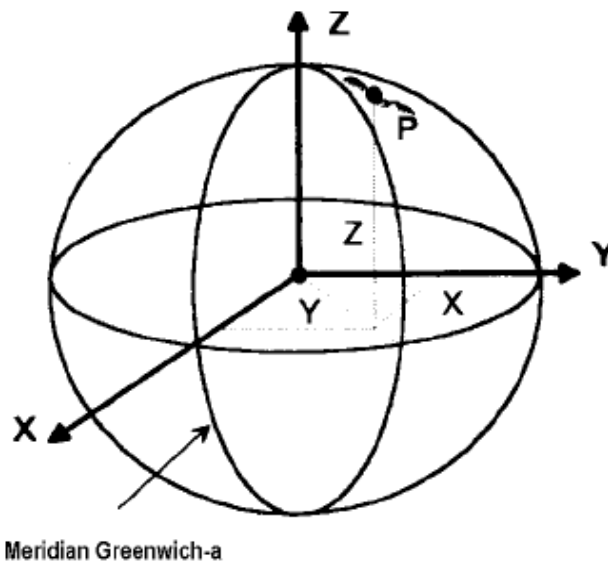


3. KOORDINATNI SISTEMI

3.1. Svetski geodetski sistem WGS84

Od 1987. za GPS merenja koristi se World Geodetic System 1984 (WGS84) referentni koordinatni sistem, nastao kao zamena za WGS72. Nastao je modifikovanjem sistema Navy Navigation Satellite System Doppler Reference Frame (NSWC 9Z-2). To je geocentrični koordinatni sistem čije je ishodište u središtu Zemlje, kao nebeskog tela. Osa Z usmerena je prema srednjem položaju severnog pola od 1900. do 1905. godine. Osa X leži u ekvatorskoj ravni i prolazi srednjim Greenwichkim meridijanom. Osa Y upravna je na osu X i Z i usmerena je na istok. Pridružen mu je geocentrični ekvipotencijalni elipsoid (slika 3.1), koji je defnisan sa parametrima danim u tabeli 3.1 (Seeber 1989).



Slika 3.1 : *World geodetic system (WGS84)*

Parametar i vrednost	Opis
$a=6378137 \text{ m}$	Velika poluosa
$\frac{1}{f} = \frac{1}{298,257223563}$	Spljoštenost
$\omega=7:292115 \cdot 10^{-5} \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$	Brzina rotacije
$GM = 398600,5 \text{ km}^3\text{s}^{-2}$	Geocentrična gravitaciona konstanta

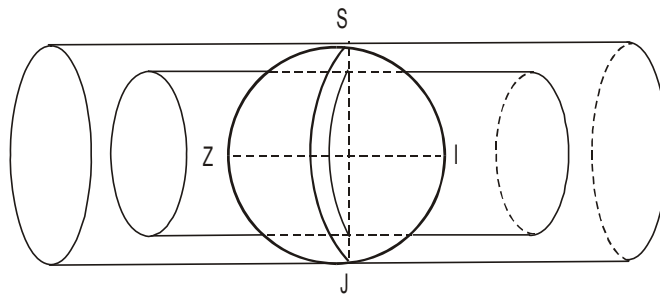
Tabela 3.1 : *Parametri za WGS84 (prema Seeber 1989)*

Vrednosti parametara preuzete su iz Geodetskog Referentnog Sistema 1980 (GRS80) elipsoida. Razlika u spljoštenosti ova dva elipsoida nastala je stoga, što je originalni zonalni koeficijent za GRS80 određen numeričkom vrijednošću $J_2=108263 \cdot 10^{-8}$, na šest decimala, dok je sada određen na osam, a to uzrokuje malu razliku u spljoštenosti u iznosu od $\Delta f=16 \cdot 10^{-12}$. Numeričke vrednosti drugih parametara mogu se izračunati koristeći teoriju ekvipotencijalnog elipsoida.

3.2. Koordinatni sistem na području Srbije i BiH

Kod nas je za potrebe državnog premera usvojena 1929. godine Gaus-Kriggerova projekcija, koja je po karakteru deformacija - komforna. Projekcija je cilindrična i usvojeno je preslikavanje tadašnje teritorije Jugoslavije na tri poprečno postavljena cilindra (valjka) na elipsoid, koji ovi valjci tangiraju po petnaestom, osamnaestom i dvadesetprvom meridijanu istočno od Griniča (slika 3.2). Tako su dobijene tri meridijanske zone od po 3° .

U svakoj zoni postoji poseban koordinatni sistem.



Slika 3.2 : *Gaus-Kriggerova projekcija*

Koordinatni sistemi numerisani su brojevima 5, 6 i 7, dobijeni deljenjem geografskih dužina srednjih meridijana 15° , 18° i 21° sa brojem 3. Granični meridijani između zona imaju geografske dužine $16^\circ 30'$ i $19^\circ 30'$. Prave upravne na apcise u tačkama preseka glavnih meridijana i ekvatora su ordinatne osovine.

Pozitivni smer ordinate je okrenut prema istoku, a negativni prema zapadu. Da bi se izbegle negativne vrednosti ordinata, po predlogu Baumgartena vrednost ordinate srednjeg meridijana iznosi 500 000 m.

Vrednost koordinatnih početaka u pojedinoj zoni iznosi:

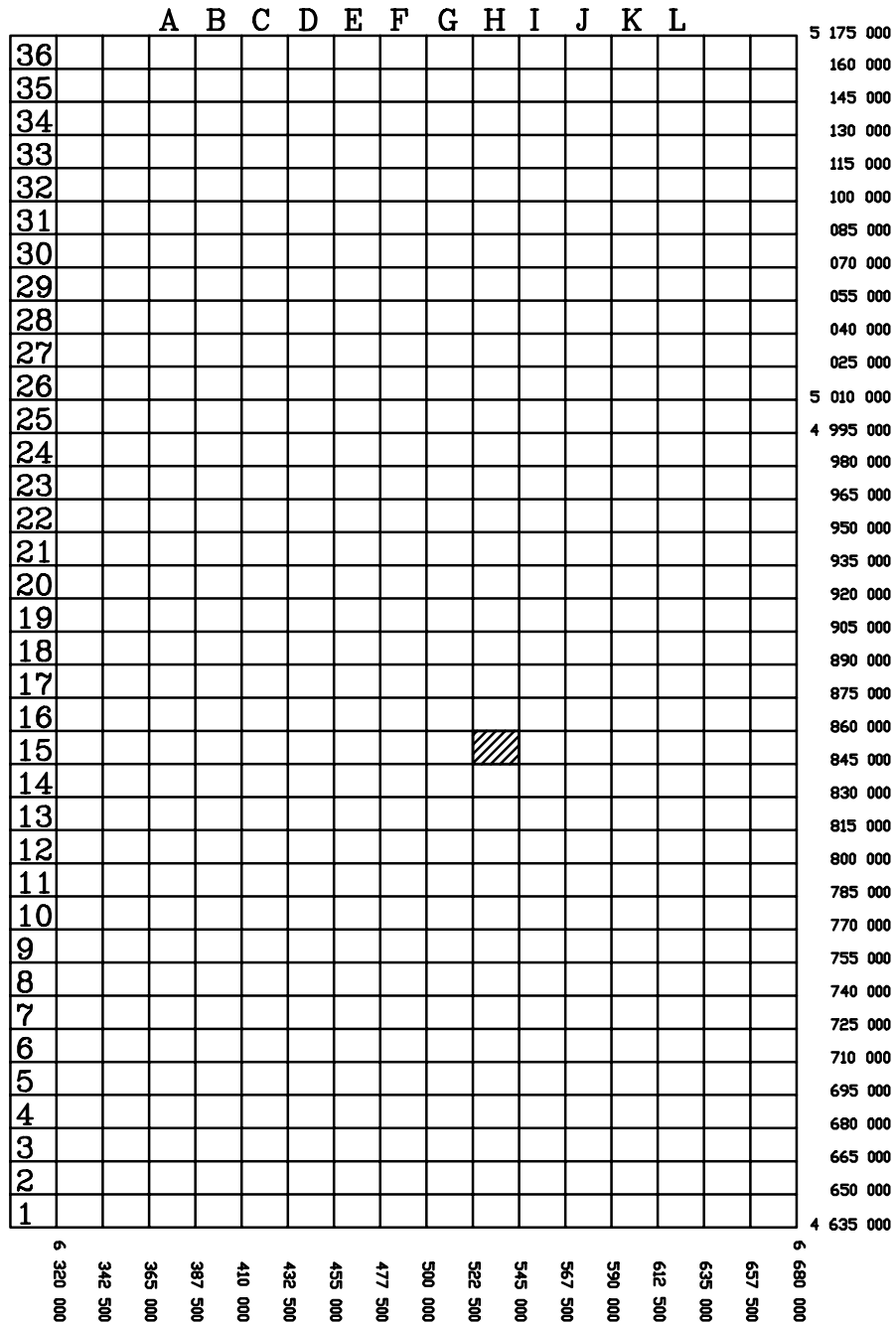
pet:	$y = 5\,500\,000\text{ m}$	$x = 4\,755\,000\text{ m}$
šest:	$y = 6\,500\,000\text{ m}$	$x = 4\,635\,000\text{ m}$
sedam:	$y = 7\,500\,000\text{ m}$	$x = 4\,500\,000\text{ m}$

Raspadom SFRJ, teritorija preslikavanja je smanjena, odnosno ostali su 6 i 7 koordinatni sistem (slika 3.3 i 3.4).

KOORDINATNI SISTEM BR. 6

Trigonometrijske sekcije

18°



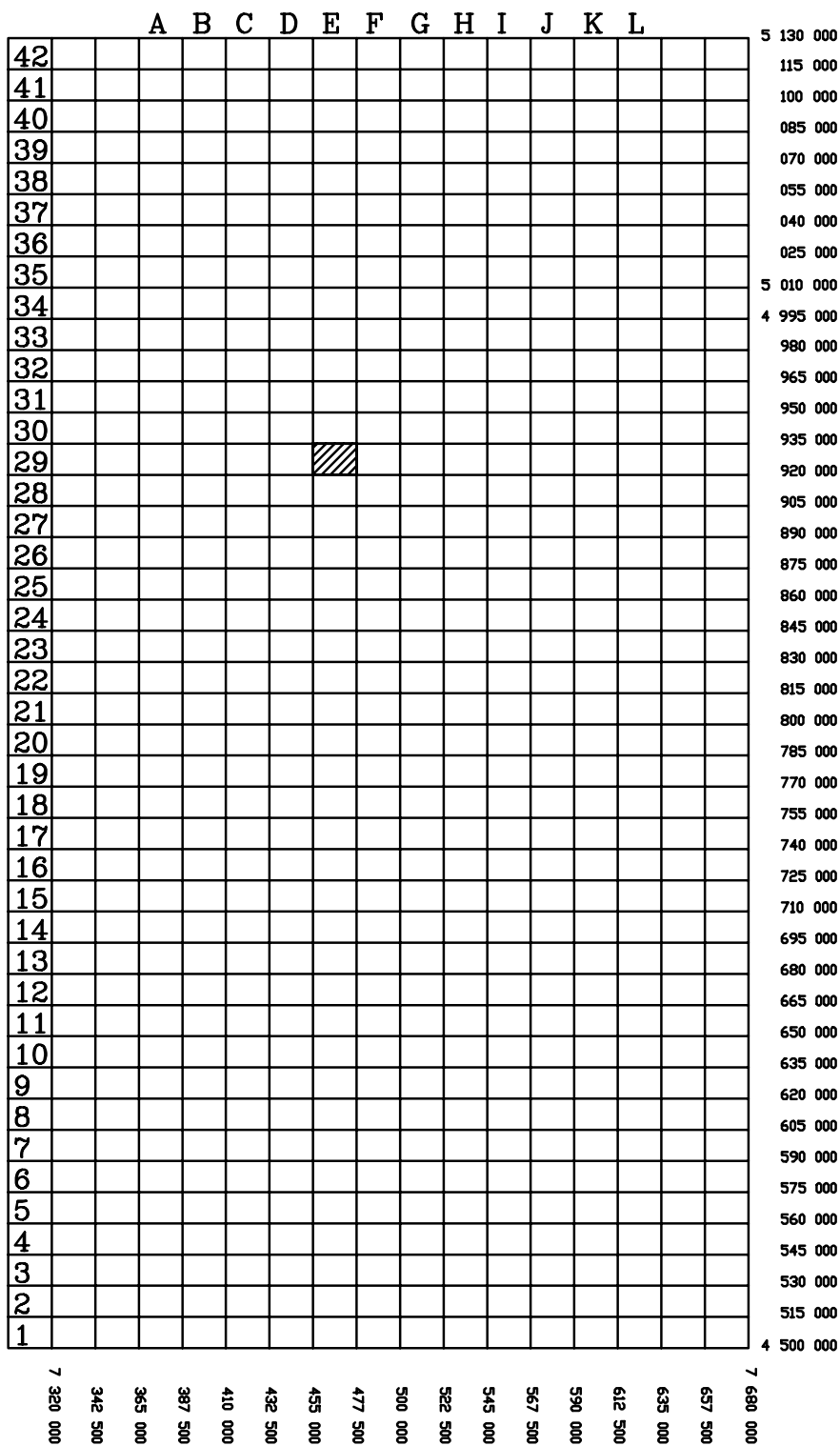
šrafirani list ima oznaku 6H15

Slika 3.3 : Koordinatni sistem br. 6

KOORDINATNI SISTEM BR. 7

Trigonometrijske sekcije

21°



šrafirani list ima oznaku 7E29

Slika 3.4 : Koordinatni sistem br. 7

3.3. Gaus-Krigerova projekcija

Jedna od konformnih projekcija jeste Gaus-Krigerova projekcija meridijanskih zona u kojoj se površ Zemljinog elipsoida neposredno preslikava na ravan. To znači da se od geografskih koordinata neposredno dobijaju pravougule koordinate. Kod ove projekcije deformišu se i dužine i površine.

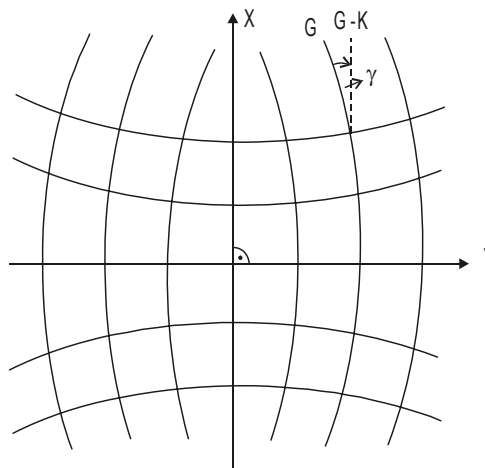
Preslikavanje tačaka sa površi Zemlje, odnosno površi elipsoida na ravan, određeno je pod sledećim uslovima:

- projekcija je konformna, što znači da se uglovi ne deformišu;
- srednji meridijan zone preslikava se kao prava linija i predstavlja osu X pravouglog koordinatnog sistema u ravni i ova projekcija je simetrična u odnosu na X-osu;
- svaki deo X ose mora biti proporcionalan (jednak) odgovarajućem delu luka srednjeg meridijana.

Dakle, ako se jedan ovakav omotač valjka izreže po izvodnici i razvije u ravan, onda se glavni meridijan i ekvator projektuju kao upravne linije, a ostali meridijani i paralele u projekciji su krive linije.

Pravac X-ose je pravac Gaus-Krigerovog severa i on se u centralnom meridijanu (glavna osa) poklapa sa pravcem geografskog severa. Međutim, što se više udaljava od X-ose, pravac Gaus-Krigerovog severa sve više odstupa od pravca geografskog severa.

Uglovna razlika ova dva pravca naziva se **konvergencija meridijana** (slika 3.5).



Slika 3.5 : Konvergencija meridijana

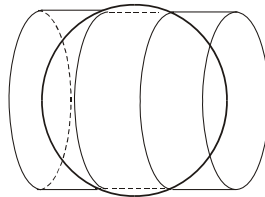
Kod Gaus-Krigerove projekcije deformacije dužina rastu levo i desno od glavnog meridijana. Ako se ograniči maksimalna deformacija, automatski se ograničava i širina zone koja će se preslikati na jedan valjak

Linearna deformacija projekcije je kod nas ograničena relativnom greškom $MR = 1:10000$, tj. dozvoljena je deformacija od 1 dm za dužinu 1 km na krajevima zone.

Ova tačnost projekcije odabrana je tako da je tri puta veća od tačnosti merenja dužina u poligonskoj mreži, čije su relativne greške $MR = 1:3000$.

Ovim je ograničena širina područja koje se preslikava na omotač jednog valjka i iznosi 1° geografske dužine, desno i levo od glavnog meridijana, odnosno može se od srednjeg meridijana udaljiti za 90 km, a da deformacija dužine ne pređe 1 dm.

Ako želimo da povećamo teritoriju preslikavanja, onda se mora smanjiti razmera na glavnom meridijanu, tako da ne iznosi 1, odnosno da više ne bude tangirajući meridijan.



Slika 3.6 : *Tetivni cilindar*

Iznos za koji se smanjuje razmera jednak je maksimalnoj deformaciji $-0,0001$, tako da razmera na glavnom meridijanu iznosi: $m_0 = 1-0,0001 = 0,9999$.

Smanjujući razmeru uvođenjem negativnih deformacija postignuto je da se na omotač valjka sada preslikava područje $1^{\circ} 30'$ geografske dužine, desno i levo od glavnog meridijana, odnosno u projekciji po 127 km sa razmerom na kraju zone $m = 1+0,0001$.

Punom linijom nacrtan je dijagram (slika 3.7) deformacija u slučaju kad je $m_0 = 1$, a isprekidanom $m_0 = 1-0,0001$.

Zbog smanjenja razmere treba redukovati i koordinate tačaka:

$$x = (1 - 0,0001) \cdot \bar{x} = 0,9999 \cdot \bar{x}$$

$$y = (1 - 0,0001) \cdot \bar{y} = 0,9999 \cdot \bar{y}$$

gde su:

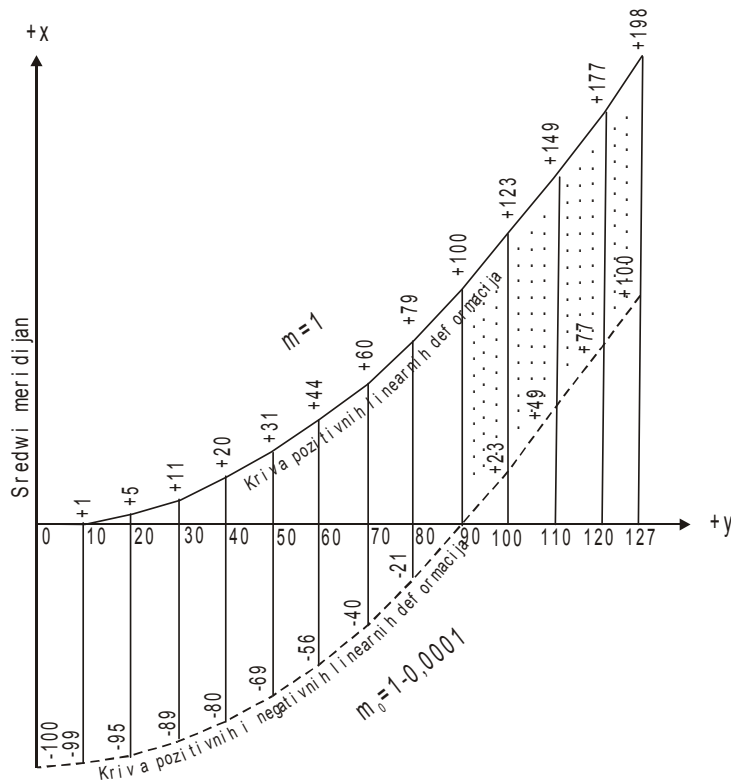
x, y - redukovane koordinate (modulisane)

\bar{x}, \bar{y} - neredukovane koordinate (nemodulisane)

Kada se računaju neredukovane (topografske) koordinate iz pravouglanih redukovanih koordinata, onda se postupa obrnuto:

$$\bar{x} = \frac{x}{0,9999} = x + 0,0001 \cdot x + 0,00000001 \cdot x = x \cdot (1,000100001)$$

$$\bar{y} = \frac{y}{0,9999} = y + 0,0001 \cdot y + 0,00000001 \cdot y = y \cdot (1,000100001)$$



Slika 3.7 : Dijagram deformacija