w procesie digitalizacji mapy rastrowej) wykonanych niezależnie na dwóch przyległych do siebie arkuszach map ewidencyjnych, to do bazy PRG a następnie do baz danych ewidencyjnych **należy przyjąć średnie wartości współrzędnych tych punktów, jeżeli odchyłka liniowa dla poszczególnych punktów nie przekracza 4 m.** W przypadku przekroczenia tej wartości niezbędne dane należy pozyskać w wyniku terenowych pomiarów geodezyjnych.

### 4. Metodologia transformacji map wektorowych lub zwektoryzowanych map rastrowych.

W przypadku map wektorowych wykonanych pierwotnie w układzie "1965" lub lokalnym, zapisanych następnie w formacie SWDE problem transformacyjny rozwiązuje program "SWDE\_konwertor 2000".

Przy wykonywaniu tej konwersji należy w każdym przypadku uwzględnić korekty układu "1965" według zasad określonych w wersji 3.0 tego programu.

Zastąpienie w bazie źródłowej dotychczasowych danych geometrycznych (w układzie 65 lub lokalnym) danymi w układzie 2000 powinien zapewnić program komputerowy do prowadzenia ewidencji gruntów i budynków np. poprzez moduł importu danych w formacie SWDE. Warunki techniczne takiego modułu zostaną w najbliższym czasie opracowane w GUGiK.

Tworzenie nowych map rastrowych powinno odbywać się w układzie „2000”. W procesie budowy takich map podstawą kalibracji powinny być przeliczone naroża arkuszy sekcyjnych, punkty osnów geodezyjnych, punkty graniczne PRG i inne punkty zaliczone do pierwszej kategorii szczegółów sytuacyjnych.

### 5. Zalecenia ogólne.

1. Nowo zakładane osnowy geodezyjne wszystkich klas wyrównuje się w układzie "1992" lub "2000".
2. Konwersja osnowy szczegółowej III klasy z układu "1965" do układu "2000" powinno być dokonane w poszczególnych powiatach w terminach dostosowanych do planowanych kompleksowych pomiarów dla celów katastralnych oraz w związku z zakładaniem mapy zasadniczej
3. Proces uzgodnienia przebiegu granic administracyjnych i weryfikacji danych PRG należy zakończyć do końca III kwartału br.

4. Wyniki pomiarów geodezyjnych wykonywanych w ramach kompleksowej modernizacji ewidencji gruntów i budynków oraz pomiarów, w wyniku których zakładane są nowe arkusze mapy zasadniczej powinny być przyjmowane do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego w układzie współrzędnych "2000".
5. Proces wektoryzacji ewidencyjnej mapy wektorowej powinien być poprzedzony analizą jakościową mapy rastrowej. Do wektoryzacji należy dopuścić tylko te mapy rastrowe, które zostały skalibrowane w dostosowaniu do uzgodnionych i zweryfikowanych punktów granicznych jednostek podziału terytorialnego państwa zawartych w Państwowym rejestrze granic i powierzchni jednostek podziału terytorialnego państwa (PRG).
6. Z chwilą wykonania mapy rastrowej, część geometryczną ewidencji gruntów i budynków, o ile pozwalają na to warunki techniczne, należy prowadzić wyłącznie w technice komputerowej w postaci mapy wektorowo-rastrowej (nowe wyniki pomiarów w formie wektorowej, na tle mapy rastrowej).

W opracowaniu wykorzystano fragmenty materiałów pobranych ze stron:

[www.geonet.net.pl](http://www.geonet.net.pl), oraz [gugik.gov.pl](http://gugik.gov.pl).

Marek Kłopotek