



# Cenni di cartografia

*Tipologie di cartografia e sistemi di riferimento geografico*

Corso di Sistemi Informativi Territoriali per il Planning e l'Urban Design - UD02

*prof. Giovanni Borga*

## Scopo della cartografia

Lo scopo della cartografia è di  
riportare graficamente sul **piano**,  
mediante opportune **leggi matematiche**,  
quanto esiste sulla superficie terrestre.

## Il prodotto cartografico

Il prodotto della cartografia è una rappresentazione piana, che descrive, con un'apposita simbologia e tramite alcune convenzioni, alcuni degli oggetti presenti in una certa parte di territorio.

### Il processo che porta alla produzione di una carta include le seguenti fasi

- definizione di un **modello della terra** (un elissoide con determinate caratteristiche) che approssimi nel modo migliore la superficie terrestre con una figura esprimibile da una formula geometrica
- proiezione** della superficie dell'elissoide su un piano trovando un compromesso tra le inevitabili approssimazioni che questo processo produce
- definizione di un **sistema di riferimento**
- rilevamento** degli oggetti presenti sul territorio e **restituzione** in mappa

## La scala delle rappresentazioni cartografiche

La scala di una carta è il rapporto di riduzione tra le lunghezze tra la carta ed il terreno (1:25000 indica che ad un mm della carta corrispondono 25000 mm sul terreno, ossia 25 metri).

Si parla generalmente di

- **GRANDE SCALA** per scale 1:500, 1:1.000, 1:2.000
- **MEDIA SCALA** per scale 1:5.000, 1:10.000
- **PICCOLA SCALA** per scale 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, ...

Oltre che essere dei rapporti di riduzione, le scale di rappresentazione sono anche «**scale di ragionamento**» in quanto strettamente connesse al tipo di utilizzo che si intende farne e al dettaglio della conoscenza necessaria alle attività.

## La scala delle rappresentazioni cartografiche

La **scala non è esattamente costante** in tutti i punti della carta, ma è riferita solo ad alcuni punti o direzioni particolari.

**Le informazioni presenti in una certa scala sono sufficienti a costruire una carta a scala più piccola.** (a meno che non si desideri introdurre nuovi temi).

Il processo di derivazione di una carta a scala più piccola comprende un'elaborazione detta **generalizzazione** finalizzata a rendere compatibili gli elementi presenti nella grande scala con gli spazi ridotti in cui è necessario riportarli. In molti casi la generalizzazione prevede dei «fuori scala» localizzati atti a rendere intellegibile l'elemento riportato.

**Le informazioni presenti in una certa scala NON sono generalmente sufficienti a costruire una carta a scala più grande.**

# La scala delle rappresentazioni cartografiche

**Molti di questi assunti cambiano fortemente di significato  
quando si parla di mappe digitali**

**Rimane però valido l'assunto sulla «scala di ragionamento»**

## Classificazione delle carte secondo la scala

- **Planisferi** quando rappresentano tutta la superficie terrestre;
- **Mappamondi** quando la rappresentazione è effettuata su una sfera;
- **Carte geografiche** o **generali** quando rappresentano una gran parte della superficie terrestre a piccolissima scala, fino ad 1:2.000.000;
- **Carte corografiche** quando la rappresentazione è a scale comprese tra 1:1.000.000 e 1:200.000;
- **Carte topografiche** quando la rappresentazione è a scale comprese tra 1:100.000 e 1:5.000;
- **Mappe** quando la rappresentazione è tra 1:4.000 e 1:1.000;
- **Piante** per scale grandissime, da 1:500 a valori maggiori;
- **Carte Tecniche Regionali**, che sono rappresentazioni specificamente finalizzate ad interventi sul territorio, in scale da 1:10.000 sino ad 1:2.000.

## Coordinate sferiche

Se si considera un modello tridimensionale della terra (in pratica l'ellissoide) le coordinate di un punto si misurano in **latitudine** e **longitudine** e vengono misurate in gradi e frazioni di grado (gradi sessagesimali gg° mm' ss" o decimali gg.xxxx).

In alcuni casi le coordinate sferiche vengono anche dette coordinate geografiche in distinzione dalle coordinate piane.

Le coordinate sferiche non danno idea delle dimensioni degli elementi in mappa:  
all'equatore, ad esempio

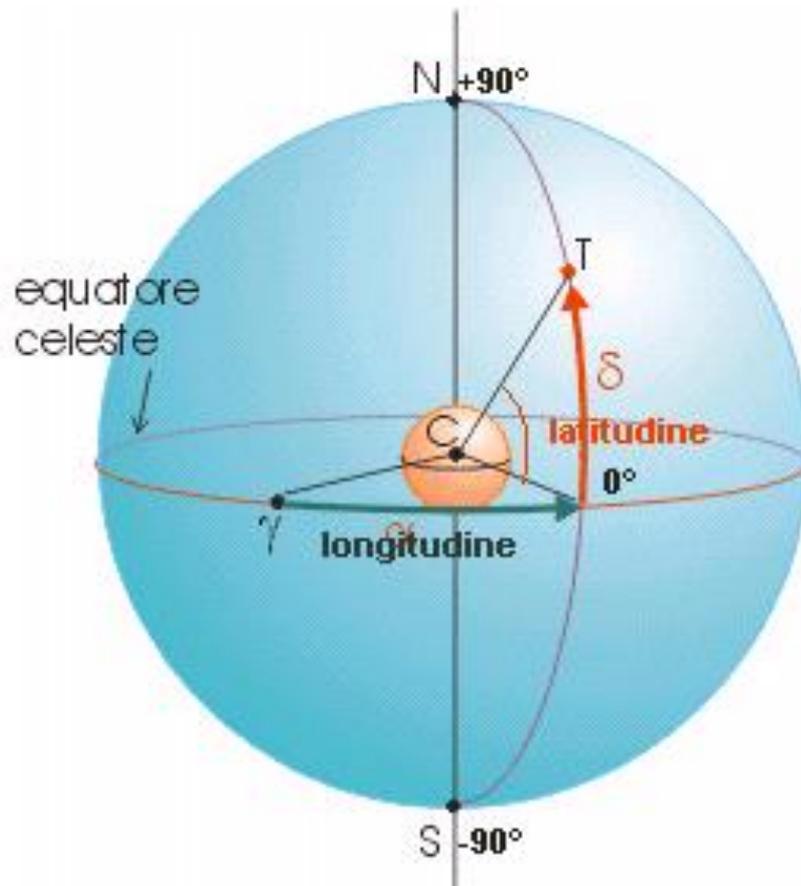
- *Un secondo d'arco [ 00° 00' 01" ] corrisponde a circa 30 m*
- *Un decimillesimo di grado [ 00.0001 ] corrisponde a circa 11 m*
- *Un centomillesimo di grado [ 00.00001 ] corrisponde a circa 1 m*

Tali dimensioni metriche ovviamente si riducono al variare della latitudine.

## Longitudine e latitudine

La **latitudine** è la distanza angolare di un punto dall'equatore « $\varphi$ »

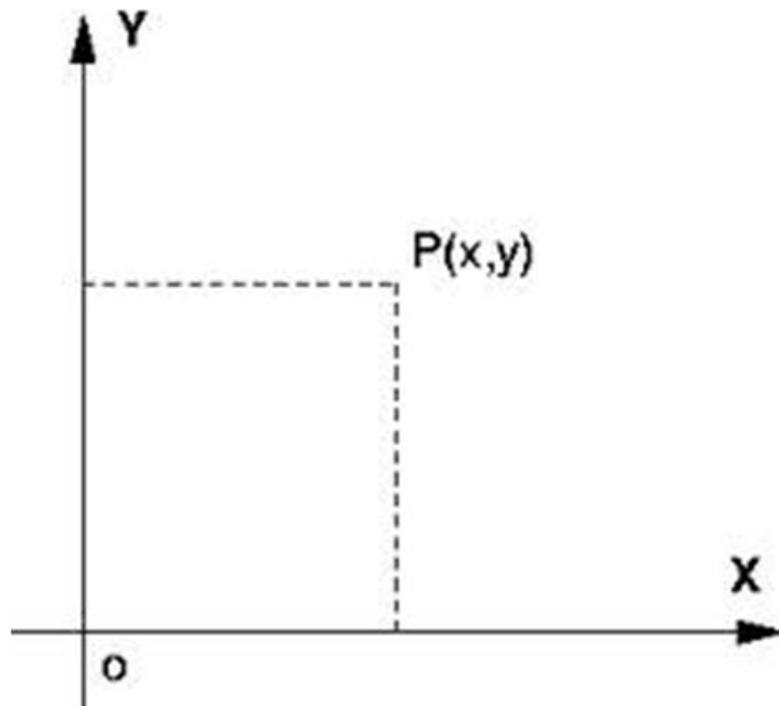
La **longitudine** è la distanza angolare di un punto, misurata tra il meridiano che passa per quel punto e un meridiano di riferimento « $\lambda$ »



## Coordinate piane

Se si considera un modello «piano» della terra (o meglio di una parte di essa) e si definisce su tale piano un sistema di assi ortogonali (x,y), le coordinate di un punto, e di conseguenza le coordinate dell'oggetto corrispondente sul terreno, sono la distanza del punto dall'asse delle y (coordinata x) e la distanza del punto dall'asse delle x (coordinata y).

**L'unità di misura più utilizzata per le coordinate piane sono i metri.**



## Dalla forma della terra ad un ellissoide

Nel tempo sono stati utilizzati diversi modelli per descrivere nel modo più efficace la forma della Terra.

Le coordinate dello stesso punto sono espresse da **numeri diversi**,  
ovvero in ragione di:

1. *lo specifico ellissoide*
2. *Il tipo di proiezione cartografica*
3. *Il sistema di coordinate*

## Da coordinate sferiche a coordinate piane

**Ovvero trasferimento di punti dall'ellissoide a un sistema di coordinate piane.**

Per passare dall'ellissoide ad un sistema di coordinate piane occorre «proiettare» la superficie dell'ellissoide su un piano.

*Intuitivamente è come appoggiare un foglio di carta sulla superficie ellissoidica e trasportare i punti dell'ellissoide sul foglio cercando di deformare il meno possibile le forme presenti sull'ellissoide.*

*È facilmente intuibile che ci saranno comunque deformazioni e che queste saranno tanto maggiori quanto più ci si allontana dalla zona di tangenza.*

***Ci sono diversi modi di «proiettare» la superficie dell'ellissoide su un piano, cioè di «appoggiare» il foglio di carta sulla superficie ellissoidica.***

# Proiezione azimutale



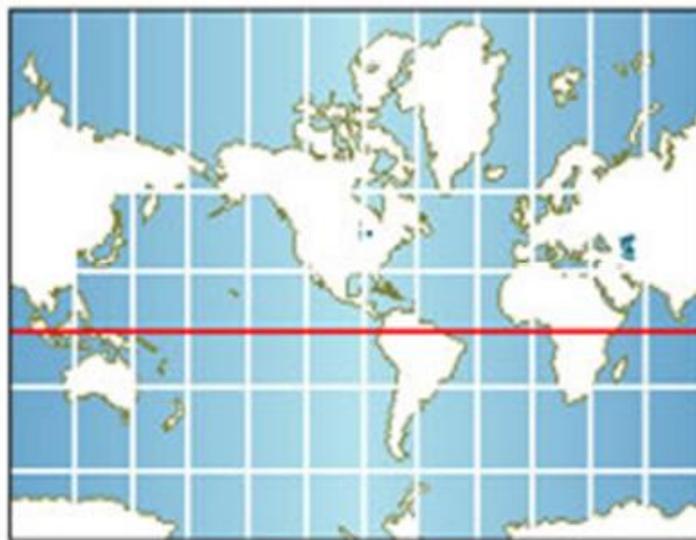
Proiezione azimutale



## Proiezione cilindrica



Proiezione cilindrica



# Proiezione conica



Proiezione conica



## 3D = 2D + 1D

La determinazione delle posizioni è stata tradizionalmente scissa in due componenti:

**verticale e orizzontale**

Ciò ha implicato che nel contesto classico sono definiti due sistemi di riferimento geodetico:

- uno per la planimetria
- uno per le quote

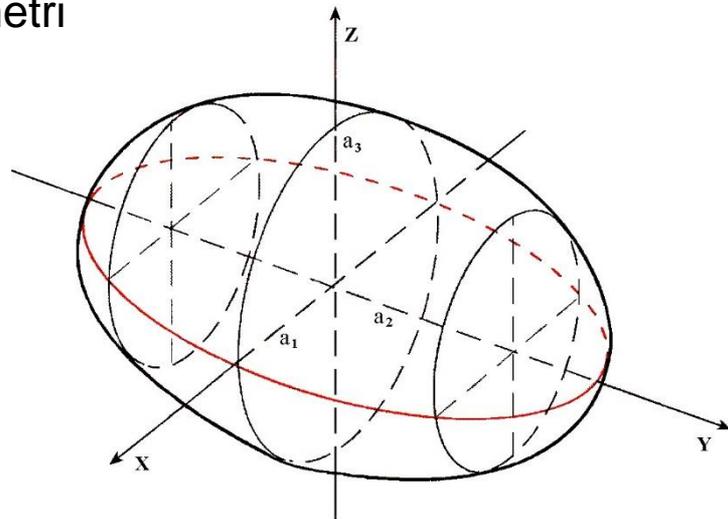
## La superficie di riferimento per la planimetria

La superficie fisica della Terra è molto vicina alla **superficie matematica** di un ellissoide di rotazione, cioè un ellissoide biassiale:

- ❑ di forma e dimensioni assegnate attraverso **due** parametri (*i due assi*)
- ❑ di posizione spaziale definita attraverso **sei** parametri (*3 per la posizione e 3 per la rotazione*)

Una superficie di riferimento deve avere due caratteristiche:

1. essere **matematicamente trattabile**
2. essere **fisicamente individuabile** con facilità



## La posizione di un punto sulla superficie

La posizione geografica di un punto sulla Terra può essere definita come la sua **posizione relativa alla superficie di riferimento**, utilizzata in sostituzione della reale forma della Terra, per mezzo di:

- a. una coppia di coordinate curvilinee come la latitudine e la longitudine
- b. l'altezza sopra la superficie di riferimento.

**Come detto, in questo senso si parla anche di posizionamento a (2+1) dimensioni.**

## Sfera, ellissoide, geoidi

Le superfici di riferimento utilizzate in geodesia sono due:

1. la sfera / ellissoide biassiale
2. il geoidi.

Sfera ed ellissoide hanno una definizione puramente **geometrica**  
(la sfera è un ellissoide biassiale con assi uguali).

Il geoidi ha una definizione **fisica**:  
corrisponde alla superficie equipotenziale del campo gravitazionale della Terra  
ed è utilizzata in abbinata alla precedente per la determinazione delle quote.

## Sfera, ellissoide, geoida

E' corretto e necessario distinguere tra coordinate sferiche, ellissoidiche e geoidiche, a seconda che siano utilizzate rispettivamente la sfera, l'ellissoide o la superficie geoidica come superfici di riferimento.

**Le coordinate ellissoidiche sono anche dette geodetiche**

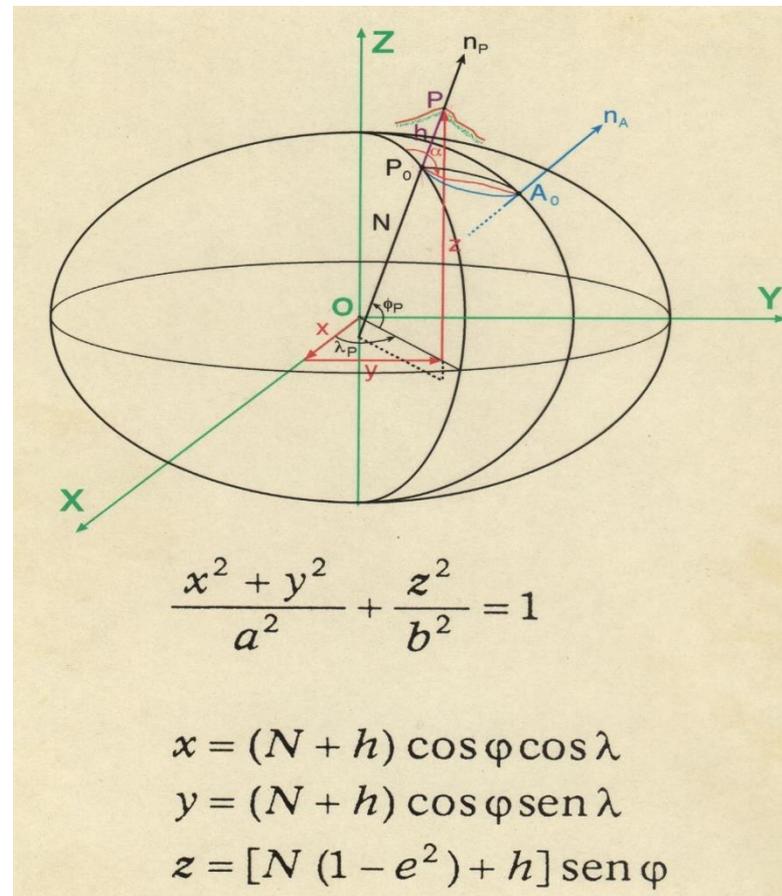
**Le coordinate geoidiche sono le coordinate astronomiche**

## Ellissoide

Dal punto di vista matematico, un ellissoide di riferimento è usualmente uno sferoide appiattito i cui semiassi sono definiti:

- raggio equatoriale (il semiasse maggiore)
- raggio polare (il semiasse minore).

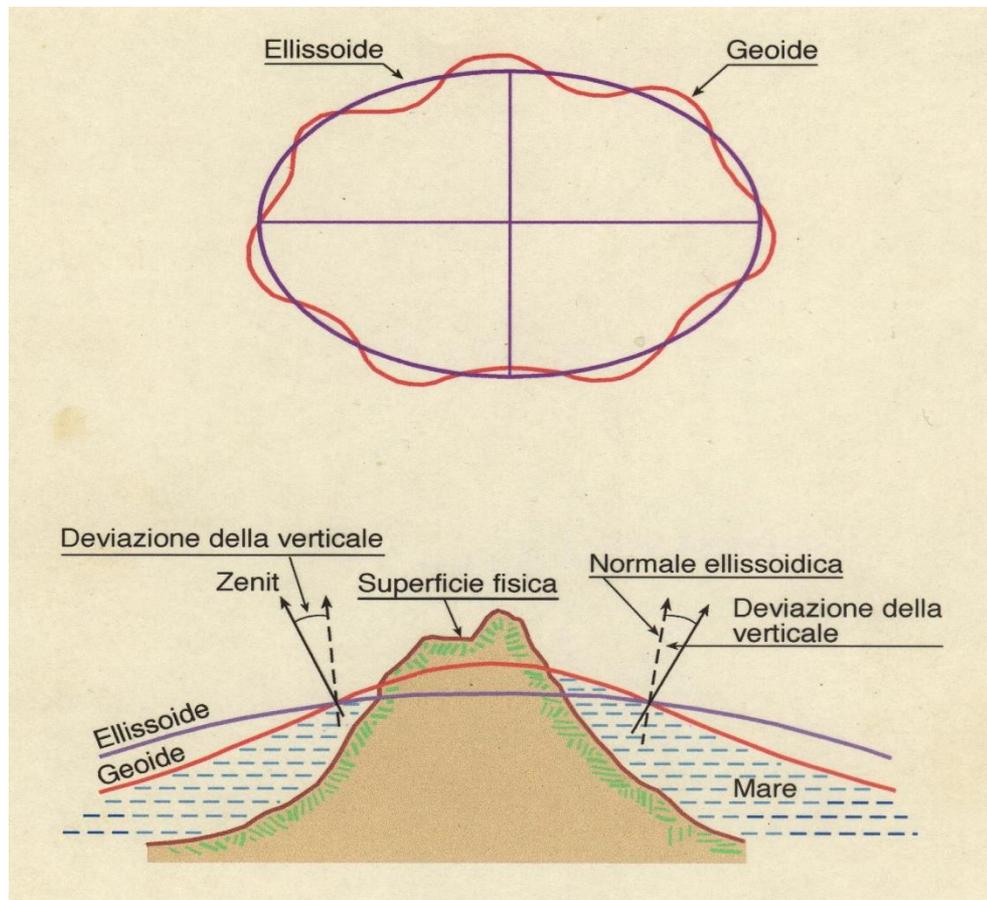
*La rotazione della Terra causa un rigonfiamento all'equatore ed un appiattimento ai poli, cosicché il raggio equatoriale è maggiore del raggio polare.*



# Geoide

Il geoide è definito come la superficie che assumerebbe la Terra estendendo a tutto il globo terrestre il livello della superficie dei mari.

***Non è una superficie definita matematicamente ma il risultato di una serie di misure di tipo gravimetrico finalizzate a determinare per alcuni punti noti la deviazione dalla verticale gravitazionale tra l'ellissoide e la superficie reale del terreno.***



# Datum

Un datum planimetrico è il **modello matematico** della terra che usiamo per calcolare le coordinate geografiche dei punti, ovvero il modello che esprime la geometria dell'ellissoide

Un datum planimetrico è un set di 8 parametri:

- ❑ due di **forma** dell'ellissoide (a, e)
- ❑ tre di **posizione**
- ❑ tre di **orientamento**

## Trasformazioni tra Datum

Con uno stesso datum (sistema di riferimento geodetico, ovvero ellissoide) si possono usare molti sistemi di coordinate: le **trasformazioni tra sistemi di coordinate** sono sempre puramente matematiche e non richiedono l'introduzione di misure.

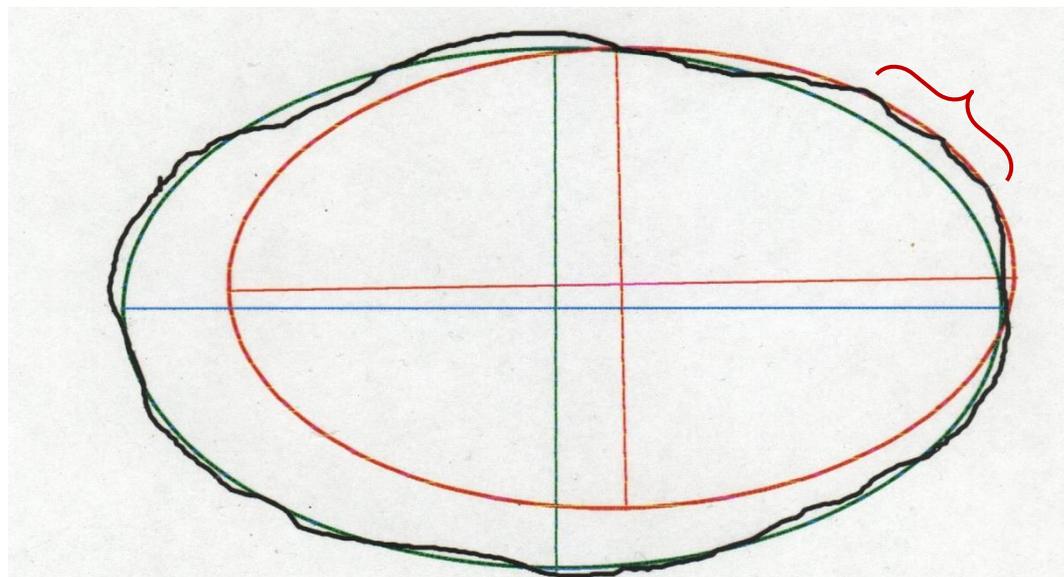
La **trasformazione tra due datum** si calcola sulla base di un certo numero di misure di corrispondenza tra punti nei due sistemi. Più le misure sono numerose, più si riduce la probabilità di errore nella trasformazione.

*Le trasformazioni di datum sono dunque dipendenti da reti geodetiche (reti di misurazioni) affette da errori, di conseguenza, questo tipo di passaggi tra sistemi di coordinate comporta quasi sempre indeterminazioni di uno o più ordini di grandezza superiori a quelle derivanti da una semplice trasformazione di coordinate sullo stesso datum.*

## Datum Locali e Globali

*Un datum locale è adatto a proiettare le coordinate per una piccola parte del globo terrestre.*

*Un datum globale si usa per mappare qualsiasi punto sulla superficie terrestre, pertanto deve distribuire l'errore a tutte le latitudini e longitudini nel modo più ottimale.*



**geode = superficie di riferimento fisica**  
**ellissoide = superficie di riferimento matematica**  
**ellissoide geocentrico**  
**ellissoide locale**

## Associare un Sistema di Riferimento ad una carta

L'associazione di un SR ad una carta consiste dunque nell'effettuare quattro operazioni:

1. Scelta di un **elissoide**;
  2. **Orientamento** dell'elissoide;
  3. Scelta della **proiezione** (tipo e zona);
  4. Adozione di un sistema di **coordinate** (origine e unità di misura).
- Datum**
- SR completo**

**L'insieme dei primi 2 parametri si chiama Datum  
insieme agli altri 2 costituisce descrizione completa del Sistema di Riferimento**

## Codici EPSG

L "EPSG Geodetic Parameter Dataset" documenta in modo completo e strutturato una grande quantità di sistemi di riferimento di tutto il mondo e i relativi codici sono riconosciuti dai principali Software GIS.

L "EPSG Geodetic Parameter Dataset" è gestito dal Geodesy Subcommittee of OGP (international association of Oil and Gas Producers) ed è accessibile liberamente.

<http://www.epsg-registry.org>

Code: *EPSG::3004*  
 Name: *Monte Mario / Italy zone 2*

+ Aliases

+ Area of Use [Italy - east of 12°E]

+ Base Geodetic CRS [Monte Mario]

- Conversion [Italy zone 2]

Code: *EPSG::18122*  
 Name: *Italy zone 2*  
 Operation is Reversible: yes

+ Area of Use [Italy - east of 12°E]

Parameter Values

Parameter Name	Parameter Value or Parameter File	Unit of Measure	Sign Reversible
<a href="#">Latitude of natural origin</a>	0°N	<a href="#">degree</a>	No
<a href="#">Longitude of natural origin</a>	15°E	<a href="#">degree</a>	No
<a href="#">Scale factor at natural origin</a>	0.9996	<a href="#">unity</a>	No
<a href="#">False easting</a>	2520000	<a href="#">metre</a>	No
<a href="#">False northing</a>	0	<a href="#">metre</a>	No

+ Method [Transverse Mercator]

+ Cartesian CS [Cartesian 2D CS. Axes: easting, northing (X,Y). Orientations: east, north. UoM: m.]

## Codici EPSG

**4265:** Monte Mario geografico  
**3003:** Monte Mario – Italia zona 1  
**3004:** Monte Mario – Italia zona 2

**4230:** ED50 geografico  
**23032:** ED50 / UTM zona 32N  
**23033:** ED50 / UTM zona 33N

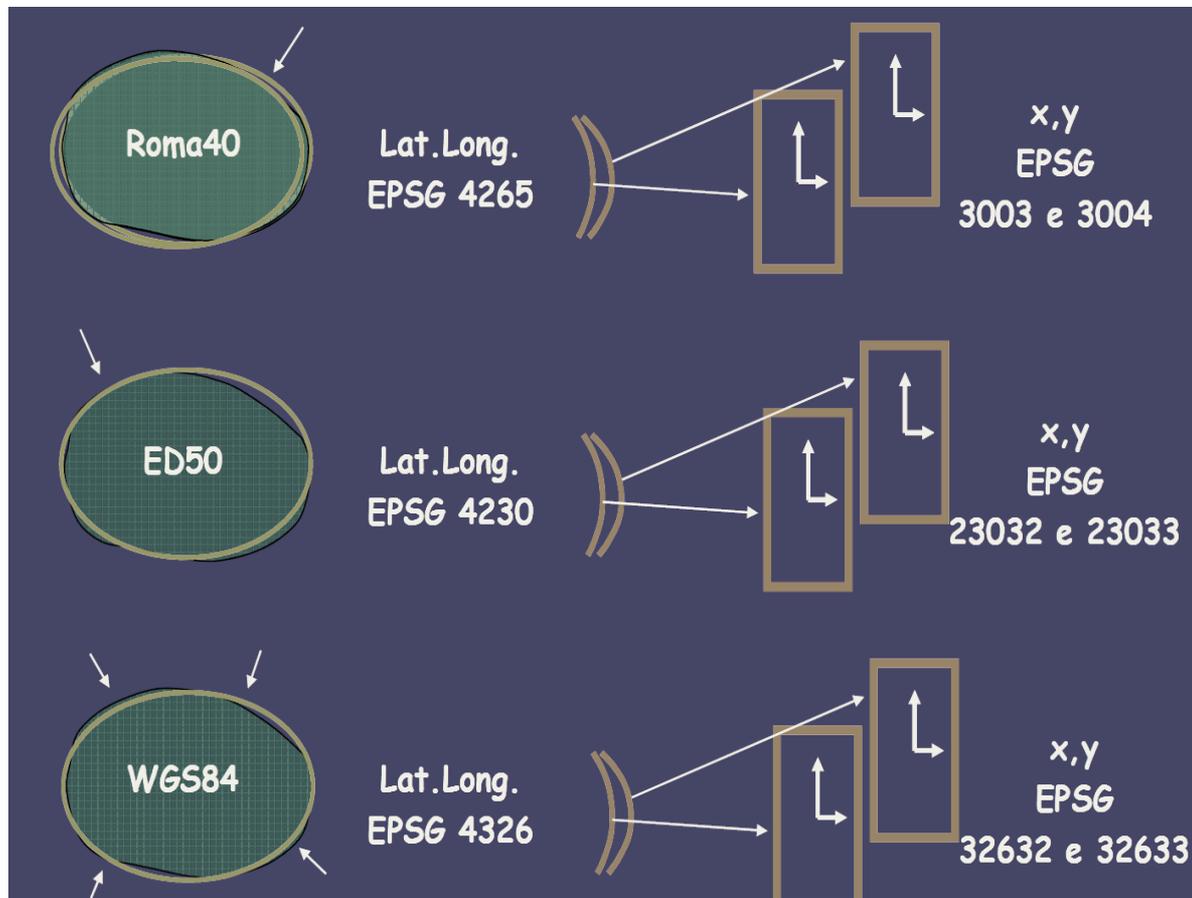
**4326:** WGS84 geografico  
**32632:** WGS 84 / UTM zona 32N  
**32633:** WGS 84 / UTM zona 33N

*Roma40: Sistema geodetico Italiano 1940  
Monte Mario: punto di riferimento del  
Sistema Roma40*

*ED50: European Datum 1950*

*UTM: Proiezione Universale Trasversa di  
Mercatore*

*WGS84: World Geodetic System 1984*



# Bibliografia

**Paolo Mogorovich, Sistemi Informativi Territoriali**

*Cenni di cartografia*

<http://www.di.unipi.it/~mogorov/151-G2P-TXT%20Cenni%20di%20Cartografia.pdf>