

# 4

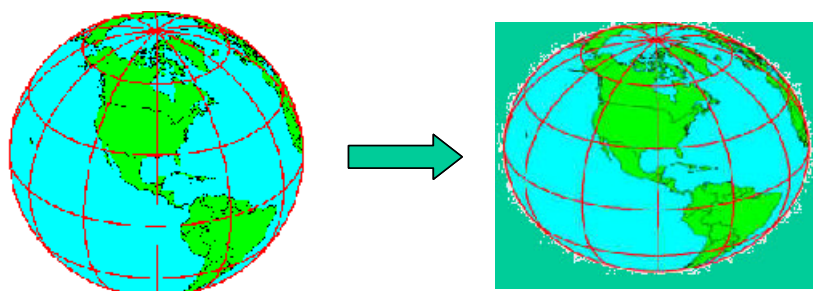
## PROIEZIONI GEOGRAFICHE E SISTEMI DI RIFERIMENTO

### FORMA E DIMENSIONI DELLA TERRA

La Terra non ha una superficie regolare, essendo piatta ai Poli, ed allungata all'Equatore; vi sono anche aree con depressioni e colmamenti.

Il problema di base per la costruzione di una carta geografica è dato dal fatto di dover rappresentare su un piano elementi che si trovano sulla superficie irregolare della Terra, che approssimativamente possiamo dire sferica, ma che in realtà si avvicina di più ad un ellissoide di rotazione.

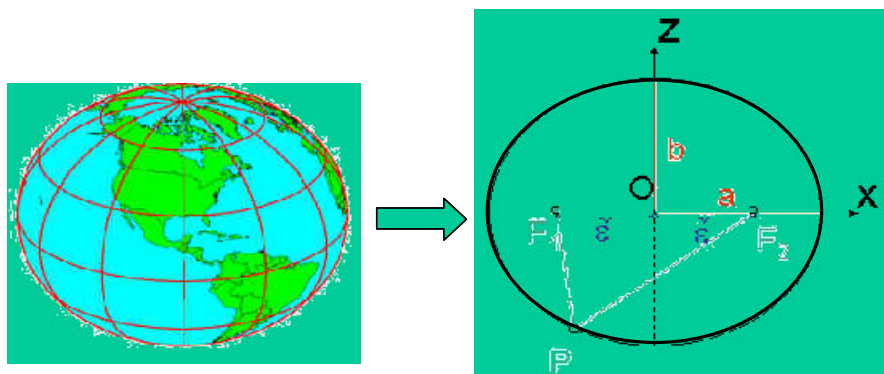
La superficie di un ellissoide è rappresentabile matematicamente e quindi facilmente trattabile. E' per questo che viene normalmente usata per calcolare le coordinate planimetriche.



L'ellissoide terrestre è definito da alcuni parametri fondamentali:

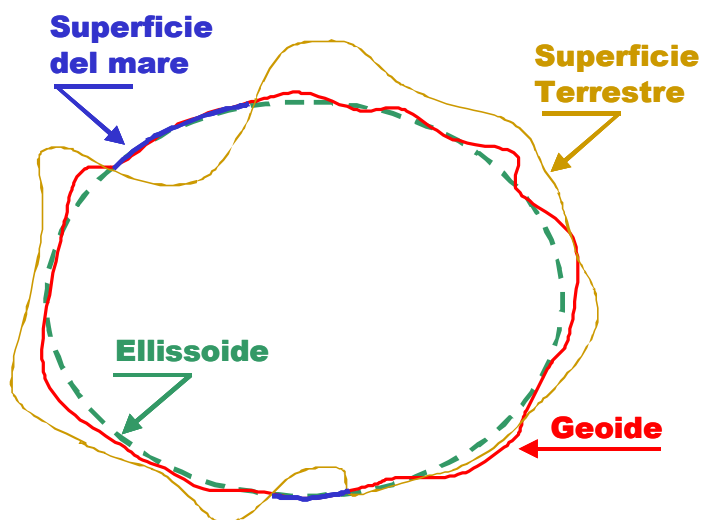
- Asse maggiore  $a = 6378$  Km
- Asse minore  $b = 6357$  Km
- Schiacciamento  $f = (a-b)/a$
- Lunghezza focale  $e$

La distanza ( $F_1, P, F_2$ ) è costante per tutti i punti sull'ellisse.



La migliore approssimazione alla forma della terra è il geoide, definito come la superficie equipotenziale del campo di gravità che meglio approssima il livello medio del mare, idealmente prolungato anche nelle zone occupate dalla terraferma.

Il geoide viene utilizzato per calcolare le quote altimetriche.

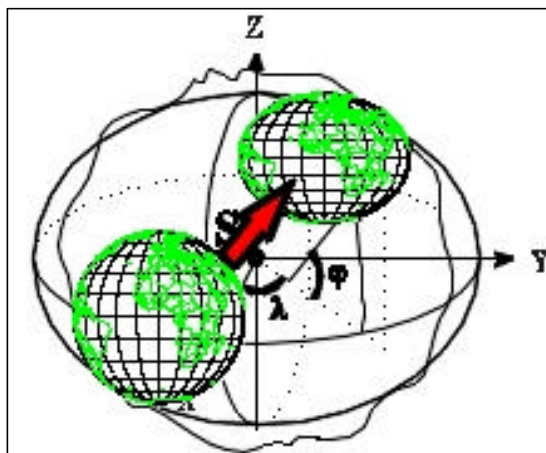


### ELLISSOIDI DI RIFERIMENTO

Differenti ellissoidi sono stati adottati dai diversi paesi, in relazione alla precisione locale nel descrivere la parte di interesse della superficie terrestre.

L'ellissoide prescelto viene posizionato rispetto ad un punto della superficie effettiva ed orientato rispetto ad una direzione.

Il punto in cui la verticale geodica coincide con la normale ellissoidica si chiama Punto di tangenza Ellissoide: Punto di Tangenza e direzione di orientamento costituiscono il Datum.



### IL DATUM

I parametri che definiscono l'ellissoide e il suo preciso orientamento nello spazio vengono chiamati Datum.

Esistono diversi Datum per diverse regioni della Terra, in maniera da approssimare meglio in quella zona la forma reale del pianeta. Naturalmente esiste una differenza tra le quote del Geoide e dell'Ellissoide, lo scostamento tra i valori viene definito Ondulazione.

Il Datum viene definito da 8 parametri : posizione del centro nello spazio (3 parametri), orientamento nello spazio (3 parametri) e dimensioni riferite agli assi (2 parametri). Per passare da un Datum all'altro occorrono 7 parametri, 3 traslazioni, 3 rotazioni e un fattore di scala.

Un rilevamento dello stesso punto della Terra può fornire coordinate diverse in relazione al Datum utilizzato: il sistema GPS fornisce la posizione utilizzando il Datum WGS84

(utilizzato in tutto il mondo), la cartografia Europea utilizza l'Ellissoide di Hayford con il Datum ED50, la cartografia Italiana Gauss-Boaga utilizza l'Ellissoide di Hayford con il Datum Roma 40.

Nome	Data	Semiasse maggiore	Semiasse minore	Schiacciamento	Impiego
Bessel	1841	6377397,155	6356078,96284	0.0033427731788	Europa centrale
Clarke	1866	6378206,4	6355583,8	0.0033971305789	NAD27 - N.America
Hayford	1924	6378388	6355911,94513	0.0033670033657	ED50
New International	1967	6378157,5	6355772,2	0.003352896193	
GRS80	1980	6378137	6355752,31414	0.0033528106812	NAD83
WGS84	1984	6378137	6355752.31	0.0033528113303	Internazionale (GPS)
Sfera		6370997	6370997	0	

Nella tabella precedente sono riportate in metri le misure dei semiassi di alcuni ellissoidi e se ne è calcolato lo schiacciamento; si noterà come questo sia molto piccolo, poco maggiore del tre per mille.

Ellissoidi che interessano l'Italia:

- Bessel
- Clarke 1880
- Internazionale o Hayford
- WGS 84

Denominazione	Ellissoide	Centro di emanazione
Sistema geodetico Nazionale <i>Roma before 40</i>	Bessel	Genova osservatorio Idrografico della Marina
Sistema geodetico nazionale <i>Roma 40</i>	Internazionale	Roma Osservatorio Astronomico Monte Mario
European Datum 50 <i>ED 50</i>	Internazionale	Postdam Orientamento medio Europeo
World Geodetic System 84 <i>WGS 84</i>	GRS	Coincidenza dei centri ellissoide e geoide

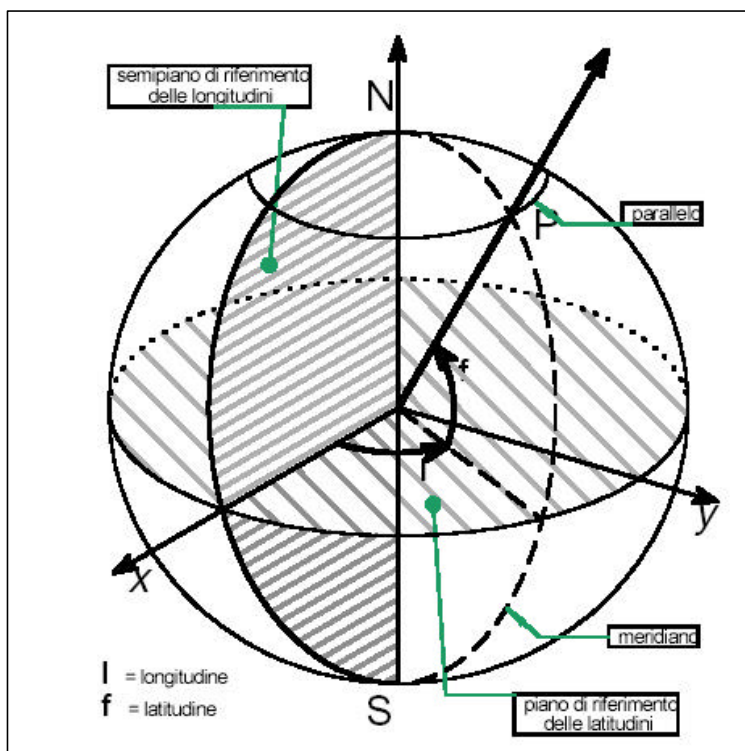
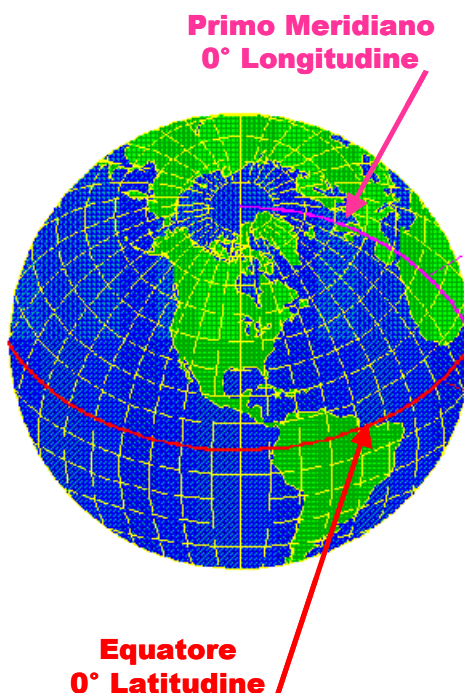
## COORDINATE TERRESTRI

La forma sferica della Terra impone di utilizzare una misura angolare, invece che una misura piana come nel sistema cartesiano.

Attraverso il sistema dei paralleli e dei meridiani si viene a formare una griglia geografica che completa il sistema geometrico delle coordinate.

- La Latitudine è misurata calcolando i gradi angolari lungo un meridiano.
- La Longitudine è misurata calcolando i gradi lungo un parallelo.

Per individuare un punto P sulla superficie terrestre è universalmente adottato un sistema di coordinate angolari che fa riferimento al piano perpendicolare all'asse di rotazione della terra passante per il centro della terra (piano equatoriale) e ad un semipiano avente per origine il medesimo asse e passante per un determinato punto della superficie.



## LE PROIEZIONI CARTOGRAFICHE

Le mappe vengono disegnate su un piano per rappresentare porzioni della superficie del globo terrestre che, nella realtà, sono curve. Le superfici piane hanno solo due dimensioni mentre le posizioni su una superficie curva hanno bisogno di tre dimensioni per essere definite.

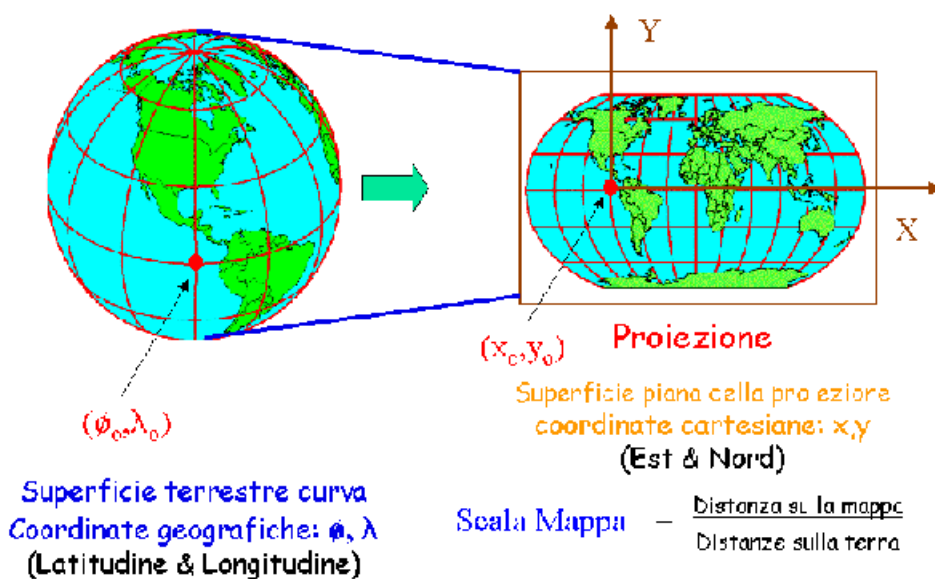
Per esprimere uno spazio tridimensionale attraverso una rappresentazione bidimensionale, si deve introdurre il concetto di proiezione, ovvero uno strumento che consenta di associare in maniera biunivoca la localizzazione di un punto della superficie terrestre ad un punto sulla superficie piana della mappa.

Le proiezioni cartografiche:

- Costituiscono il processo di rappresentazione della Terra come un modello ridotto della realtà
- Ciò comporta almeno quattro alterazioni: geoide, ellissoide, globo di riferimento, proiezione di mappa
- Il globo di riferimento è la superficie da cui viene generata la proiezione
- La proiezione può essere geometrica, oppure analitica: in questo caso si parla di rappresentazione



La proiezione della mappa è la trasformazione, basata su formule matematiche, che consente la conversione delle coordinate dal sistema di riferimento geografico a quello piano.

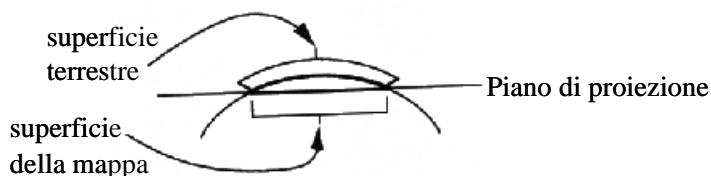




## PROPRIETÀ DELLE PROIEZIONI

Forma - Area - Distanza - Direzione:

- Qualsiasi rappresentazione planare della superficie terrestre produce distorsioni nella forma, nell'area, nelle distanze o nella direzione degli oggetti rappresentati. Una proiezione è in grado di preservare al massimo la correttezza di una sola delle proprietà a discapito delle altre
- Ogni proiezione ha caratteristiche proprie ed è più adatta ad essere utilizzata per certi tipi di rappresentazione e applicazione
- Diversi tipi di proiezione producono distorsioni differenti

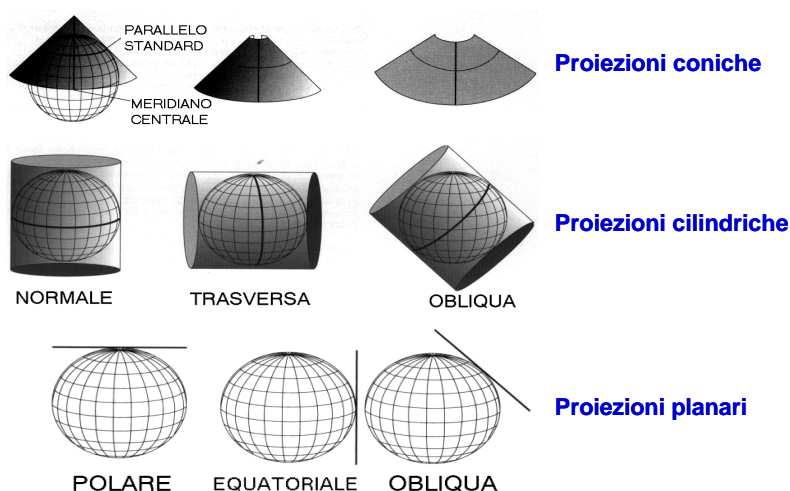


## TIPI DI PROIEZIONE

In base alle proprietà di di forma, area, distanza e direzione, si distinguono altrettanti tipi di proiezione:

- Conforme (conformal) mantiene inalterata la forma
- Equivalente (equal area) mantiene inalterata l'area
- Equidistante (equidistant) mantiene inalterate le distanze
- Azimutale (true direction) mantiene inalterata la direzione individuata dalla linea più breve che congiunge due punti

Data la planarità delle mappe, le proiezioni sono normalmente effettuate su forme geometriche le cui superfici possono essere sviluppate completamente su un piano senza distorsioni. Il primo passo nel processo di proiezione da una superficie ad un'altra è quello di creare uno o più punti (o linee) di contatto (punti di tangenza). Questi punti o linee hanno distorsione nulla e nel caso di linee, vengono definite linee standard o a scala reale.



## RAPPRESENTAZIONI DELLA TERRA

E' possibile rappresentare il globo con proiezioni rettangolari e non, ciascuna con particolare attitudine a preservare forma, area, distanza e direzione.

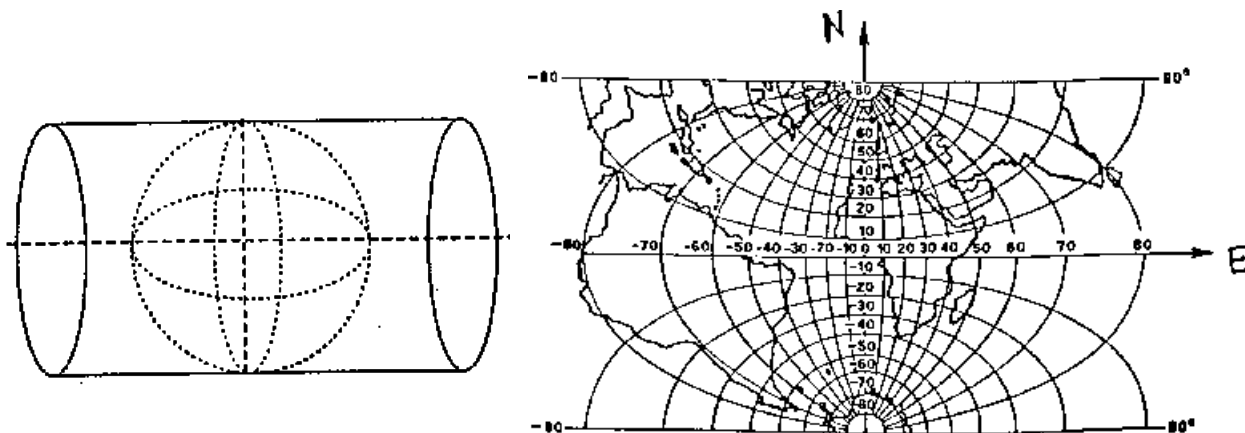
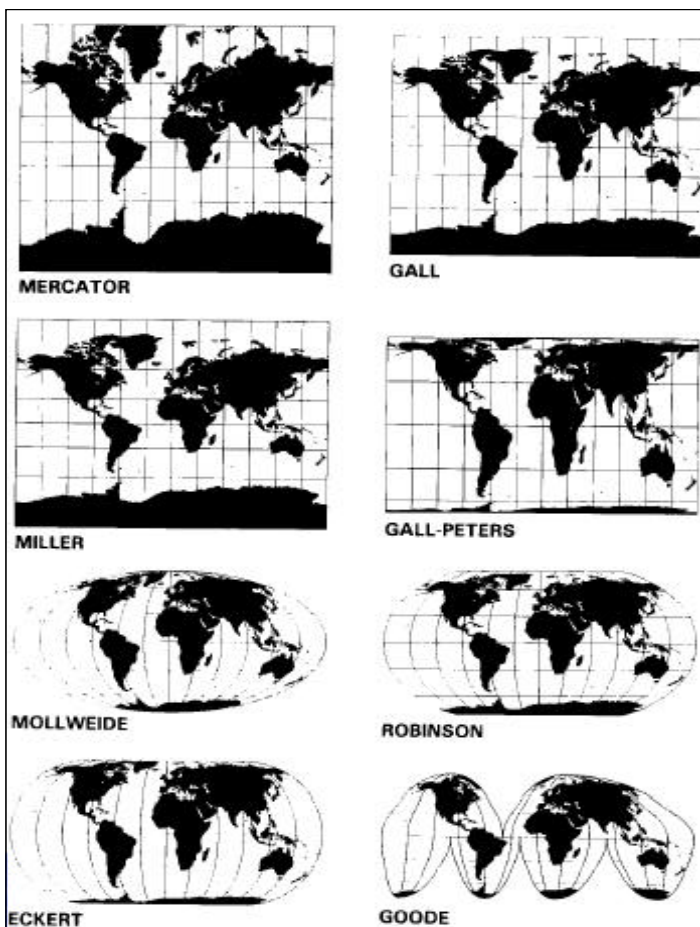
## RAPPRESENTAZIONE DI GAUSS

La rappresentazione di Gauss è costruita analiticamente. Dal punto di vista geometrico è una proiezione cilindrica inversa, cioè l'asse del cilindro è ortogonale all'asse di rotazione terrestre.

E' la più diffusa rappresentazione impiegata nella cartografia a media e grande scala sia nell'impiego geodetico che per il calcolo delle triangolazioni è la rappresentazione conforme di Gauss.

Essa è caratterizzata da condizioni di base per cui il meridiano centrale della zona da cartografare e l'equatore si rappresentino in rette e le distanze sono conservate lungo il meridiano centrale (sul meridiano centrale la rappresentazione è equidistante).

La deformazione di scala cresce rapidamente quando ci si allontana dal meridiano centrale; per questo motivo si è scelto di rappresentare la superficie terrestre mediante diversi fusi, cioè di suddividere l'ellissoide in tanti spicchi delimitati da due meridiani e di rappresentare ogni fuso considerando il meridiano centrale come meridiano di riferimento.



## LA CARTOGRAFIA UFFICIALE ITALIANA

Organi ufficiali cartografici italiani:

- Istituto Geografico Militare Italiano (IGMI)
- Direzione Generale del Dipartimento del Territorio
- Istituto Idrografico della Marina
- Centro Informazioni Geotopografiche Aeronautiche (CIGA)
- Servizio Geologico

Cartografia IGMI:

- vecchia serie → Gauss-Boaga/Roma40
- nuova serie → UTM/ED50
- in corso di completamento la serie IGM95 (WGS84)

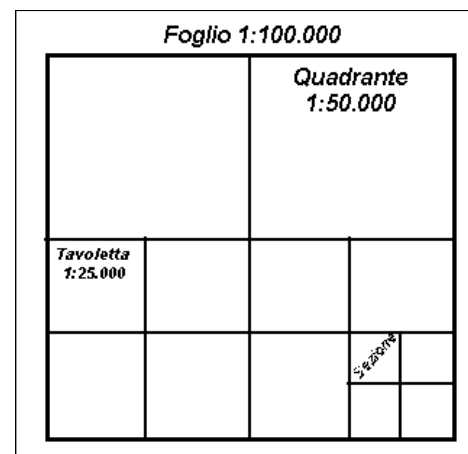
Cartografia Tecnica Regionale, Comunale e Catastale:

- generalmente Gauss-Boaga/Roma40
- nuove produzioni in WGS84

## LA CARTOGRAFIA UFFICIALE ITALIANA

La carta topografica fondamentale d'Italia, completata nel 1900 dall'I.G.M. è costituita dai seguenti elementi:

- Foglio 1:100.000
- Quadrante 1:50.000
- Tavoletta 1:25.000
- Sezione 1:10.000



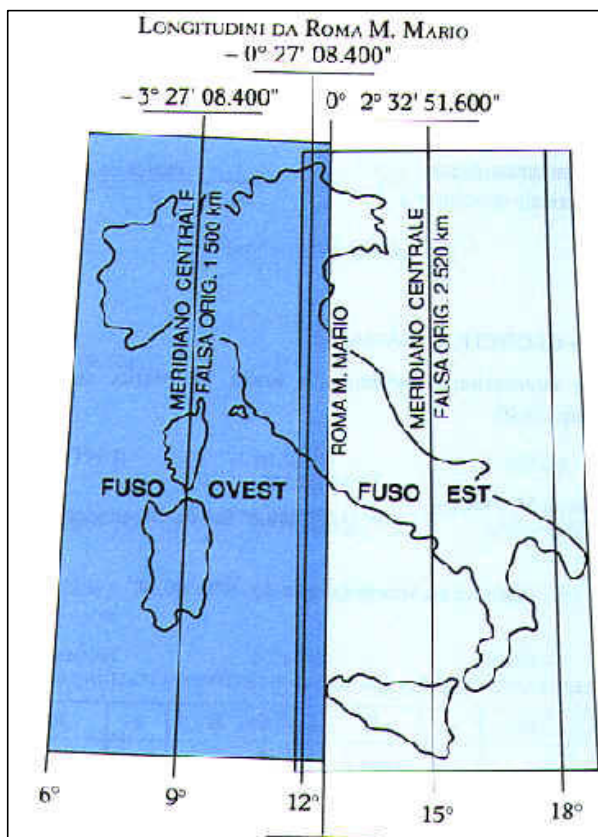
## IL SISTEMA GAUSS-BOAGA

E' una proiezione cilindrica inversa in cui in ogni cilindro si proietta un fuso di ampiezza 6°.

Avendo l'Italia un'ampiezza massima di 12°, per rappresentarla sono sufficienti 2 fusi, che nel sistema Gauss-Boaga sono riferiti al meridiano centrale di Monte Mario e sono chiamati fuso Est e fuso Ovest.

Per evitare valori negativi di ascissa e distinguere, nello stesso tempo, i valori riferiti al fuso Est da quelli riferiti al fuso Ovest si sono dati all'origine delle ascisse i valori chilometrici di 1500 e 2520 rispettivamente per il fuso Ovest e per il fuso Est.





## IL SISTEMA UTM (UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR)

Verso il 1950, per iniziativa degli USA (nell'ambito NATO), la rappresentazione di Gauss è stata assunta a base del sistema UTM (Universal Transverse Mercator Projection), destinato a unificare la geodesia, la topografia e la cartografia militare; l'ellissoide è stato diviso in 60 fusi di 6° d'ampiezza a partire dal meridiano di Greenwich, limitati dai paralleli +80° e -80°, con uniforme coefficiente di riduzione delle coordinate 0,9996. I 60 fusi sono cartograficamente identici.

I fusi sono numerati progressivamente a partire dall'antimeridiano di Greenwich e procedendo verso Est. In ciascun fuso la coordinata N è calcolata (nell'emisfero Nord) a partire dall'equatore e la coordinata E è calcolata a partire dal meridiano centrale al quale viene attribuita una falsa origine di 500 km per evitare valori negativi delle ascisse dei punti ad Ovest (le coordinate sono espresse in metri).

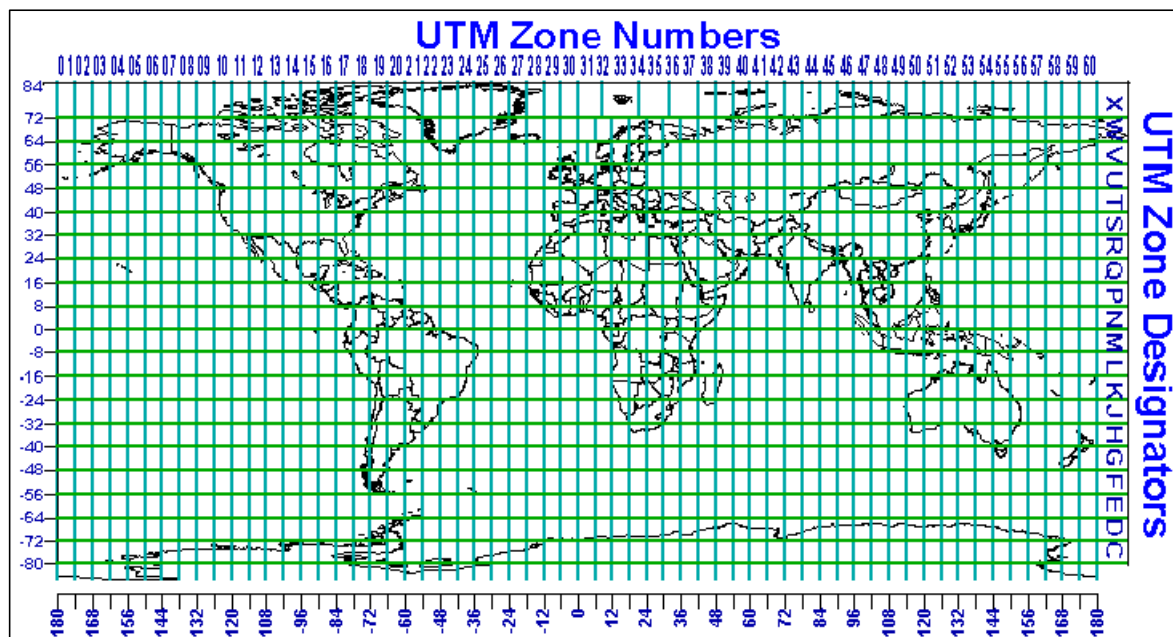
Occorre ricordare che le calotte polari sono rappresentate con un altro sistema a causa della loro latitudine (proiezione stereografica polare, sistema UPS).

## RAPPRESENTAZIONE UTM (UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR)

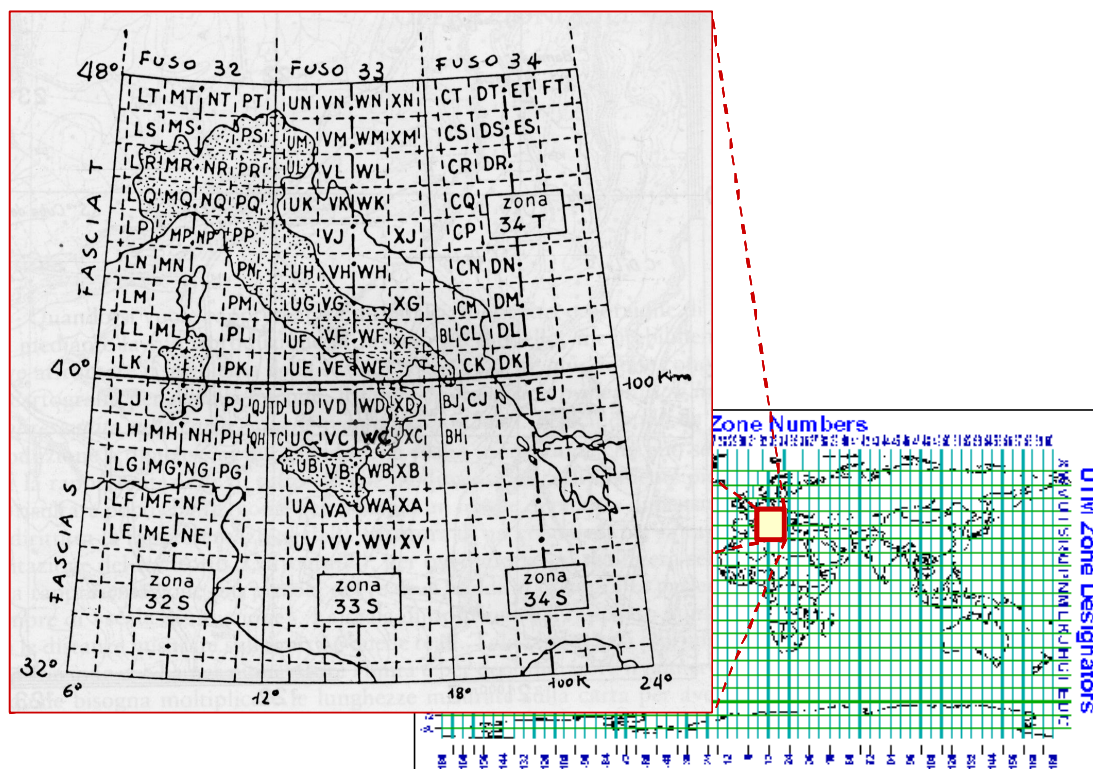
E' il sistema universale di rappresentazione per tutta la Terra<sup>(\*)</sup>:

- Proiezione policilindrica inversa comprendente 60 fusi di 6° di longitudine e 160° di latitudine, tra 80° Nord e 80° Sud.
- Adotta come ellissoide quello di Hayford (Internazionale).

<sup>(\*)</sup>: escluse le calotte polari per le quali vale la Proiezione Stereografica Polare (UPS)



Il territorio Italiano ricade nei fusi 32 e 33 e parte del 34 per la penisola Salentina, e nelle fasce S e T.



## I SISTEMI DI RIFERIMENTO MONDIALI

I sistemi geodetici locali impiegati in geodesia e cartografia prima dell'avvento dei sistemi satellitari sono basati su ellissoidi orientati in modo da approssimare bene localmente la superficie geoidica.

Ciò può ritenersi valido nell'ambito di una nazione di superficie limita anche, con peggiore approssimazione, per zone più estese (ad es. per l'intera Europa o per gli Stati Uniti).

L'esigenza di avere sistemi di riferimento sempre più estesi è andata crescendo nel corso degli ultimi decenni in concomitanza con l'aumentare della velocità di scambi di vario tipo (economici, commerciali, culturali, scientifici, etc.) fra ogni parte del mondo.

L'avvento della geodesia satellitare ha reso poi indispensabile l'adozione di riferimenti unici e geocentrici che fossero in accordo con il moto dei satelliti che sono riferite al centro di massa della Terra fisica.

## IL SISTEMA WGS84

WGS84 è l'acronimo di «World Geodetic System 1984» e definisce il sistema come geodetico, mondiale, riferito al 1984.

<p><i>Definizione</i></p> <p>È costituito da una terna cartesiana <i>OXYZ</i> con origine nel centro di massa convenzionale della Terra ed asse <i>Z</i> diretto secondo l'asse di rotazione terrestre convenzionale. Alla terna è associato un ellissoide con centro nell'origine ed assi coincidenti con quelli della terna stessa (ellissoide geocentrico)</p> <p>Ellissoide: WGS84</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>a = 6\,378\,137</math></li> <li>• <math>f = 1/298.257223563</math></li> </ul>
<p><i>Realizzazione globale</i></p> <p>Rete di stazioni permanenti gestite dal DoD (Dipartimento della Difesa) USA</p> <p>Costellazione satelliti GPS</p>
<p><i>Realizzazione europea</i></p> <p>Rete EUREF89 = ETRF89</p>
<p><i>Realizzazione italiana</i></p> <p>Rete IGM95</p>
<p><i>Rappresentazione cartografica</i></p> <p>Al sistema WGS84 non è associato ufficialmente alcun sistema cartografico, anche se è sempre più frequente l'adozione, già attuata dall'I.G.M., della rappresentazione UTM con inquadramento WGS84 (in analogia all'UTM-ED50), denominato UTM-WGS84 o, più correttamente, UTM-ETRF89</p>

## TRASFORMAZIONE DI COORDINATE

Per trasformare le coordinate WGS84 in Gauss-Boaga (sistema nazionale) occorre far riferimento ai punti del progetto IGM95 dell'IGM (Istituto Geografico Militare) che ha realizzato una rete di 1230 vertici tridimensionali di elevata precisione distanziati di circa

20 Km (un punto ogni 300 Km<sup>2</sup>) e riportando 4 vertici su ogni foglio in scala 1:100000. Per ogni punto sono fornite:

- le coordinate geografiche e piane WGS84
- le coordinate geografiche e piane (Roma 40)
- 7 parametri per la rototraslazione da Datum WGS84 a Datum nazionale
- la quota ellissoidica
- la quota sul livello del mare (la differenza tra le due quote fornisce l'ondulazione del Geoida sull'Ellissoide per la trasformazione delle quote GPS)
- I 7 parametri di ogni vertice IGM95 consentono di effettuare la trasformazione da coordinate GPS a coordinate nazionali con approssimazione centimetrica, per punti entro 10 Km dal vertice utilizzato

### BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Surace L. (2004): "La georeferenziazione delle informazioni territoriali" in *L'evoluzione della Geografia*, Ed. Mondogis, pp. 15-46
- Biallo G. (2002): "Proiezioni geografiche" in *Introduzione ai Sistemi Informativi Geografici*, Ed. Mondogis, pp. 60-65
- Aruta L., Marescalchi P. (1981): *Cartografia - L'uso e la lettura delle Carte*, Dario Flaccovio Editore

### WEB LINKS

The Collection of Map Projections and Reference Systems:

<http://www.geocities.com/mapref/mapref.html>

University of Colorado at Boulder: The Geographer's Craft Project:

<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/contents.html>

Coordinate Systems Overview (Peter H. Dana):

<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/coordsys/coordsys.html>

Map Projection Overview (Peter H. Dana):

<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj.html>

Geodetic Datum Overview (Peter H. Dana):

<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datum/datum.html>

Global Positioning System Overview (Peter H. Dana):

<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html>

Archivio degli articoli di MondoGIS – Ricerca per argomento (Cartografia):

<http://www.mondogis.it/articoli/cercaArgomenti.htm?keywords=Cartografia&and=0>