

$$D' = c * \left(-\frac{35}{3072} * (e'^2)^3 + \frac{315}{12288} * (e'^2)^4 - \frac{31185}{786432} * (e'^2)^5 \right)$$

$$A_1 = \frac{N * \cos(B)}{\rho}$$

$$A_2 = \frac{N * \cos^2(B) * t}{2 * \rho^2}$$

$$A_3 = \frac{N * \cos^3(B) * (1 - t^2 + \eta^2)}{6 * \rho^3}$$

$$A_4 = \frac{N * \cos^4(B) * t * (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4)}{24 * \rho^4}$$

$$A_5 = \frac{N * \cos^5(B) * (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58\eta^2 t)}{120 * \rho^5}$$

$$G = A'B + B' \sin(2B) + C' \sin(4B) + D' \sin(6B)$$

Gauss – Kruger Koordinatlarının Hesabı:

$$X_g = G + A_2(\Delta L)^2 + A_4(\Delta L)^4$$

$$Y_g = A_1(\Delta L) + A_3(\Delta L)^3 + A_5(\Delta L)^5$$

UTM Projeksiyonuna Göre YUKARI Ve SAĞA Koordinatlarının Hesabı:

a) 3 derecelik UTM projeksiyonu için ölçek katsayısı $m_0 = 1$

$$YUKARI = X_g * m_0$$

$$SAĞA = Y_g * m_0 + 500000 \text{ m}$$

b) 6 derecelik UTM projeksiyonu için ölçek katsayısı $m_0 = 0.9996$

$$YUKARI = X_g * m_0$$

$$SAĞA = Y_g * m_0 + 500000 \text{ m}$$



SAĞA (harita düzlem koordinatı olarak Y koordinatı) koordinatı formülünde 500000 m eklenmesinin temel nedeni: her TM dilimi içinde dilim orta meridyeninin solunda kalan noktaların SAĞA (harita düzlem koordinatı olarak Y koordinatı) değerleri negatif olacaktır. Noktanın dilim içinde kaldığı yer dilim orta meridyeninin solunda veya sağında olmasına bakılmaksızın 500000 m eklenir.

Ülkemizde Kullanılan Koordinat Sistemleri İçin Ülkemizde ve Dünyada Belirlenmiş Standartlar

Ülkemizde Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, Maden Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Mapeg Harita Standartları, GNSS sinyal alıcıları için oluşan temel standartlar, yapılacak çalışmalarda kullanılan (veya kullanılacak) koordinat sistemlerinin belirleyicisidir.

Dünya genelinde kullanılan datum değerleri, referans yüzeyleri, koordinat sistemleri, projeksiyonlar belirli standart tanımlamalarla kayıt altına alınmaktadır. Bilinen iki standart vardır. Birisi European Petroleum Survey Group (EPSG) standartları bir diğeri de kişilerin belirlediği standartlar (spatialreference.org sitesinde SR-ORG başlıklı standartlar). EPSG standartları uygulamada küresel, bölgesel, ulusal veya yerel olabilen datum, elipsoit, koordinat referans sistemlerinin ve koordinat dönüşümlerinin tanımlarının bir koleksiyonudur. EPSG Jeodezik Parametre Veri Kümesi, International Association of Oil&Gas Procedurs (IOGP - Uluslararası Petrol ve Gaz Üreticileri Birliği) Geomatik Komitesi'nin Jeodezi Alt Komitesi tarafından korunur (International Association of Oil&Gas Producers, 2023). Herhangi bir EPSG tanımı bir sayısal değer ile tekil hale getirilmiştir. Bu sayede verilen EPSG sayısal kod değeriyle tanım kolayca anılmaktadır.

Türkiye'de kullanılan datum EPSG kodları:

Datum Adı	EPSG kodu	Jeosantrik/Jeodezik/Local	Referans Elipsoidi
ITRF96	6654	Jeosantrik (dinamik) (<i>*Pratikte kullanılmıyor</i>)	GRS 1980
ED50	6230	Potsdam (Helmert Kulesi) Enlem: 52°22'51.4456" K, Boylam: 13°03'58.9283" E	International 1924
WGS 84	6326	Tüm 2 boyutlu veya 3 boyutlu jeosantrik, jeodezik WGS 84 koordinat sistemlerinin datum değeri.	WGS 84
TUREF (Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi)	1057	Jeosantrik (ITRF96 datum 2005.0 epok)	GRS 80

Türkiye’de Kullanılan Datuların Referans Yüzeylerinin EPSG kodları:

Elipsoit Adı	EPSG kodu	a (büyük eksen yarıçapı)	f (elipsoit basıklık değeri)
GRS 1980	7019	6378137.000 m	298.257222101
International 1924	7022	6378388.000 m	297
WGS 84	7030	6378137	298.257223563

Türkiye’de kullanılan Koordinat Sistemleri EPSG kodları:

Coğrafi objelerin haritaya aktarımı için yapılan detay ölçümleri sonucu detay noktalarının elde edilen koordinatları yatayda iki boyutlu (jeosantrik iki boyutlu X – Y veya jeodezik iki boyutlu ϕ , λ) ve/veya yükseklik verisi de (elipsoit yüksekliği h veya jeoid yüksekliği H) olacak şekilde elde edilebilir. Noktaların harita düzlemine aktarılması için iki boyutlu YUKARI yönde artan ve SAĞA yönde artan koordinatlara (X – Y harita düzlem koordinatlarına) dönüştürülmesi gerekir. Bunun için projeksiyon kullanılır. Türkiye’de büyük ölçekli haritaların oluşturulmasında 3 derecelik Universal Transverse Mercator (Transverse Mercator) Projeksiyonu kullanılır.

Transverse Mercator (TM) projeksiyonu açılı koruyan, yardımcı yüzey olarak silindir kullanan bir projeksiyondur. TM projeksiyonunda tüm dünya 3 derecelik dilimlere ayrılır. *Şekil 13* TM Projeksiyonun Türkiye sınırları içinde kaldığı dilimleri temsil etmektedir. TM projeksiyonunda her dilimin dilim orta meridyeninin ekvator düzlemini kestiğini noktada 2 boyutlu koordinat sistemi, Yukarı yönde artacak şekilde (Coğrafi Kuzeye doğru artan düzlem X koordinatı) ve Sağa yönde artacak şekilde (Doğuya doğru artan düzlem Y koordinatı), yeniden oluşur. Türkiye sınırları, TM projeksiyonunun üç derecelik dilimlerinden, 27°, 30°, 33°, 36°, 39°, 42° ve 45° dilim orta meridyenine sahip dilimler içinde kalmaktadır. Bu bağlamda, TM projeksiyonuna göre, Türkiye sınırları içinde 7 ayrı koordinat sistemi oluşmaktadır.

Türkiye sınırları içindeki TM projeksiyonun göre koordinat sistemlerinin ad tanımı yapılırken, TM projeksiyonu dilimlerinin dilim orta meridyeni boylam değeri veya dilimin numara bilgisi de koordinat sistemi ad bilgisine eklenir. Bu sayede koordinat sistemlerinin adları tekil hale gelir. Dilim numarası 3° boylama sahip dilim orta meridyeni 1 olacak şekilde başlar. 27° dilim orta meridyeni olduğu dilim 9 numaralı dilim olarak adlandırılır. Dilim numarası yerine *Zone* ifadesi de kullanılır.

Tablo 5 içerisinde bazı koordinat sistemleri aynı özelliklere sahiptir, fakat farklı isimlendirmeye EPSG kaydı yapılmıştır ve farklı EPSG kodları mevcuttur. Örneğin ED50 / 3-

Coğrafi Bilgi Sistemleri II

degree Gauss-Kruger zone 9 ile ED50 / TM27 isimli iki koordinat sisteminde datum, elipsoit, dilim orta meridyenleri aynıdır. Farklı isimlendirme ile kaydedildiği için ED50 / 3-degree Gauss-Kruger zone 9 koordinat sisteminin EPSG kodu 2206, ED50 / TM27 koordinat sisteminin EPSG kodu 2319 olarak kayıt altına alınmıştır.

Tablo 4

Koordinat Sisteminin Adı	EPSG	Datum	Boyut/Eksenler	Elipsoit
TUREF	5250	1057	(3 boyutlu jeosantik X-Y-Z)	GRS80
TUREF	5251	1057	(3 boyutlu joedezik ϕ - joedezik λ Elipsoid yük. h)	GRS80
TUREF	5252	1057	(2 boyutlu joedezik ϕ - joedezik λ)	GRS80
WGS 84	4326	6326	(2 boyutlu joedezik ϕ - joedezik λ)	WGS 84
WGS 84	4978	6326	(3 boyutlu jeosantik X-Y-Z)	WGS 84
WGS 84	3857		(2 boyutlu X (easting), Y (northing))	WGS 84

Tablo 5

Koordinat Sisteminin Adı	EPSG	Datum	Elipsoit	Dilim Orta Meridyeni
ED50 / 3 - degree Gauss-Kruger zone 9	2206	ED50	International 1924	27°

Coğrafi Bilgi Sistemleri II

ED50 / 3 - degree Gauss-Kruger zone 10	2207	ED50	International 1924	30°
ED50 / 3 - degree Gauss-Kruger zone 11	2208	ED50	International 1924	33°
ED50 / 3 - degree Gauss-Kruger zone 12	2209	ED50	International 1924	36°
ED50 / 3 - degree Gauss-Kruger zone 13	2210	ED50	International 1924	39°
ED50 / 3 - degree Gauss-Kruger zone 14	2211	ED50	International 1924	42°
ED50 / 3 - degree Gauss-Kruger zone 15	2212	ED50	International 1924	45°
ED50 / TM27	2319	ED50	International 1924	27°
ED50 / TM30	2320	ED50	International 1924	30°
ED50 / TM33	2321	ED50	International 1924	33°
ED50 / TM36	2322	ED50	International 1924	36°
ED50 / TM39	2323	ED50	International 1924	39°
ED50 / TM42	2324	ED50	International 1924	42°
ED50 / TM45	2325	ED50	International 1924	45°

Coğrafi Bilgi Sistemleri II

TUREF / 3 - degree Gauss- Kruger zone 9	5269	TUREF (1057)	GRS80	27°
TUREF / 3 - degree Gauss- Kruger zone 10	5270	TUREF (1057)	GRS80	30°
TUREF / 3 - degree Gauss- Kruger zone 11	5271	TUREF (1057)	GRS80	33°
TUREF / 3 - degree Gauss- Kruger zone 12	5272	TUREF (1057)	GRS80	36°
TUREF / 3 - degree Gauss- Kruger zone 13	5273	TUREF (1057)	GRS80	39°
TUREF / 3 - degree Gauss- Kruger zone 14	5274	TUREF (1057)	GRS80	42°
TUREF / 3 - degree Gauss- Kruger zone 15	5275	TUREF (1057)	GRS80	45°
TUREF / TM27	5253	TUREF (1057)	GRS80	27°
TUREF / TM30	5254	TUREF (1057)	GRS80	30°
TUREF / TM33	5255	TUREF (1057)	GRS80	33°
TUREF / TM36	5256	TUREF (1057)	GRS80	36°
TUREF / TM39	5257	TUREF (1057)	GRS80	39°
TUREF / TM42	5258	TUREF (1057)	GRS80	42°
TUREF / TM45	5259	TUREF (1057)	GRS80	45°

EPSG kodları, bizim kullanacağımız Computer Based Design (CAD) ve Geographic Information System GIS yazılımlarında kullanılmaktadır. Ticari ve açık kaynaklı CAD ve GIS yazılımlarında temelinde, tabloları oluşturmak veya sorgulama yapmak için kullanılan Structure Query Language (SQL) dili içinde EPSG kodları kullanılmaktadır. Coğrafi objeye

ait gerek geometrik bilgiye ait veri gerekse de öznitelik bilgiye ait veri kayıtları tutulurken, objenin hangi koordinat sisteminde olduğu ya da dönüşüm yapılacağı koordinat bilgisi kayıtları EPSG kodlarıyla yapılmaktadır.

Yukarıda birden fazla farklı tablo vardır. Bu tablolar arasındaki ilişkileri anlamak için GNSS sinyal alıcısının Şekil 13’de 25° 30' ile 28° 30' meridyenleri arasında kalan bölgede ölçüm yaptığını varsayalım. Sinyal alıcının ilk bulduğu koordinat değeri ile son bulduğu koordinat değerlerini hem datum hem koordinat sistemi hem de EPSG kodlarıyla ifade edilirse (Bektaş):

- 1) GNSS sinyal alıcısının ilk bulduğu koordinat değeri EPSG 4978 kodlu WGS 84 koordinat sistemindedir. Sinyal alıcının topladığı sinyallerdeki uydu koordinatları bu koordinat sistemindedir. Bu koordinat değerleri X – Y – Z jeosantrik koordinatlardır.
- 2) EPSG 4978 kodlu WGS 84 koordinat sistemindeki X – Y – Z jeosantrik koordinatları, EPSG 5250 kodlu TUREF koordinat sistemindeki X – Y – Z koordinat sistemine dönüştürülmektedir.
- 3) TUREF (5250) datumundaki jeosantrik kartezyen koordinatlar (X-Y-Z) harita düzlemine aktarılmayacağı için, geometrik olarak ilk önce ilişkili olduğu TUREF (5251) koordinat sisteminde jeodezik koordinatlara (jeodezik enlem, jeodezik boylam ve elipsoidal yükseklik h) dönüştürülür. Bu işlem için *Tablo 3 Jeosantrik koordinatlardan jeodezik koordinatların hesabı* içerisinde belirtilen formüller kullanılır.
- 4) TUREF (5251) koordinat sisteminde elde edilen koordinat değerleri (Jeodezik Enlem ve Jeodezik Boylam ve elipsoid yüksekliği) Türkiye’de kullanılan projeksiyon olan Transverse Mercator projeksiyonu ile TUREF (5253) koordinat sistemindeki harita düzlem koordinatlarına (YUKARI ve SAĞA koordinatlar veya harita düzlem X ve Y koordinatları) dönüştürülür. Dönüşüm işlemlerinde kullanılan hesaplamalar dokümanın “Jeodezik Enlem Boylam Değerlerinden, Tek Değişkenli Seriler Yöntemi ile Gauss – Kruger Koordinatlarının ve Harita Düzlem Koordinatlarının Hesaplanması” başlığı altında anlatılmaktadır.

EPSG kodları ve EPSG kodlarının içeriklerine ulaşmak için iki önemli internet sitesi var:

- 1) <https://epsg.org/> → site IOGP’nin EPSG kodları için oluşturduğu site
- 2) <https://epsg.io/> → site EPSG kodları farklı veri formatlarında görüp incelememize yarıyor