

GEOMATYKA

program rozszerzony

2014-2015



dr inż. Paweł Strzeliński
Katedra Urządzania Lasu
Wydział Leśny UP w Poznaniu

GEOIDA - MISJA GOCE

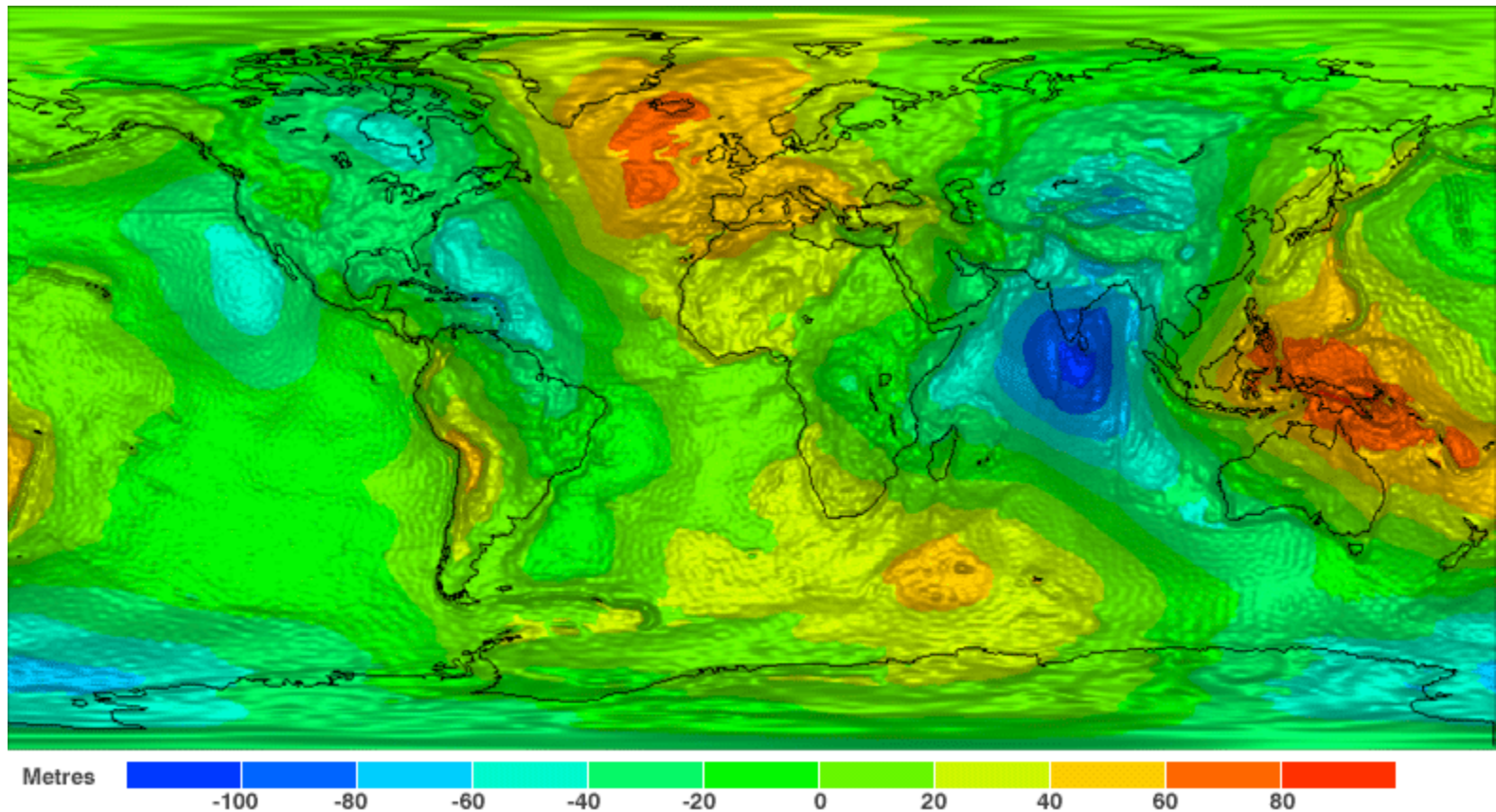
Satelita GOCE

Orbita: ok. 260 km

Czas misji: listopad – grudzień 2009

Pierwszy globalny model grawitacji (30-06-2010)

Przyspieszenie: $9,788 \text{ m/s}^2$ – $9,838 \text{ m/s}^2$



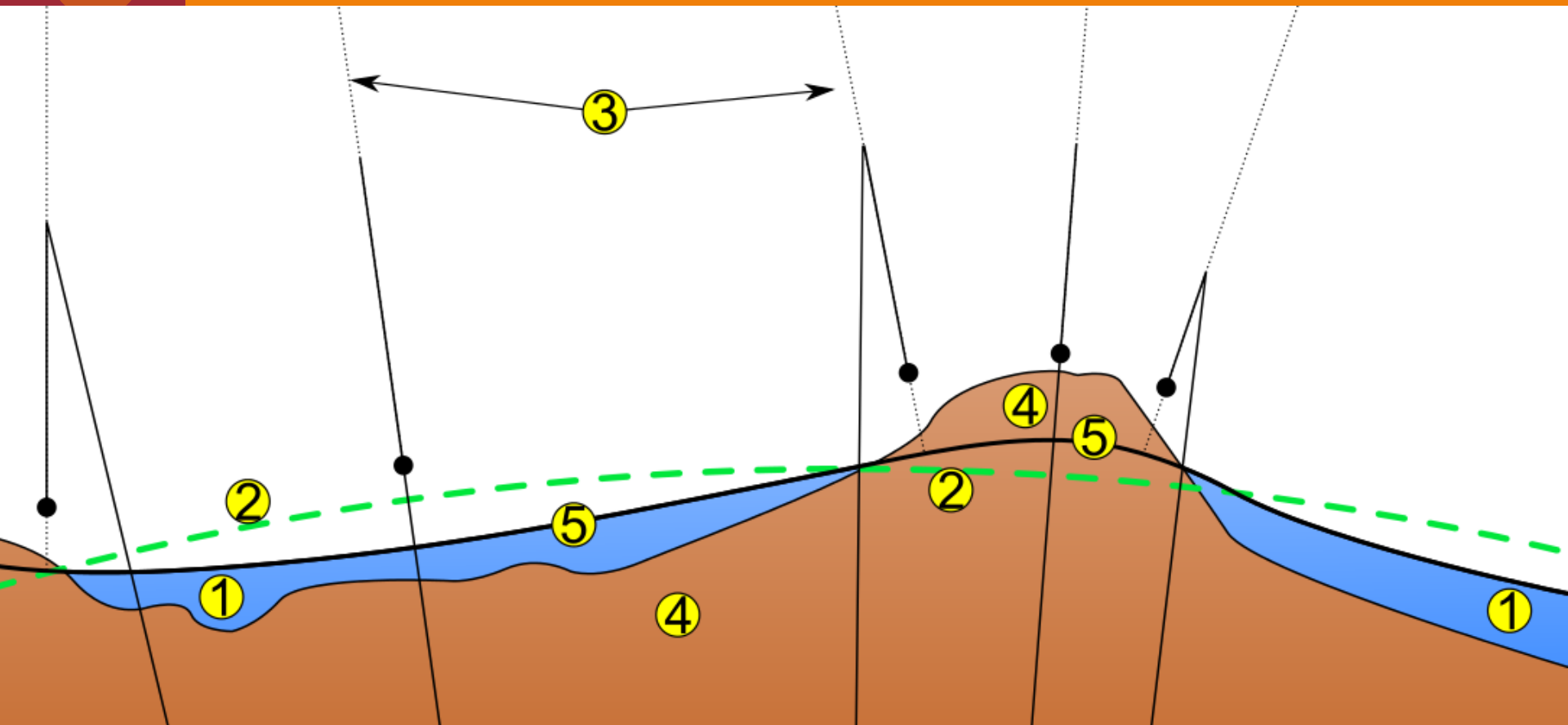
ODWZOROWANIA KARTOGRAFICZNE MAP TOPO A KSZTAŁT GLOBU ZIEMSKIEGO

W celu ujednoczenia wyników pomiarów geodezyjnych, a co za tym idzie – umożliwienia tworzenia definicji odwzorowań kartograficznych – wprowadza się pojęcie dwóch powierzchni odniesienia: **geoida** i **elipsoida**.

Geoida to w przybliżeniu powierzchnia, którą utworzyłyby wody mórz otwartych rozciągnięte nad lądami wirującej Ziemi, z uwzględnieniem sił grawitacyjnych otaczających je, niejednorodnych pod względem gęstości mas.

Przemieszczając się po powierzchni geoidy, przyspieszenie ziemskie **potencjał siły ciężkości** miałyby stałą wartość, niezależnie od szerokości geograficznej.

Gdyby zrzutować wszystkie szczegóły sytuacyjne po liniach pionu na taką właśnie powierzchnię, powstały obraz byłby wiernym odwzorowaniem fizycznej powierzchni Ziemi.



1. Ocean

2. Elipsoida

3. Pion lokalny

4. Kontynent

5. Geoida

Ze względu na różnorodność mas otaczających geoidę oraz ich wpływ na jej przebieg w danym obszarze, określenie matematyczne tej powierzchni (wyznaczenie jej równania matematycznego) jest rzeczą niemożliwą, a jest to wymaganym warunkiem w przypadku odwzorowań kartograficznych.

W zamian jako zastępczą powierzchnię odniesienia wprowadza się pojęcie **elipsoidy obrotowej** (powierzchni powstałej w wyniku obrócenia elipsy wokół jednej z osi).

Powierzchnia ta nie spełnia warunku stałego przyśpieszenia ziemskiego. Jest jednak stosunkowo prosta do określenia analitycznego oraz w wystarczająco dużym stopniu przybliża kształt i wymiary globu ziemskiego.

W celu zminimalizowania zniekształceń obrazu rzeczywistego wymiary i kształt elipsoidy są tak dobierane, aby na danym obszarze powierzchnia elipsoidy najlepiej przylegała do powierzchni geoidy. Istnieje wiele elipsoid, których parametry zostały wyznaczone z uwzględnieniem położenia obszaru dopasowania oraz ich przeznaczenia.

Na uwagę zasługuje **elipsoida WGS '84**, która jest elipsoidą geocentryczną (jej środek geometryczny pokrywa się ze środkiem mas Ziemi), stanowiącą uniwersalny model dla całej bryły Ziemi. Elipsoida ta wykorzystywana jest między innymi jako podstawowa powierzchnia odniesienia współrzędnych GPS.

Parametry wybranych elipsoid stosowanych w kartografii polskiej

Nazwa	Rok określenia	Półoś a [m]	Półoś b [m]	Splaszczenie f
Bessela	1841	6 377 397	6 356 079	1 : 299,2
Hayforda	1910	6 378 388	6 356 912	1 : 297,0
Krasowskiego	1940	6 378 245	6 356 863	1 : 298,3
WGS '84	1984	6 378 137	6 356 749	1 : 298,257

$$f = \frac{a - b}{a}$$

Układ współrzędnych – funkcja przypisująca każdemu punktowi danej przestrzeni (w szczególności przestrzeni dwuwymiarowej – płaszczyzny, powierzchni kuli itp.) skończony ciąg (krotkę) liczb rzeczywistych zwanych współrzędnymi punktu.

Z definicji funkcji takie przyporządkowanie pozwala jednoznacznie określić punkt na podstawie znajomości jego współrzędnych, jednak bywa, że danemu punktowi odpowiadać może kilka współrzędnych.

Źródło: http://pl.wikipedia.org/wiki/Układ_współrzędnych

RODZAJE UKŁADÓW WSPÓŁRZĘDNYCH

1. Układ współrzędnych **kartezjańskich** (prostokątnych)
2. Układ współrzędnych **biegunowych** (polarnych)
3. Układ współrzędnych **walcowych** (cylindrycznych)
4. Układ współrzędnych **sferycznych**
 - 4.1. Układ współrzędnych **astronomicznych**
 - 4.1.1. Układ współrzędnych **horyzontalnych**
 - 4.1.2. Układ współrzędnych **równikowych**
 - 4.1.2.1. Układ współrzędnych **równikowych godzinnych**
 - 4.1.2.2. Układ współrzędnych **równikowych równonocnych**
 - 4.1.3. Układ współrzędnych **galaktycznych**
 - 4.1.4. Układ współrzędnych **supergalaktycznych**
 - 4.2. Układ współrzędnych **geograficznych**
 - 4.3. Układ współrzędnych **geodezyjnych**
 - 4.3.1. Układ współrzędnych **Borowa Góra**
 - 4.3.2. Układ współrzędnych **1942**
 - 4.3.3. Układ współrzędnych **1965**
 - 4.3.4. Układ współrzędnych **GUGiK 80**
 - 4.3.5. Układ współrzędnych **1992**
 - 4.3.6. Układ współrzędnych **2000**

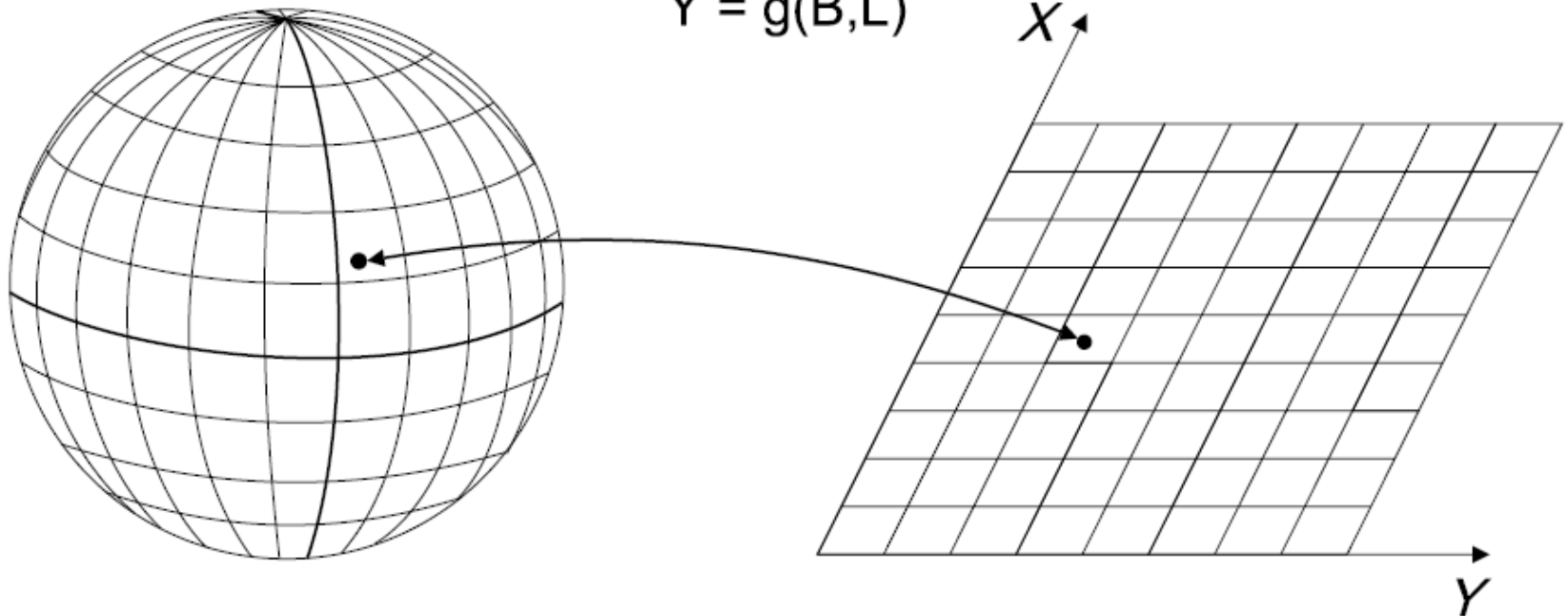
GEODEZYJNE WSPÓŁRZĘDNE ELIPSOIDALNE A WSPÓŁRZĘDNE PŁASKIE

Współrzędne geodezyjne na elipsoidzie obrotowej (B, L) to miary kątowe:

- **L (długość geodezyjna)** – kąt zawarty pomiędzy płaszczyzną zawierającą południk zerowy L_0 a płaszczyzną zawierającą południk wyznaczanego punktu P – LP,
- **B (szerokość geodezyjna)** – kąt zawarty pomiędzy płaszczyzną równika elipsoidy a normalną (prostopadłą) do powierzchni elipsoidy w punkcie P.

$$X = f(B, L)$$

$$Y = g(B, L)$$



GEODEZYJNE WSPÓŁRZĘDNE ELIPSOIDALNE A WSPÓŁRZĘDNE PŁASKIE

Linie stałych wartości B i L na elipsoidzie tworzą **siatkę geograficzną**.

Jej obraz na płaszczyźnie mapy to **siatka kartograficzna**, której linie z reguły są krzywymi.

Dla ułatwienia posługiwania się mapami każdy arkusz mapy oprócz siatki kartograficznej posiada linie stałych współrzędnych X i Y.

Siatka utworzona przez te linie to **siatka topograficzna (kilometrowa)**.

RODZAJE ODWZOROWAŃ KARTOGRAFICZNYCH

Każda mapa jest wykonana w pewnym odwzorowaniu, przyjętym dla danego obszaru i typu mapy. Przekształcenie „obłej” powierzchni elipsoidy na płaszczyznę mapy powoduje zmianę relacji geometrycznych odwzorowywanego obrazu.

Zmianom mogą ulegać: kąty, kierunki, odległości, powierzchnie.

Istnieją odwzorowania kartograficzne, które zachowują w niezmięnionej postaci wymienione wielkości:

Konforemne – zachowują w niezmięnionej postaci wartości kątów pomiędzy dwoma kierunkami. Odwzorowania tego typu stosowane są do opracowania map wielko- i średnioskalowych oraz map nawigacyjnych. Linie siatki kartograficznej przecinają się na mapie pod kątem prostym.

Równopolewe – odwzorowanie zachowujące wartości pól powierzchni. Stosowane do kartograficznych opracowań drobnoskalowych (głównie do sporządzania map szkolnych i małoskalowych map ogólnogeograficznych).

RODZAJE ODWZOROWAŃ KARTOGRAFICZNYCH

Równoodległościowe – zachowują niezmiennione wartości odległości pomiędzy punktami położonymi np. na tym samym równoleżniku, na tym samym południku itp. Nie ma takiego odwzorowania, które zachowywałoby tę samą skalę długości pomiędzy dwoma dowolnymi punktami odwzorowywanego obszaru;

Azymutalne – zachowujące kierunki.

RODZAJE ODWZOROWAŃ KARTOGRAFICZNYCH

Ze względu na geometryczną interpretację odwzorowania kartograficzne można podzielić na:

- **azymutalne** – powierzchnia odwzorowująca jest płaszczyzną,
- **walcowe** – odwzorowanie na poboczną powierzchnię walca,
- **stożkowe** – odwzorowanie na płaszczyznę stożka.

Każde z wyżej wymienionych, ze względu na sposób rzutowania, można podzielić na:

- **środkowe**,
- **stereograficzne**,
- **ortograficzne**.

Aby w sposób jednoznaczny zidentyfikować sposób ukazania fizycznej powierzchni Ziemi na mapie, należy określić poniżej wymienione parametry:

- **wymiary elipsoidy**,
- **orientację elipsoidy względem bryły Ziemi**, to znaczy względem geocentrycznego układu współrzędnych x, y, z lub względem elipsoidy geocentrycznej (np.: WGS'84),
- typ odwzorowania kartograficznego.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „BOROWA GÓRA”

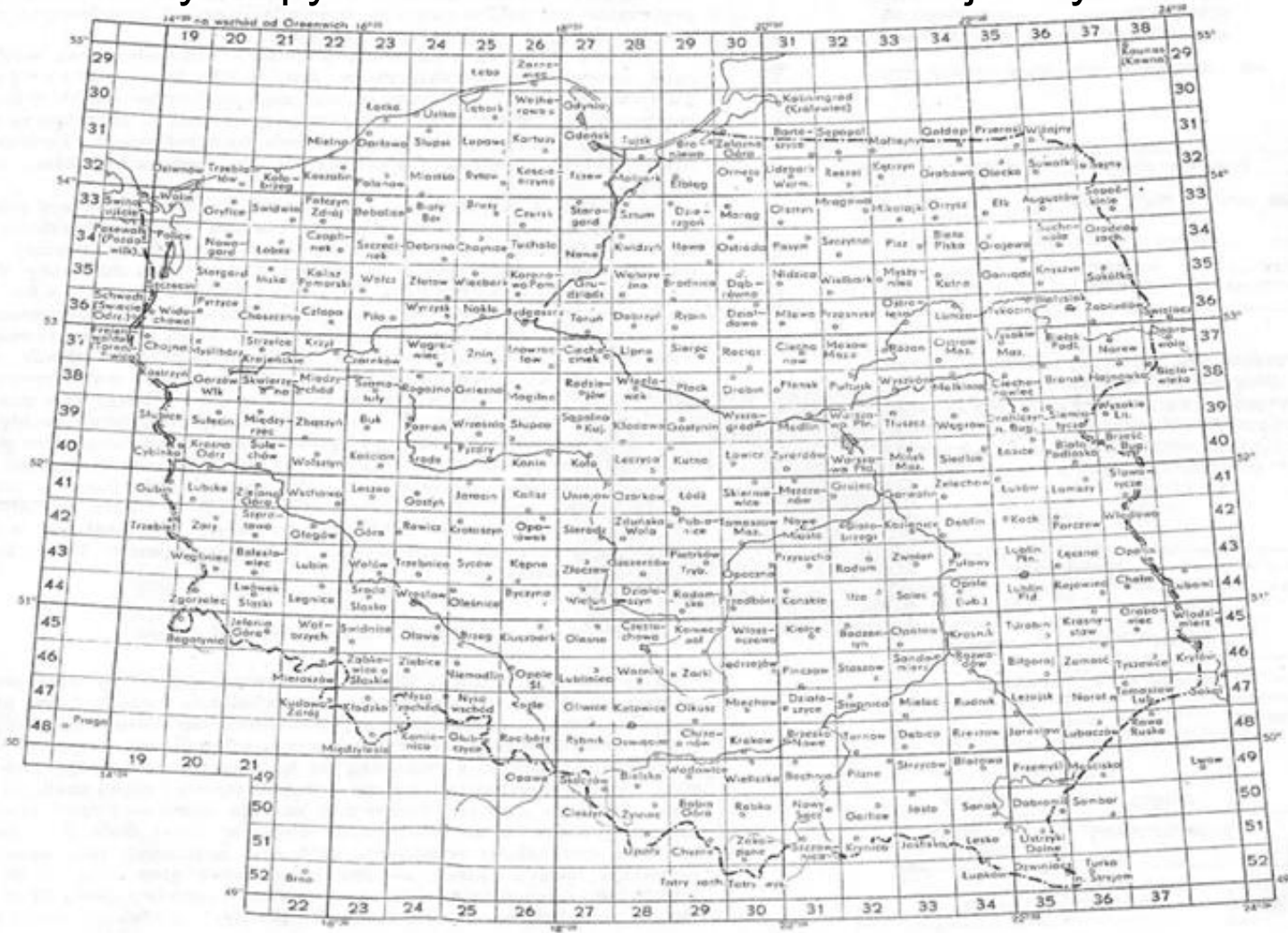
Układ „Borowa Góra” został opracowany przez Wojskowy Instytut Geograficzny (WIG) w 1936 roku i obowiązywał do lat 50. - czyli do wprowadzenia układu „1942”.

Podstawę do obliczeń geodezyjnych i prac kartograficznych stanowiła elipsoida Bessela z punktem odniesienia Borowa Góra.

Do sporządzania map topograficznych dla obszaru Polski w układzie "Borowa Góra" zastosowane zostało odwzorowanie M.H. Roussilhe`a. Jest to siatka azymutalna równokątna, uwzględniająca elipsoidalny kształt Ziemi.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „BOROWA GÓRA”

Skorowidz arkuszy mapy 1:100 000 w układzie Borowej Góry



Źródło: <http://www.gisplay.pl/geodezja/uklady-wspolrzednych.html>

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1942” – POWIERZCHNIA ODNIESIENIA

W 1952 roku układ współrzędnych geodezyjnych „1942” został wprowadzony we wszystkich krajach socjalistycznych (w tym i w Polsce) jako podstawa do wszystkich prac geodezyjnych i kartograficznych.

Za matematyczną powierzchnię odniesienia przyjęto **elipsoidę obrotową Krasowskiego** z punktem przyłożenia do geoidy w obserwatorium astronomicznym w Pułkowie (dzielnica Leningradu), z azymutem orientacji Pułkowo-Bugry.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1942” – ODWZOROWANIE KARTOGRAFICZNE

W celu odwzorowania powierzchni elipsoidy na płaszczyznę mapy przyjęto metodę Gaussa-Krügera (1912 r.).

Jest to odwzorowanie stosowane do przedstawienia na płaszczyźnie wąskich pasów południkowych, spełniające następujące warunki:

- południk środkowy pasa odwzorowuje się na odcinek linii prostej,
- elementarna skala długości na południku środkowym jest stała i równa się jedności.

Pozostałe linie siatki kartograficznej (poza obrazem równika) są liniami krzywoliniowymi i symetrycznymi względem południka osiowego (pozostałe południki strefy) oraz względem równika (pozostałe równoleżniki).

Definicja płaskiego układu współrzędnych geodezyjnych przyjmuje, że oś X skierowana jest wzdłuż południka osiowego strefy na północ, oś Y pokrywa się z obrazem równika i jest skierowana na wschód.



UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1942” – ODWZOROWANIE KARTOGRAFICZNE

Ogólne założenia odwzorowania Gaussa-Krügera



UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1942” – ODWZOROWANIE KARTOGRAFICZNE

Pasy południkowe 3-stopniowe w odwzorowaniu Gaussa-
Krügera dla obszaru Polski

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1942” – PODZIAŁ MAP TOPOGRAFICZNYCH NA ARKUSZE

Podział map na arkusze w odwzorowaniu Gaussa-Krügera oparty jest na podziale Międzynarodowej Mapy Świata 1 : 1 000 000. Sześciostopniowe strefy odwzorowawcze pokrywają się ze słupami podziału tej mapy.

Na terytorium Polski przypadają dwa słupy: **33**, **34** oraz dwa pasy **M** i **N**.

Część wspólna pasa i słupa daje w odwzorowaniu Gaussa-Krügera arkusz mapy 1 : 1 000 000 i stanowi bazę do podziału na arkusze map w skalach 1 : 500 000, 1 : 200 000 oraz 1 : 100 000.

Podział na arkusze map w skalach 1 : 50 000, 1 : 25 000 i 1 : 10 000 oraz 1 : 5 000 opiera się na arkuszu mapy 1 : 100 000.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1942” – PODZIAŁ MAP TOPOGRAFICZNYCH NA ARKUSZE

Skala mapy	Rozmiar arkusza		Przykład oznaczenia arkuszy	Liczba arkuszy mieszcząca się na arkuszu mapy	
	wzdłuż południka	wzdłuż równoleżnika		w skali 1 : 1 000 000	w skali 1 : 100 000
1 : 1 000 000	4°	6°	N-34	–	–
1 : 500 000	2°	3°	N-34-D	4	4
1 : 200 000	40'	1°	N-34-XXXVI	36	36
1 : 100 000	20'	30'	N-34-144	144	144
1 : 50 000	10'	15'	N-34-144-D	4	4
1 : 25 000	5'	7' 30"	N-34-144-D-d	10	10
1 : 10 000	2' 30"	3' 45"	N-34-144-D-d-4	65	65
1 : 5 000	1' 15"	1' 52" 5	N-34-144-(256)	256	256
1 : 2 000	30"	56" 25	N-34-144-D-d-4/20	1280	1280



UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1942” - PODZIAŁ MAP TOPOGRAFICZNYCH NA ARKUSZE

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1965”

W latach 70. wydano rozporządzenie w sprawie opracowania edycji map topograficznych dla celów cywilnych (mapy układu „1942” były tajne) i udostępnienia ich użytkownikom gospodarki narodowej. Osnowa matematyczna tych map opiera się na opracowanym układzie **współrzędnych geodezyjnych „1965”**.

Za powierzchnię odniesienia obliczeń geodezyjnych przyjęto elipsoidę Krasowskiego.

W celu zminimalizowania zniekształceń odwzorowawczych terytorium Polski zostało podzielone na pięć niezależnych stref. W czterech strefach zastosowano konforemne odwzorowanie płaszczyznowe, skośne, obejmujące obszary Polski:

I strefa – część południowo-wschodnia,

II strefa – część północno-wschodnia,

III strefa – część północno-zachodnia,

IV strefa – część południowo-zachodnia.

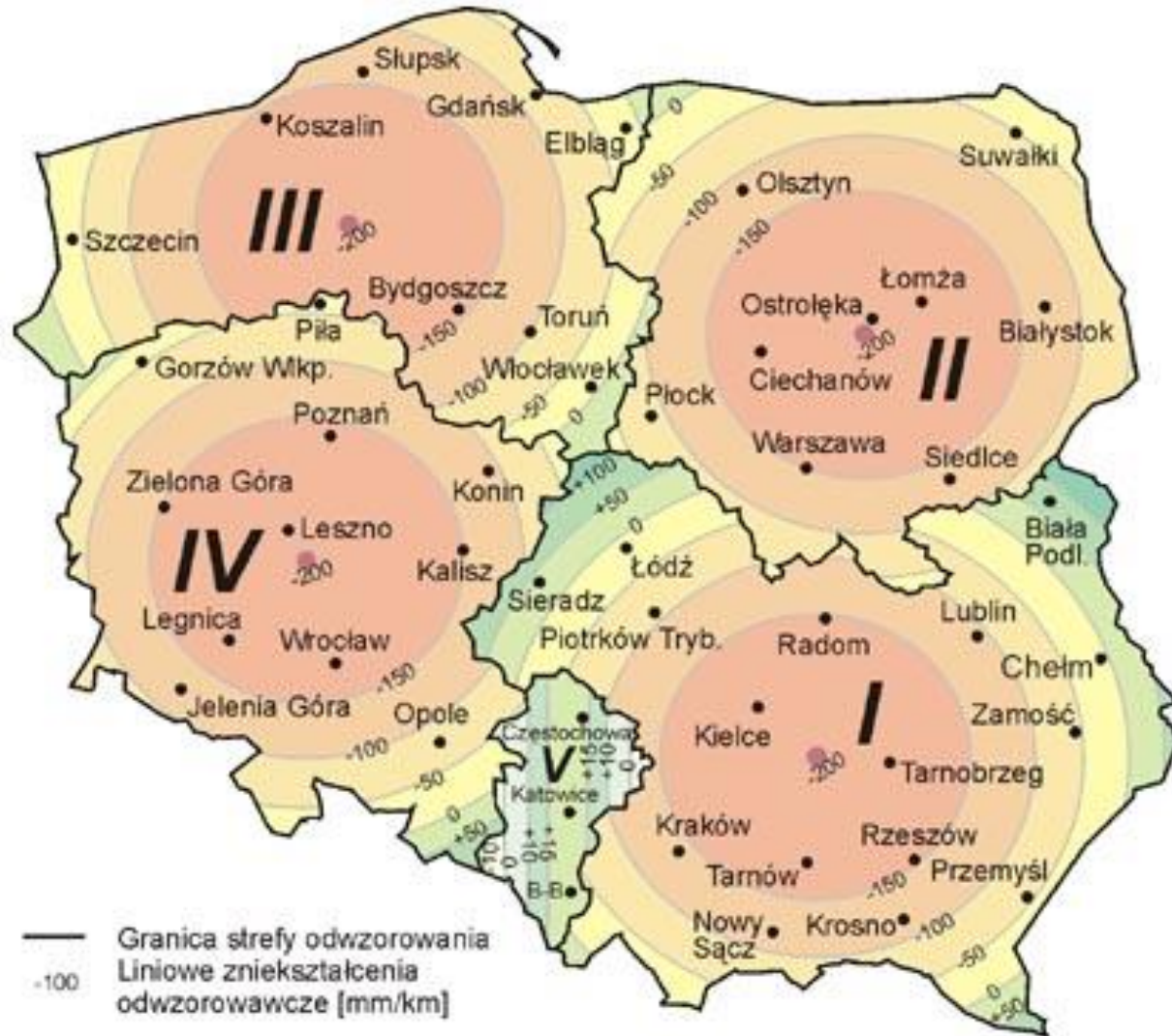
V strefa – obejmuje dawne województwa częstochowskie i katowickie.

W V strefie przyjęto odwzorowanie Gaussa-Krügera w pasach 3-stopniowych.

W literaturze brak dokładnych formuł matematycznych zastosowanych w tym systemie odwzorowań.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1965”

Podział terytorium Polski na strefy odwzorowawcze w układzie „1965”



źródło: <http://www.geoforum.pl/>
za: Instrukcja O-1/O-2 z 2001 r.

Linie siatki topograficznej (kilometrowej) dzielą każdą strefę odwzorowania na słupy o szerokości 64 km oraz pasy o szerokości 40 km. Jest to zasięg jednego arkusza mapy 1 : 100 000.

Arkusz ten jest oznaczony trzema cyframi: np. 343 (pierwsza cyfra oznacza numer strefy, druga – numer pasa, a trzecia – numer słupa).

Arkusz 1 : 50 000 stanowi czwartą część arkusza mapy 1 : 100 000.

Arkusz mapy 1 : 25 000 to jedna czwarta arkusza 1 : 50 000, arkusz 1 : 10 000 to jedna czwarta arkusza 1 : 25 000, arkusz 1 : 5 000 to jedna czwarta arkusza 1 : 10 000.

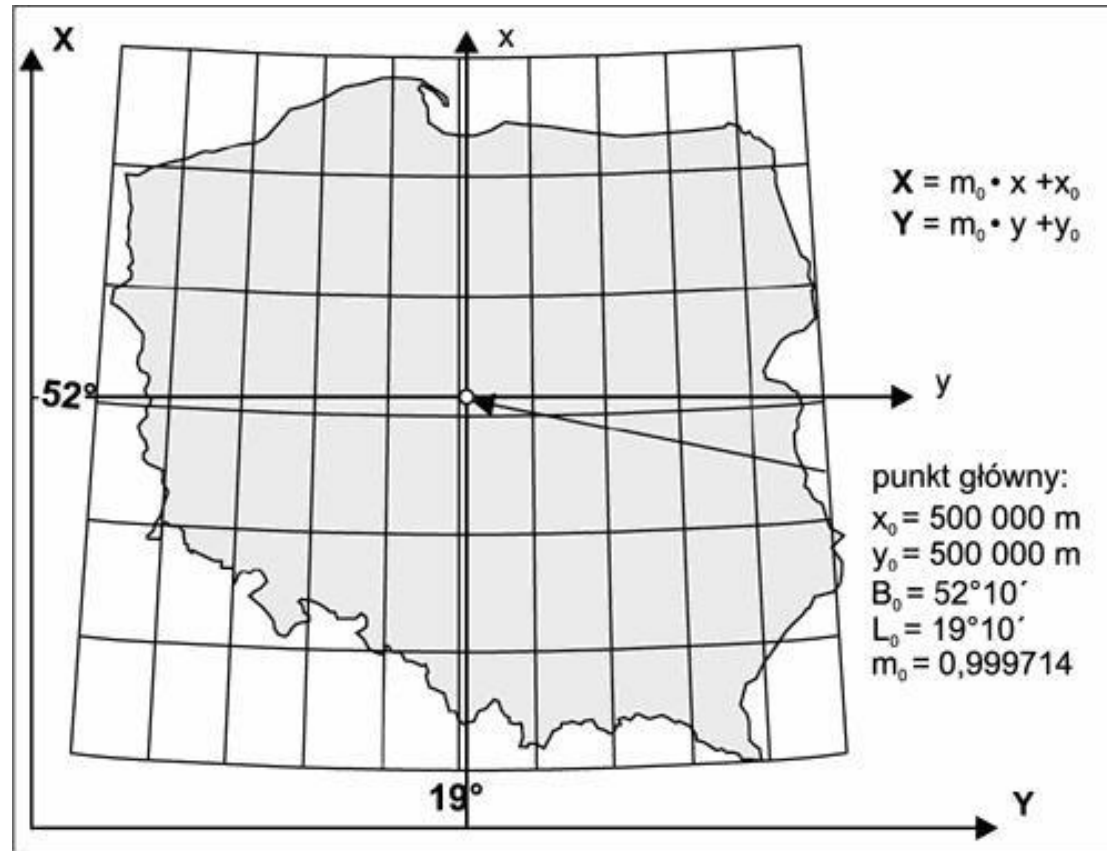
sposób podziału
strefy odwzorowawczej
na arkusze mapy
w skali 1 : 50 000

zasada tworzenia
arkuszy map
w skalach
1 : 50 000,
1 : 25 000,
1 : 10 000
oraz 1 : 5 000

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „GUGIK 80”

Najważniejsze cechy:

- elipsoida: Krasowskiego
- punkt przyłożenia: Pułkowo
- azymut orientacji: Pułkowo-Bugry
- odwzorowanie quasi-stereograficzne (Roussilhe'a)



UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „PUWG 1992”

Od 1992 roku prowadzone są prace nad wprowadzeniem do użytku cywilnego nowego układu odniesień przestrzennych, który zastąpiłby układ „1965”. Instytucje gromadzące i przetwarzające dane przestrzenne są zobligowane do stosowania nowego układu odniesień przestrzennych.

Nowy układ posiada dwa warianty:

- dla map wielkoskalowych (skale 1 : 500 – 1 : 5 000) – cztery strefy odwzorowawcze,
- dla map średnio- i drobnoskalowych (skale 1 : 10 000 i drobniejsze) – jedna strefa odwzorowawcza.

Powierzchnią odniesienia jest geocentryczna, globalna **elipsoida GRS '80**, przyjęta przez podkomisję EUREF (IAG) w 1992 roku na sympozjum w Bernie do stosowania w pracach geodezyjnych i kartograficznych.

Parametry elipsoidy zostały wyznaczone za pomocą technik satelitarnych (pomiar dopplerowski i GPS).

Podstawowym arkuszem mapy w układzie „1992/19” jest arkusz Międzynarodowej Mapy Świata 1 : 1 000 000.

Granicami arkuszy są obrazy południków i równoleżników. Zasady podziału i oznaczeń arkuszy map są analogiczne do układu „1942”.

PORÓWNANIE UKŁADÓW WSPÓŁRZĘDNYCH

	Układ 1942	Układ 1965	Układ 1992 (10°)	Układ 1992 (3°)
Elipsoida	Krasowskiego '40	Krasowskiego '40	GRS '80	GRS '80
Odwzorowanie	Gausa-Krügera równokątne walcowe poprzeczne	Strefy I – IV: płaszczyznowe równokątne ukośne	Gausa-Krügera równokątne walcowe poprzeczne	Gausa-Krügera równokątne walcowe poprzeczne
		Strefa V: Gausa-Krügera równokątne walcowe poprzeczne		
Skale opracowanych map (w nawiasie – także o niepełnym pokryciu kraju)	1 : 500 000 1 : 200 000 1 : 100 000 1 : 50 000 1 : 25 000 (1 : 10 000) (1 : 5 000)	1 : 50 000 1 : 25 000 (1 : 10 000) (1 : 5 000)	(1 : 50 000) (1 : 10 000)	Brak opracowań kartograficznych.
Kształt arkusza mapy	trapez krzywoliniowy	prostokąt	trapez krzywoliniowy	prostokąt
Linie siatki	kartograficznej i kilometrowej	kilometrowej	kartograficznej i kilometrowej	kartograficznej i kilometrowej

UKŁAD WYSOKOŚCI KRONSZTAD „1986”

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.

ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW Z DNIA 8 SIERPANIA 2000 R. W SPRAWIE PAŃSTWOWEGO SYSTEMU ODNIESIEŃ PRZESTRZENNYCH

§ 3. Państwowy system odniesień przestrzennych tworzą:

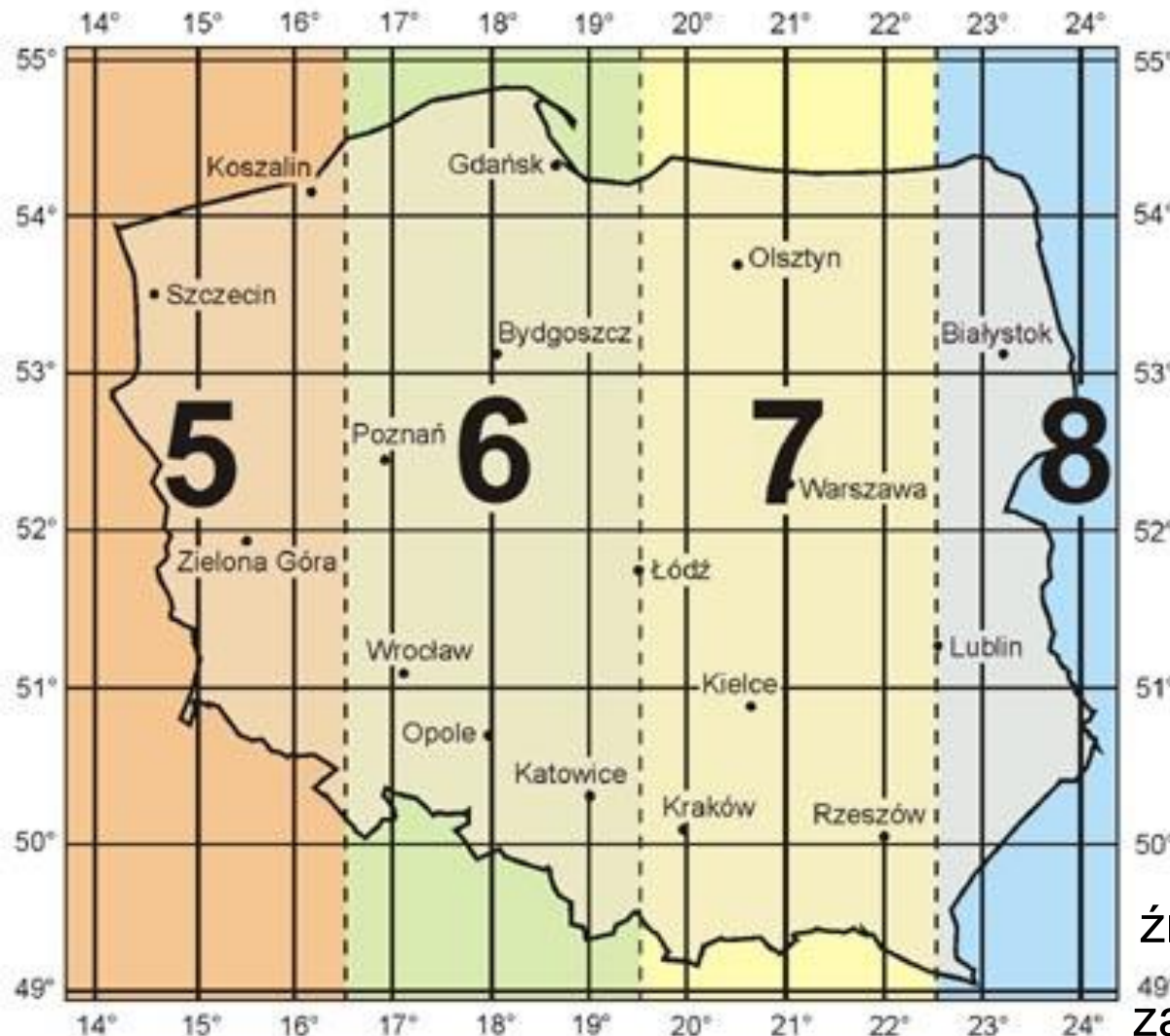
- 1) geodezyjny układ odniesienia, określony w załączniku nr 1 do rozporządzenia,
- 2) układ wysokości, w którym wyznacza się wysokości punktów względem przyjętego poziomu powierzchni odniesienia, stosowany w pracach geodezyjnych i kartograficznych,
- 3) układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem "2000", stosowany w pracach geodezyjnych i kartograficznych, związanych z wykonywaniem mapy zasadniczej,
- 4) układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem "1992", stosowany w mapach urzędowych o skali mapy 1:10.000 i skalach mniejszych.

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

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH 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.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH PŁASKKICH PROSTOKĄTNYCH "2000"



Podział terytorium Polski na
3-stopniowe pasy
odwzorowania Gaussa-
Krügera w układzie „2000”

źródło: <http://www.geoforum.pl/>
za: Instrukcja O-1/O-2 z 2001 r.

Ustala się, że układami odniesień przestrzennych w standardzie LMN będą:

- układ współrzędnych płaskich prostokątnych „1992”,
- układ wysokości „Kronsztad 1986”,

o których mowa w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000 roku w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz.U. nr 70 z dn. 24.08.2000 r., poz. 821).



SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ – HISTORIA

SPUTNIK 1 (4 października 1957, ZSRR) – pierwszy sztuczny satelita.

SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ – HISTORIA



MINITRACK (1958, NAVSPASUR – 1961; USA) – pasywny system śledzący satelity, wykorzystujący emitowane przez nie sygnały.

TRANSIT (17.09.1959; USA) – pierwszy satelita nawigacyjny umożliwiający określenie pozycji obiektów (np. rakiet balistycznych) w dwóch wymiarach (długość i szerokość geograficzna). Od 1964 r. system 4 satelitów umożliwia precyzyjne pozycjonowanie (m.in. łodzi podwodnych).

CYKLON (15.05.1967; ZSRR) – reakcja na system TRANSIT; początkowo dokładność wynosiła ok. 3 km; w 1969 – już 100 m; pełna operacyjność – od 27.02.1978.

SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ (NSS)

GPS (Global Positioning System) – Globalny System Wyznaczania Pozycji lub System Globalnego Pozycjonowania, to system umożliwiający wyznaczenie pozycji dowolnego punktu na globie ziemskim.

Systemy nawigacji satelitarnej (NSS - Navigation Satellite Systems) – to systemy umożliwiające wyznaczenie pozycji oraz nawigację (z punktu do punktu). Ze względu na zasięg można je podzielić na:

- globalne,
- regionalne.

GLOBALNE SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ (GNSS)

Globalne systemy nawigacji satelitarnej (GNSS - Global Navigation Satellite Systems) – za początek jego „istnienia” przyjmuje się datę 15 października 1993 roku, gdy 68 delegatów z 11 państw (w tym Polski) zawarło wstępne porozumienie w sprawie uruchomienia GNSS.

Obecnie GNSS stanowią głównie satelity z systemów:

- Navstar GPS (USA) – 24 satelity
- GLONASS (Rosja) – 24 satelity

które obejmują swoim zasięgiem całą Ziemię; okrążając glob na średnich orbitach (MEO - Medium Earth Orbit).

REGIONALNE SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ (RNSS)

Regionalne systemy nawigacji satelitarnej (RNSS - Regional Navigation Satellite Systems) – obejmują swoim zasięgiem tylko ograniczony obszar, z reguły fragment kontynentu.

Ich głównym zadaniem jest lokalne zwiększanie dostępności i dokładności systemów GNSS; zazwyczaj nie są systemami samodzielnymi.

Obecnie funkcjonują następujące systemy regionalne:

- **Beidou-2/Compass** (Chiny): jest – 16 (stan na 2013/2014); plan – 35 satelitów (funkcjonuje, pełna operacyjność od 2012 – w Chinach; 2020 – na świecie),
- **QZSS** (Japonia): jest – 1; plan – 3 satelity (planowany od 2013),
- **IRNSS** (Indie): jest – 0; plan – 7 lub 11 satelitów (planowany od 2014)



REGIONALNE SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ (RNSS)

- BeiDou-2/Compass (Chiny)
- QZSS (Japonia)

Obszar pokryty przez sygnał z BeiDou-1



REGIONALNE SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ (RNSS)

- **IRNSS** (Indie)

NAVSTAR GPS

W **1973** roku Departament Obrony USA podjął decyzję o połączeniu istniejących programów, w celu stworzenia ogólnoswiatowego, odpornego na warunki pogodowe, trójwymiarowego systemu nawigacyjnego, nazwanego **Navstar GPS** (Navigation System with Time And Ranging).

Pierwszy, eksperymentalny blok satelitów (**10 czynnych** i 1 uszkodzony) został był umieszczony na orbicie i działał w latach **1978-1985** (pierwszy umieszczony na orbicie 22.02.1978).

17 stycznia 1994 na orbitach pojawiła się pełna konstelacja – **24 czynne satelity**.

System **w pełni operacyjny** (jako ogólnoswiatowy) stał się w **kwietniu 1995**.

NAVSTAR GPS – SKŁADOWE SYSTEMU

System składa się z trzech grup elementów:

- **część przekaźnikowa** - systemu 24 satelitów umieszczonych na 6 okołoziemskich orbitach na wysokości 20200 km nad powierzchnią Ziemi, z których każdy transmituje informację czasową oraz dane nawigacyjne. Czas obiegu orbit wynosi około 12 godzin, przy czym są one rozmieszczone w ten sposób, aby z każdego punktu na Ziemi było widocznych co najmniej 5 nadajników. Taka konfiguracja umożliwia, z małymi wyjątkami, wyznaczenie pozycji dowolnego miejsca na powierzchni Ziemi o dowolnej porze dnia lub nocy.
- **część naziemna** - Głównej Stacji Nadzoru (Master Control Station w Bazie Sił Powietrznych Falcon w Colorado Springs) i lokalnych stacji monitorujących,
- **część odbiorcza** - odbiorników, którymi posługują się użytkownicy systemu GPS.

NAVSTAR GPS - POZIOMY DOKŁADNOŚCI

GPS zapewnia dwa poziomy dokładności:

- **Dokładny Serwis Pozycyjny** (PPS - Precise Positioning Service)
- **Standardowy Serwis Pozycyjny** (SPS - Standard Positioning Service).

Dokładny serwis pozycyjny - PPS dostępny jest tylko dla autoryzowanych użytkowników, zapewniając wysoką dokładność danych o pozycji i czasie.

Do autoryzowanych użytkowników należą: Siły Zbrojne USA i NATO (o autoryzacji użytkownika decyduje Departament Obrony USA).

NAVSTAR GPS – C.D...

Zespół satelitów stanowi przestrzenny ruchomy układ odniesienia wspólny dla całego globu ziemskiego.

Specjalnie dobrane parametry orbit zapewniają warunek widoczności **minimum czterech satelitów** ponad horyzontem w dowolnym momencie i w każdym miejscu na Ziemi, co jest niezbędne do pełnego (przestrzennego) wyznaczenia położenia anteny odbiornika GPS.

Każdy z satelitów emituje dwa sygnały – o czasie i odległości.

SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE

Satelitarne Systemy Wspomagające (SBAS – Satellite Based Augmentation System) – rozwiązanie transmitujące poprawki dla sygnałów GNSS za pomocą jednego lub kilku satelitów geostacjonarnych (z reguły są to wielofunkcyjne aparaty telekomunikacyjne).

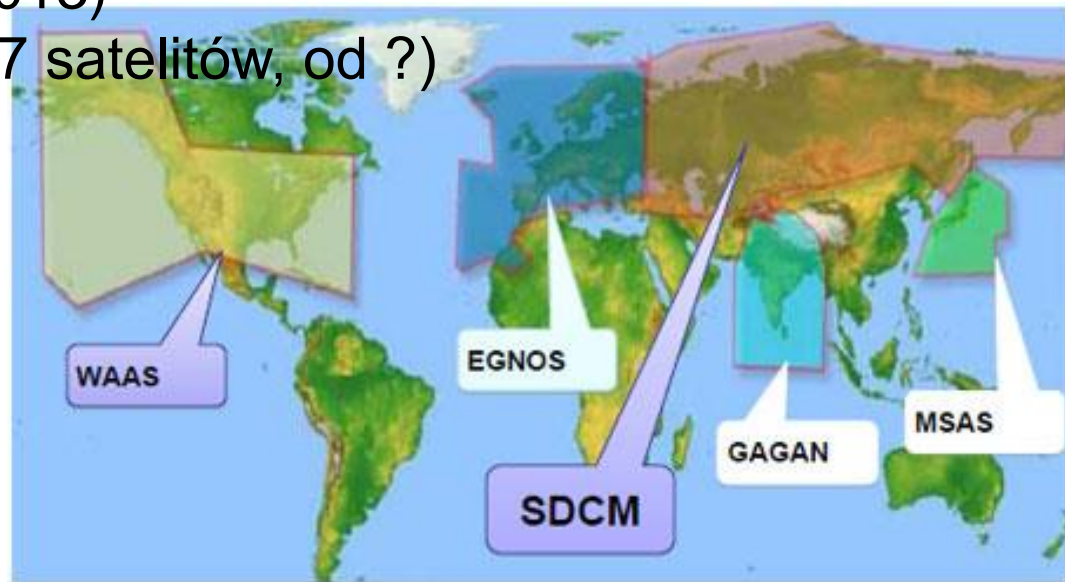
Korekty obliczane są na podstawie danych z kilkunastu do kilkudziesięciu stacji pomiarowo-obszernych, transmitowane do satelity SBAS, a następnie retransmitowane na Ziemię.

Niektóre rozwiązania SBAS oferują także informacje o wiarygodności systemów nawigacji. Jest to szczególnie przydatne np. w lotnictwie, żegludze czy podczas operacji służb ratunkowych.

SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE (SBAS)

Istniejące lub planowane systemy SBAS to obecnie:

- EGNOS (UE, 3 satelity, od 2005/2009)
- WAAS (USA, 1(2) satelity, od 1999/2003)
- MSAS (Japonia, 2 satelity, od 2007)
- QZSS (Japonia, 1(3) satelity, od 2013)
- GAGAN (Indie, 3 satelity, od 2014)
- SDCM (Rosja, 3 satelity, od 2013)
- OmniSTAR (ogólnosiwiatowy, 7 satelitów, od ?)





SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE – EGNOS

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)

- Kraje rozwijający system: Unia Europejska
- Aktualna liczba satelitów: 3 (Inmarsat AOR-E, Inmarsat IOR-W, Artemis)
- Docelowa liczba satelitów: bd. (w budowie: Sirius 5, Astra 5B)
- Typ orbity: geostacjonarna
- Działanie: od 1996 r. (pierwszy satelita)
- Ogłoszenie operacyjności: 2009 r. (dla usługi otwartej), 2011 r. (dla usługi bezpieczeństwa życia)



SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE – EGNOS

Program budowy EGNOS został zatwierdzony przez Radę Unii Europejskiej w 1994 roku. Do 1998 r. na orbicie umieszczono dwa satelity telekomunikacyjne, które później wykorzystano do emisji poprawek EGNOS.

EGNOS w wersji 1 ruszył w lipcu 2005 roku. Rok później udostępniono wersję 2.1, która dawała dostęp w czasie rzeczywistym do poprawek mierzonych na tzw. stacjach RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Station).

W 2008 r. system w wersji 2.2 objął swoim zasięgiem również część Afryki. Oficjalne ogłoszenie pełnej operacyjności usługi otwartej (Open Service) nastąpiło 1 października 2009 roku.

Obecnie (stan na 2010 r.) segment naziemny EGNOS składa się z 34 stacji pomiarowo-obszaryjnych RIMS (jedna z nich od 27 września 2004 pracuje w Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie), 4 stacji kontrolnych (MCC), 6 stacji transmitujących (NLES) oraz 2 stacji kontrolno-testowych (w Tuluzie i Torrejon).


Zgodnie z danymi publikowanymi przez administratorów systemu EGNOS umożliwia wyznaczenie pozycji z dokładnością 3 m w poziomie i 4 m w pionie. Niezawodność rozwiązania wynosi zaś 99%.



SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE – EGNOS

Dostępność EGNOS w Europie

Źródło: <http://geoforum.pl/>



SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE – OMNISTAR

Firma rozwijająca system: Fugro NV

Aktualna liczba satelitów: 7

Docelowa liczba satelitów: 7


Typ orbity: geostacjonarna

System opracowała firma Thales Geosolutions (część grupy Thales); pierwotnie nazywał się LandStar. Nazwę zmieniono z końcem 2004 roku, gdy spółkę kupiło holenderskie przedsiębiorstwo Fugro NV.

OmniSTAR to pierwsze i jedyne – komercyjne rozwiązanie SBAS. Od 2010 roku jest to także pierwszy tego typu system oferujący poprawki dla GLONASS.

OmniSTAR ma rekordowy zasięg – poprawki dostępne są dla większości obszarów lądowych świata.

Segment naziemny systemu składa się z około 100 stacji referencyjnych (najbliżej Polski znajdują się w Wiedniu i Charkowie) i dwóch stacji kontrolnych.



SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE – OMNISTAR



SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE (GBAS)

Naziemne systemy wspomaganie satelitarne (GBAS – Ground Based Augmentation Systems) – charakteryzuje je dużo mniejszy zasięg działania oraz większa dokładność pomiarów i elastyczność.

Systemy te oferują usługi w czasie rzeczywistym lub w trybie postprocessingu.

Te pierwsze bazują na obliczeniach DGNSS (Differential GNSS) lub bardziej dokładnych RTK (Real-Time Kinematic). Transmisja danych odbywa się przez radio (fale UHF lub VHF) lub internet (także przez sieci GSM).

GPS – GLONASS

System, o nazwie **GLONASS** (ГЛОНАСС, Глобальная навигационная спутниковая система), uruchomiony został w Związku Radzieckim. Pełna konstelacja satelitów GLONASS miała się składać z 24 obiektów rozmieszczonych na 3 płaszczyznach orbitalnych.

Na każdej płaszczyźnie powinno znajdować się 8 równomiernie rozmieszczonych satelitów. Orbity są kołowe i znajdują się na wysokości około 19100 km. Okres obiegu wynosi 11h15m.

Po skompletowaniu, na początku 1996 roku, pełen zestaw satelitów był dostępny przez okres około 40 dni. Pod koniec roku 1996 na orbicie znajdowało się 21 aktywnych obiektów. Na początku 2002 roku składał się już tylko z 6 satelitów, co czyniło je praktycznie bezużytecznymi.

Na początku 2004 roku segment kosmiczny składał się już z 13 aparatów, w 2009 z 20. Rozpoczęto także prace nad satelitami trzeciej generacji (K) i systemem wspomaganie satelitarne (SDCM).

GPS – GLONASS

08.12.2011 administratorzy systemu po włączeniu 24. aparatu generacji M oficjalnie ogłosili **pełną operacyjność systemu na całym świecie**.

Rosja pracuje obecnie nad nową generacją satelitów oznaczoną literą K, których czas życia będzie wynosił 10-12 lat, a waga 750 kg, podczas gdy aparaty serii M ważą 1415 kg i są zaprojektowane na 7 lat.

Wg stanu na 01.01.2012 to łącznie 31 satelitów, z czego 24 miało status operacyjny, a 3 rezerwowy. W dalszej kolejności planowane jest wystrzelenie kilku satelitów serii GLONASS-M jako rezerwa systemu oraz satelitów trzeciej generacji GLONASS-K (od 26.02.2011 satelity generacji K stopniowo zastępują serię M).

GLONASS nie stosuje żadnych zakłóceń!

Pięć podstawowych kategorii sygnałów:

Open Service (Serwis Otwarty) - bezpłatny, powszechnie dostępny pomiar czasu i pozycji.

Safety of Life Service (Serwis Bezpieczeństwo Życia) - jw.; gwarancja jakości i pewności sygnału (dokładność lokalizacji jak w OS), odbiorniki z odpowiednim certyfikatem.

Commercial Service (Serwis Komercyjny) - płatny, zwiększona precyzja (dwa dodatkowe kodowane sygnały) i gwarancja jakości sygnału.

Public Regulated Service (Serwis Publiczny Regulowany) - przeznaczony dla administracji państwowej, sygnał kodowany oddzielony od innych dla zapewnienia jakości i pewności usługi.

Search and Rescue Service (Serwis Poszukiwanie i Ratownictwo) – do precyzyjnej lokalizacji i komunikacji pomiędzy wysyłającym sygnał ratunkowy a operatorem usługi.

SYSTEM GALILEO (PLAN BUDOWY)

Od 1999 roku trwają intensywne prace nad utworzeniem satelitarnego systemu nawigacyjnego Galileo, który jest wspólnym przedsięwzięciem Unii Europejskiej i Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA). Budowę Galileo podzielono na cztery fazy. Pierwsza, obejmująca definiowanie systemu, została zakończona (1999-2001).

Druga, zaplanowana na lata 2002-06, związana jest z opracowaniem ram instytucjonalnych systemu, ich zatwierdzeniem i umieszczeniem na orbicie testowych satelitów. Została ona oszacowana na **1,1 mld euro**, a kosztami podzielią się Komisja Europejska i ESA.

Faza kolejna obejmująca budowę i wystrzelenie satelitów oraz rozwój infrastruktury naziemnej przewidziana jest na lata 2006-07. Jej koszty (**2,1 mld euro**) zostaną pokryte głównie przez przyszłych koncesjodawców.

Pierwszego testowego satelitę (GIOVE-A) wystrzelono **28 grudnia 2005 r.**

Następny satelita (GIOVE-B), został wystrzelony **27 kwietnia 2008 r.**

Ostatni etap rozpocznie się w 2008 r., kiedy system będzie w pełni operacyjny. Zakłada się, że **roczne** wydatki na jego utrzymanie wyniosą ok. **220 mln euro**.

SYSTEM GALILEO

1. 30 satelitów (w tym trzy rezerwowe, aktywne) – obecnie (2010) planuje się uruchomienie jedynie 22 satelitów,
 - umieszczonych na wysokości 23 222 km,
 - na trzech orbitach kołowych (MEO - Medium Earth Orbits - Średnie Orbity Ziemskie),
 - nachylonych do płaszczyzny równika pod kątem 56° ,
2. sieć stacji naziemnych,
3. centra regionalne.

Termin uruchomienia systemu Galileo:

- zakładany na etapie planowania systemu 2008 r.,
- planowany: 2010 r. (plan z roku 2008),
- planowany: 2017-18 r. (plan z roku 2010).