



Sistemi di riferimento

Cos'è un sistema di riferimento?

Un sistema di riferimento (SR) è un insieme di regole e misure per la determinazione delle posizioni spazio temporale di un qualsiasi punto sulla Terra.

Cos'è un sistema di riferimento?

La Terra somiglia molto ad una sfera, ma in realtà non lo è e considerarla tale porta ad un'approssimazione che in alcuni casi è accettabile, ma in altri risulta troppo grossolana.

Il Geoide - 1

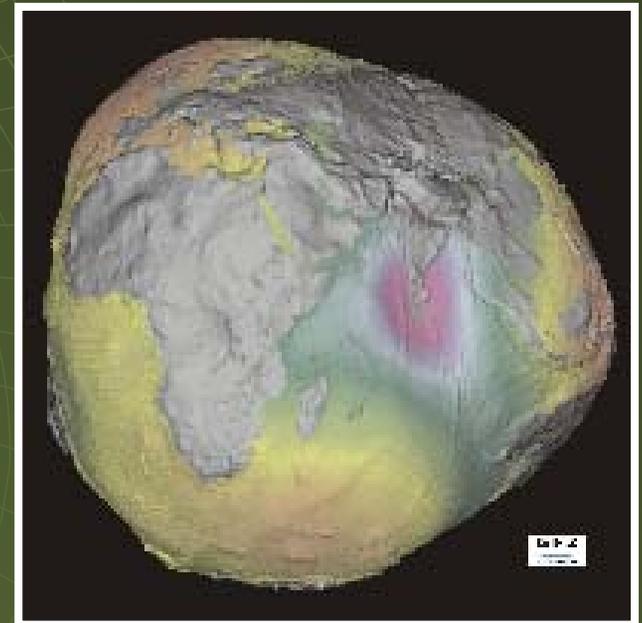
I geodeti assumono come superficie matematica della Terra il *geoide*, ovvero la superficie perpendicolare alle linee di forza del campo gravitazionale.

Ne esistono infinite di tali superfici. Per l'Italia venne scelta quella passante per un determinato punto fisico costituito dal livello medio del mare in un punto del porto di Genova.

Il Geoide - 2

Nonostante il geoide abbia un preciso significato fisico, esso non può essere preso come superficie di passaggio tra la superficie fisica della Terra ed il piano della proiezione cartografica.

Al suo posto viene considerato
l'ellissoide di rotazione.

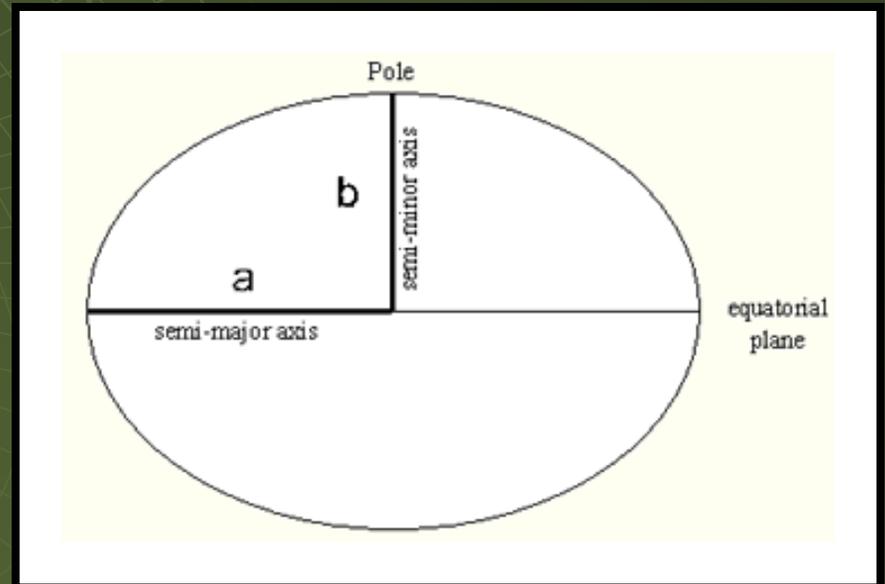


L'ellissoide

Per definire la forma di un ellissoide vengono dati alcuni parametri fondamentali come il semiasse maggiore (a) e l'eccentricità (e^2).

Nel corso degli anni diversi ellissoidi sono stati definiti ed utilizzati per la definizione dei sistemi di riferimenti.

Il sistema nazionale italiano e il sistema GPS adottano due differenti ellissoidi.



Il sistema di riferimento GPS

Il sistema ufficiale di riferimento del GPS è un sistema geocentrico associato all'ellissoide **WGS84**, definito dal DMA (Defence Mapping Agency).

Usando il GPS, le coordinate o le componenti delle basi sono automaticamente riferite a questo sistema.

Il sistema WGS84

La terna cartesiana OXYZ:

- ◆ ha origine nel centro di massa “convenzionale” della Terra
- ◆ asse Z diretto come l’asse di rotazione terrestre “convenzionale”
- ◆ l’asse X formato dall’intersezione tra il piano meridiano di riferimento e il piano equatoriale
- ◆ l’asse Y in modo da formare una terna ortogonale destrorsa.

L’ellissoide ha centro ed assi coincidenti con quelli della terna.

Il sistema di riferimento nazionale - 1

Il sistema ufficiale di riferimento del sistema nazionale italiano è denominato **Roma40**.

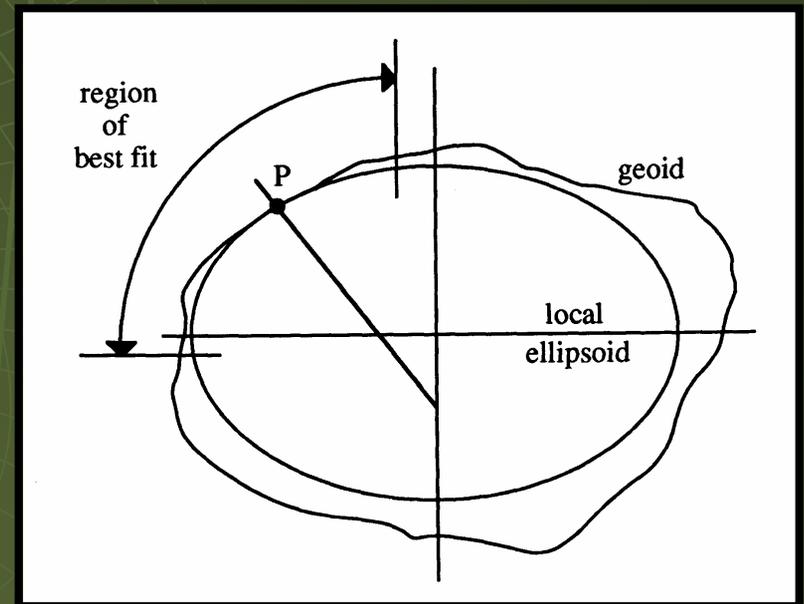
L'ellissoide associato a questo sistema di riferimento è quello determinato dal geodeta Hayford nel 1909. Tale ellissoide prende il nome di *ellissoide internazionale*.

Il sistema di riferimento nazionale - 2

In tempi passati non era neppure immaginabile una visione globale del problema geodetico. Le varie nazioni, per minimizzare le deformazioni, decisero di adottare un ellissoide nazionale di uguale dimensione e forma a quello geocentrico, ma ruotato e traslato in modo da realizzare la condizione di tangenza al geoide in un punto baricentrico del territorio nazionale.

Il sistema di riferimento nazionale - 3

Per l'Italia, i geodeti scelsero di realizzare questa coincidenza in corrispondenza dell'Osservatorio di Monte Mario a Roma.



Differenze

Il sistema nazionale italiano e il sistema GPS adottano quindi due ellissoide differenti con caratteristiche differenti.

Parametri ellipsoidici	Sistema italiano - Ellissoide di Hayford	Sistema GPS - Ellissoide WGS84
a: semiasse	6378388 m	6378137 m
e ² : eccentricità	6,722670022 10 ⁻³	6,69437999 10 ⁻³

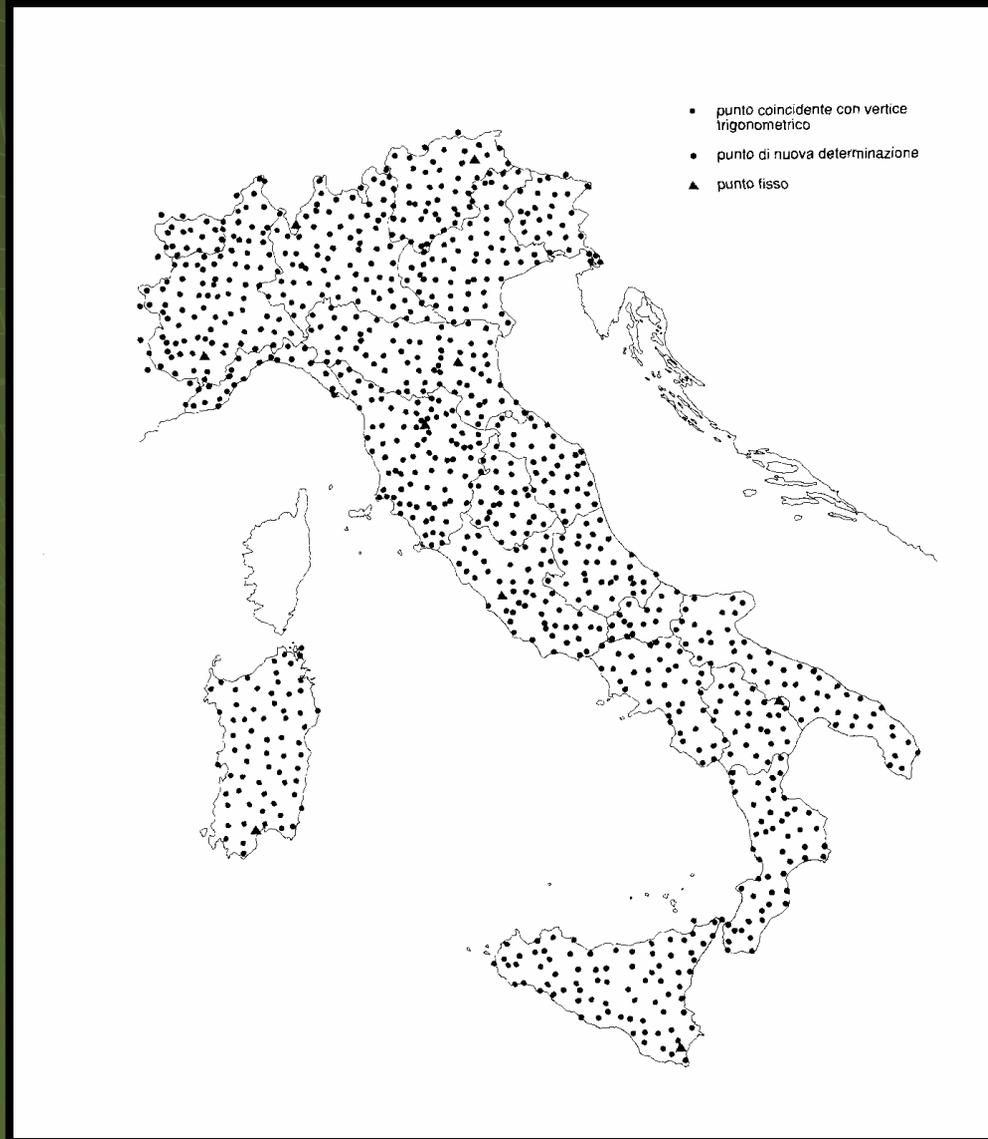
Materializzazione - 1

Sia WGS84 che Roma40 hanno una propria materializzazione sul territorio italiano.

Roma40 – rete trigonometrica e rete di livellazione

WGS84 – rete IGM95

Materializzazione - 2



Materializzazione - 2



BRONI (Bivio)

059701

059/II/SO

Nazione: ITALIA
 Provincia: PAVIA
 Comune: BRONI

Proprietà: A.N.A.S. - Azienda Nazionale Autonoma delle Strade

Indirizzo: Via G.B. Cassinis, 66
 Comune: MILANO
 Cap: 20100
 Provincia: MILANO

Tel: 02 55212801 Fax:

Carabinieri: BRONI

Materializzazione:

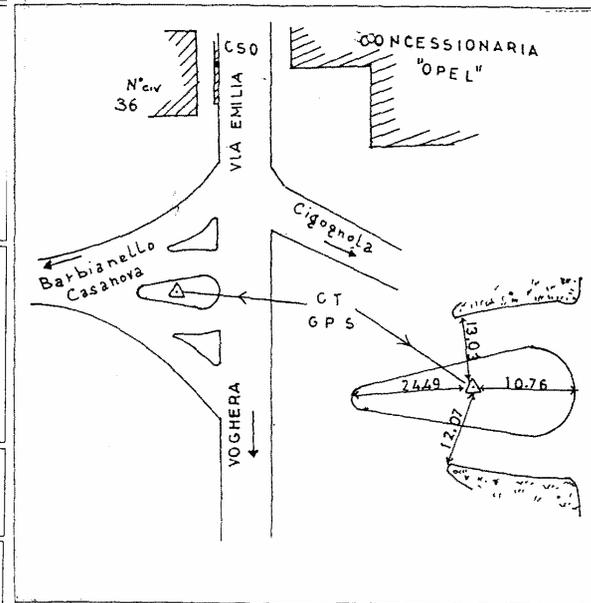
Centrino di tipo "GPS C" fissato sulla soletta in calcestruzzo della piazzola spartitraffico.

Geografiche (Roma40)	Piane (Gauss-Boaga)	Geografiche (WGS84)	Piane (UTM-WG384)
φ: 45°03'25,451"	FO N: 4.989.413,26	φ: 45°03'27,844"	32 N: 4.989.394,09
λ: -03°12'11,521"	E: 1.519.616,91	λ: 09°14'55,685"	L E: 519.569,65
Quota s.l.m.: 84,96	FE N:	Quota ell.: 125,42	F 33 N:
	E:		F E:

Accesso:

Dall'uscita "Broni-Stradella" prendere per Broni percorrendo la statale, lasciando a sinistra il centro del paese. Alla fine del paese stesso davanti alla concessionaria auto OPEL si trova il punto.

Informazioni ausiliarie:



Vertici collegati:

R 0002 ### 042#

Contrassegno di tipo Cso
 Bullone a muro
 ΔH: -0,47

Parametri: Tx: 305,98 Rx: -0,234"
 Ty: 31,51 Ry: 4,269"
 K: 10,53 Tz: -111,70* Rz: -1,567"

Stazioni astronomiche:

Segnalizzato: 24/03/93 G1A93 Marco Bocci

019970

Planimetria ed altimetria

L'ellissoide, utilissimo per descrivere le coordinate planimetriche, è meno sfruttabile come superficie di riferimento per le coordinate altimetriche.

Da questo nasce il dualismo tra componente planimetrica e altimetrica.

La posizione di un punto sulla Terra

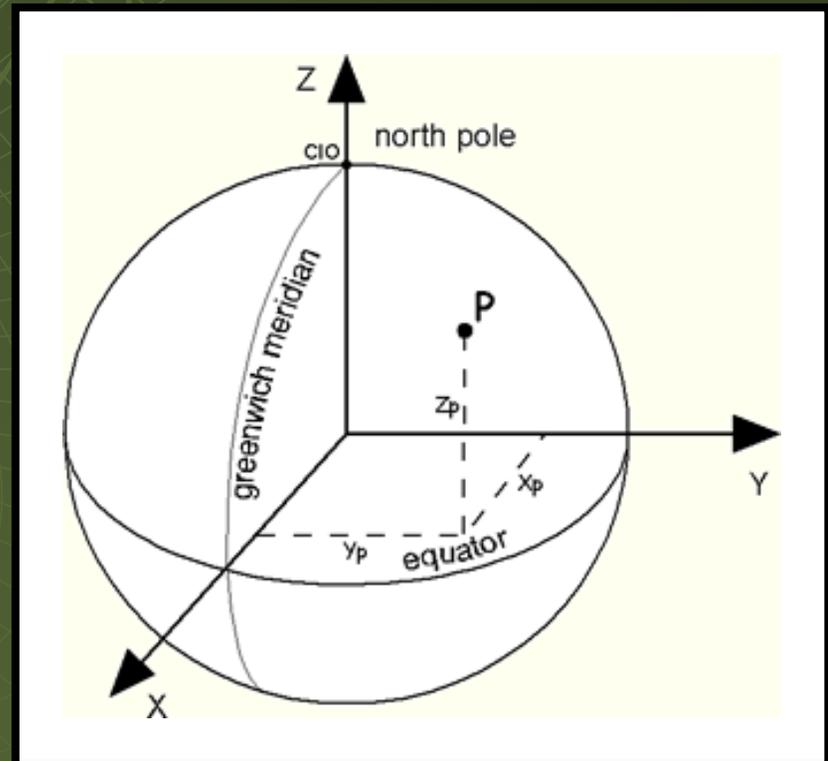
Esistono tre principali tipi di coordinate:

1. Cartesiane ellissocentriche
2. Geografiche
3. Cartografiche

La posizione di un punto sulla Terra può essere indicata in uno di questi tre modi.

Coordinate cartesiane ellissocentriche

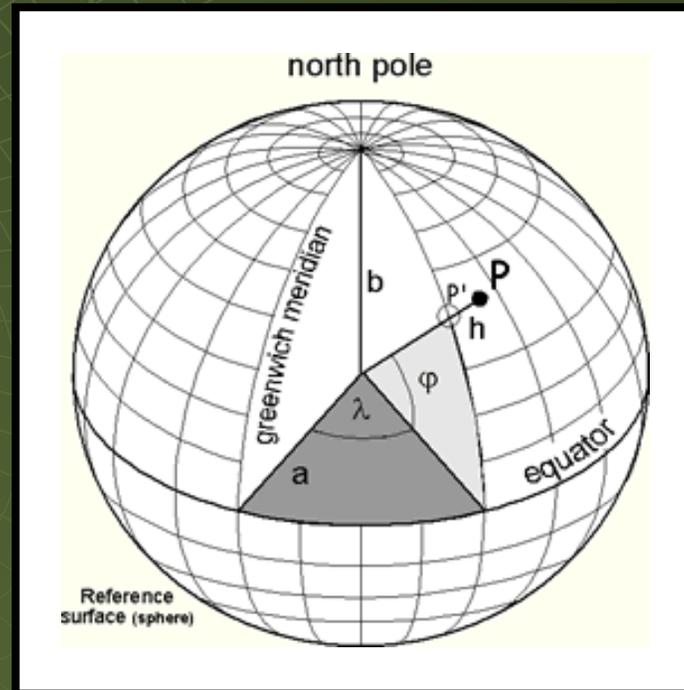
La posizione di un punto viene data in funzione delle sue coordinate nel sistema geocentrico.



Coordinate geografiche - 1

La posizione di un punto viene data in funzione di una coppia di coordinate ellissoidiche, che sono denominate:

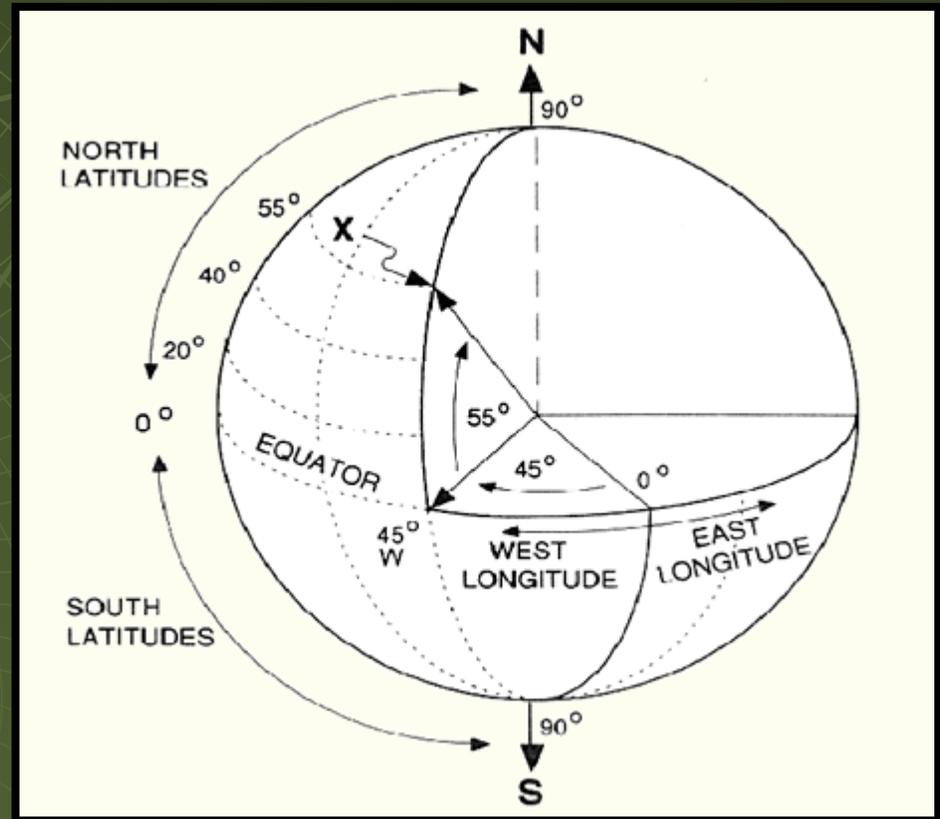
- ◆ latitudine ellissoidica φ
- ◆ longitudine ellissoidica λ



Coordinate geografiche - 2

La latitudine di un punto P è l'angolo che la normale n all'ellissoide in P forma con il piano equatoriale dell'ellissoide.

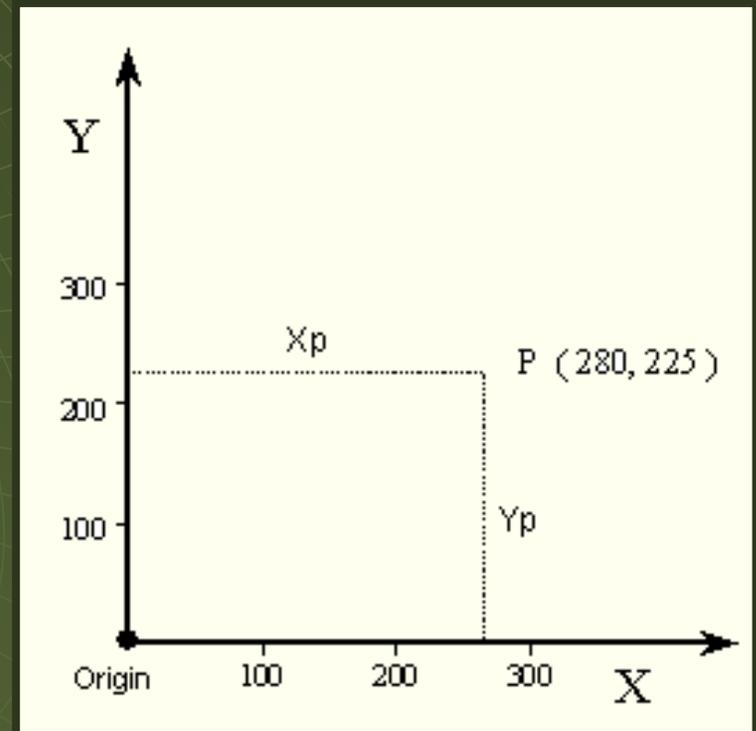
La longitudine è l'angolo, in senso antiorario, che il piano (XY), piano meridiano di riferimento, forma con il piano meridiano per P.



Coordinate cartografiche - 1

E' necessario mettere in corrispondenza i punti dell'ellissoide con quelli di un sistema di coordinate cartesiane piane.

Per poterlo fare sono utilizzate delle relazioni introdotte dal matematico Gauss.



Coordinate cartografiche - 2

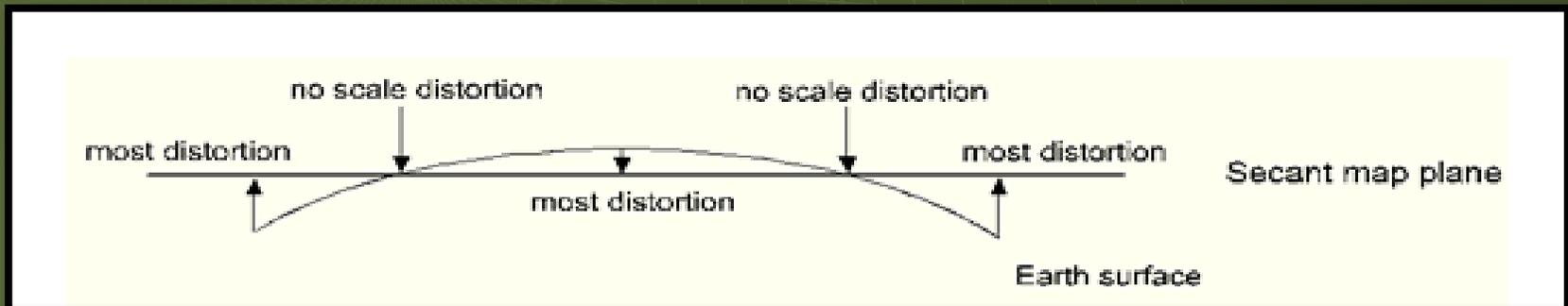
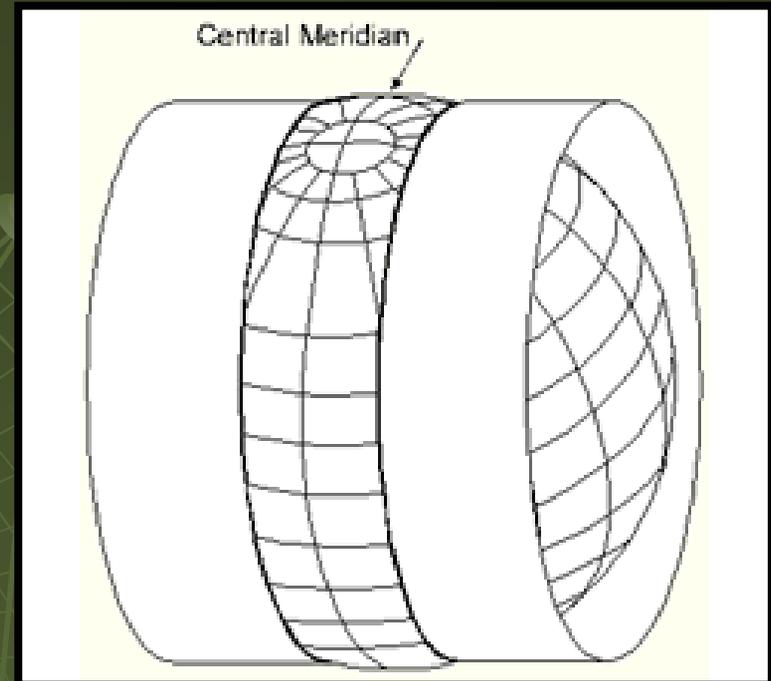
Le relazioni utilizzate per il calcolo delle coordinate cartografiche sono puramente matematiche.

Esse operano una proiezione di ogni punto dell'ellissoide su un cilindro orizzontale avente per direttrici ellissi di semiassi a e b , uguali ai semiassi dell'ellissoide.

Proiettare i punti dell'ellissoide su un cilindro equivale a proiettarli su un piano, in quanto il cilindro è una superficie che può svolgersi su un piano.

Coordinate cartografiche - 3

Le relazioni utilizzate per il calcolo delle coordinate cartografiche sono puramente matematiche.



Coordinate cartografiche - 4

Una componente fondamentale della proiezione di Gauss è la scelta del meridiano di riferimento assunto come origine delle longitudini.

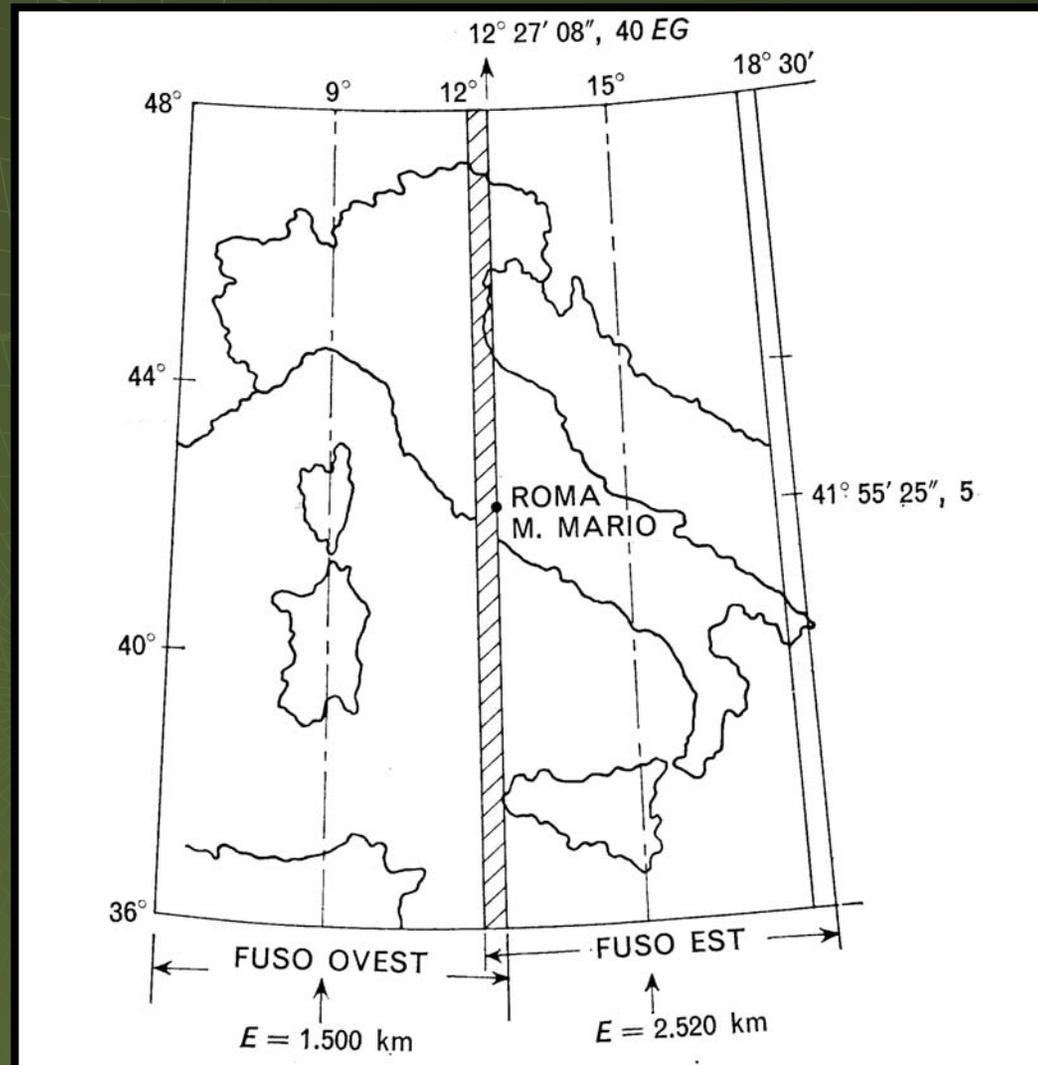
Questo meridiano verrà trasformato nell'asse delle ordinate N.

Coordinate cartografiche - 5

Nel sistema nazionale italiano, al fine di limitare le deformazioni, si sono scelti due differenti cilindri dividendo di fatto l'Italia in due fusi.

Nel gergo comune le coordinate cartografiche ottenute in questo modo vengono definite Gauss-Boaga e il datum di riferimento è Roma40.

Coordinate cartografiche - 6



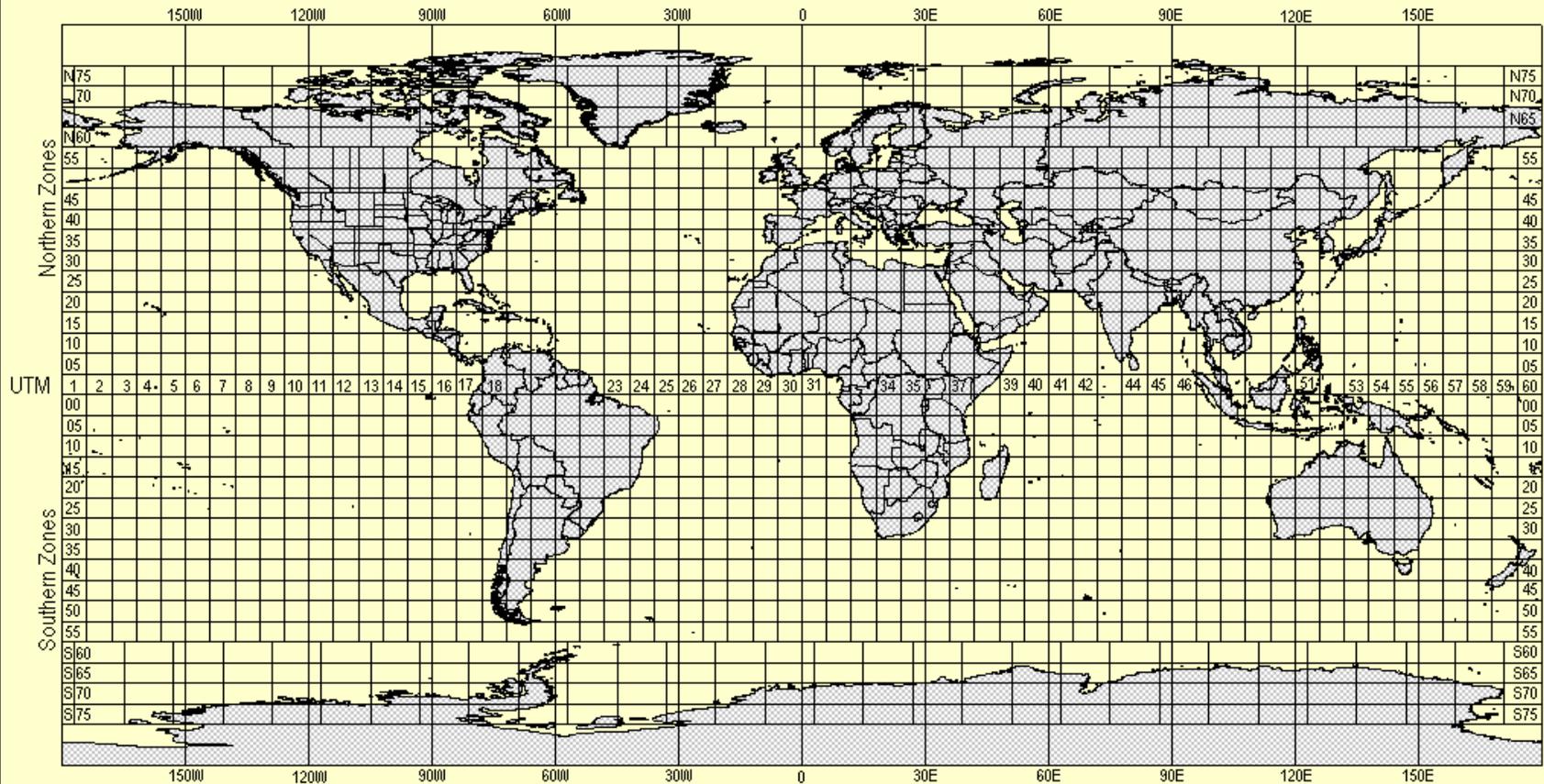
Coordinate cartografiche - 7

Anche a livello internazionale si utilizza la proiezione di Gauss.

La Terra viene suddivisa in 60 spicchi (o 60 zone) e per ognuno si procede alla proiezione su un cilindro secante.

Coordinate cartografiche - 8

GeoCover 1990 UTM Zones



Coordinate cartografiche - 9

La proiezione di Gauss utilizzata dal datum WGS84 viene definita UTM (Universal Transverse Mercator).

L'Italia è situata nella zona 32N (north).

Nel gergo comune le coordinate cartografiche ottenute in questo modo vengono definite UTM32N e il datum di riferimento è WGS84.

Esempio

Geografiche	Lat	Long
Roma40	44,50103982	9,19305360
WGS84	44,50127702	9,192936094

Cartografiche	E	N
Gauss-Boaga	1525700,802	4964900,527
UTM-WGS84	525673,517	4964881,478

Due distinti aspetti

I cambiamenti di SR non vanno confusi con le trasformazioni di coordinate.

Ho quindi due aspetti da valutare:

1. cambiamento di sistema di riferimento o datum
2. trasformazione di coordinate (puramente matematica).

Cambiamento di datum - 1

Problema: come passare dal sistema di riferimento GPS (WGS84) al sistema nazionale (Roma40)?

Ricordiamo che un qualsiasi ellissoide orientato localmente si discosta in modo notevole da quello geocentrico, non solo per i diversi parametri (a e e^2), ma soprattutto per la posizione del centro e l'orientamento degli assi.

Cambiamento di datum - 2

Conoscendo un sufficiente numero di punti nei due sistemi di riferimento è possibile stimare MQ i parametri di una rototraslazione con cambiamento di scala (trasformazione conforme di Helmert a 7 parametri) che permetta di passare dall'uno all'altro.

Cambiamento di datum - 3

Nel passato, l'IGM, forniva, per la trasformazione di Helmert, un set di parametri per ogni vertice (validità in un raggio di circa 10 km).

Questa scelta presentava tuttavia problemi di continuità di soluzione tra zone contigue.

Cambiamento di datum - 4

Oggi è in uso una procedura di trasformazione continua attraverso un grigliato regolare di parametri di trasformazione che copre l'intero territorio nazionale.

Attraverso il programma VERTO (realizzato dall'IGM) è possibile realizzare il passaggio di datum.

Cambiamento di datum - 5

Verto1
versione 1.1 gennaio 2003
Istituto Geografico Militare

Dal Sistema

- ROMA40
- ED50
- WGS84

Al Sistema

- ROMA40
- ED50
- WGS84

da quote ellissoidiche → a quote geoidiche

Trasforma le quote

Input/Output

Da tastiera | Da file

Input/Output da tastiera

Input WGS84

$\varphi =$

$\lambda =$

$h =$

Output ROMA40

$\varphi =$

$\lambda =$

$H =$

Zona di lavoro

c: \Programmi \verto1

- 117.gr1
- 137.gr1
- 138.gr1
- 139.gr1
- 140.gr1
- 158.gr1
- 159.gr1

Foglio al 50.000 : 117

Long. da Roma -3°,51' -3°,25'

Long. da Greenwich 8°,36' 9°,02'

Limiti approssimativi della zona in cui è possibile operare

45°,38' 45°,20'

Griglia ROMA40-ED50 2002 | Griglia ROMA40-WGS84 2002 | Griglia Geoida 1999 V.1

ESEGUI

ESCI

IGM - Servizio Geodetico - Renzo Maseroli

Il problema altimetrico - 1

Il GPS fornisce le coordinate cartesiane ellissocentriche XYZ . Dopo la trasformazione di coordinate si ricavano le coordinate geografiche φ e λ e l'altezza ellissoidica h .

Per scopi ingegneristici e di progettazione, le quote devono essere riferite alla superficie del geoide.

Il problema altimetrico - 2

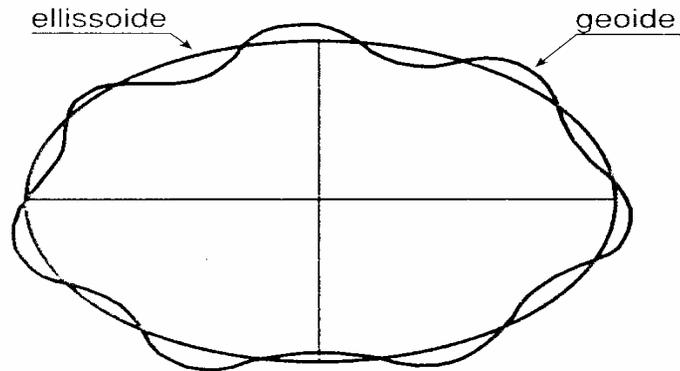


Fig. 2a

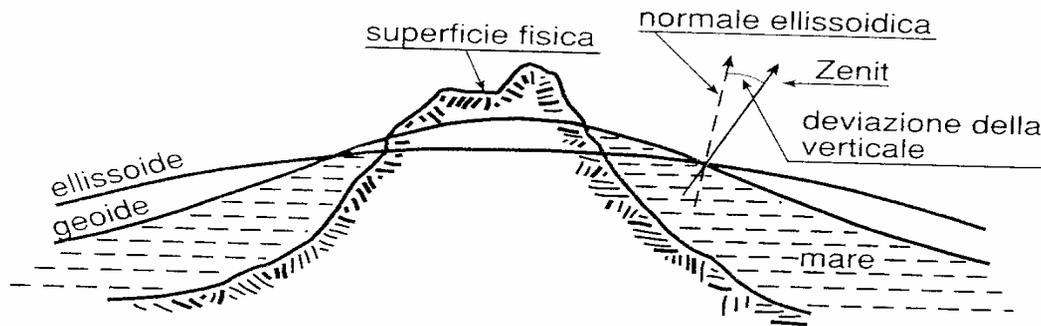


Fig. 2b

Il problema altimetrico - 3

Perché è necessario passare al geoide?

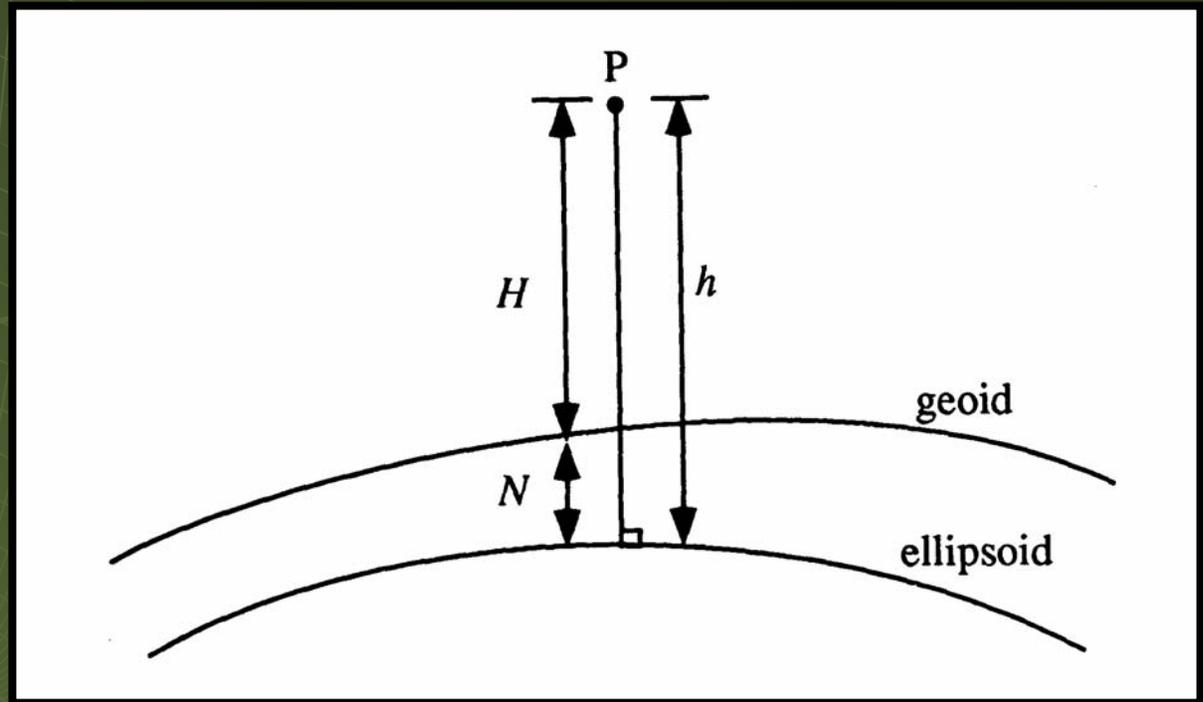
La gravità gioca un ruolo fondamentale nella scelta.
L'acqua e la messa in stazione degli strumenti topografici risentono della gravità.

La gravità fornisce una direzione che si può individuare in ogni punto facilmente, con il filo a piombo.

Per come è stato definito, il geoide rappresenta proprio una superficie di riferimento strettamente legata alla gravità.

L'ellissoide non possiede al contrario nessun significato fisico.

Il problema altimetrico - 4



$$h = H + N$$

h : altezza ellissoidica

H : quota ortometrica

N : ondulazione del geoide

Il problema altimetrico - 5

Si definisce *ondulazione del geode* $N(\varphi, \lambda)$ nel punto di coordinate geografiche (φ, λ) il suo scostamento rispetto all'ellissoide.

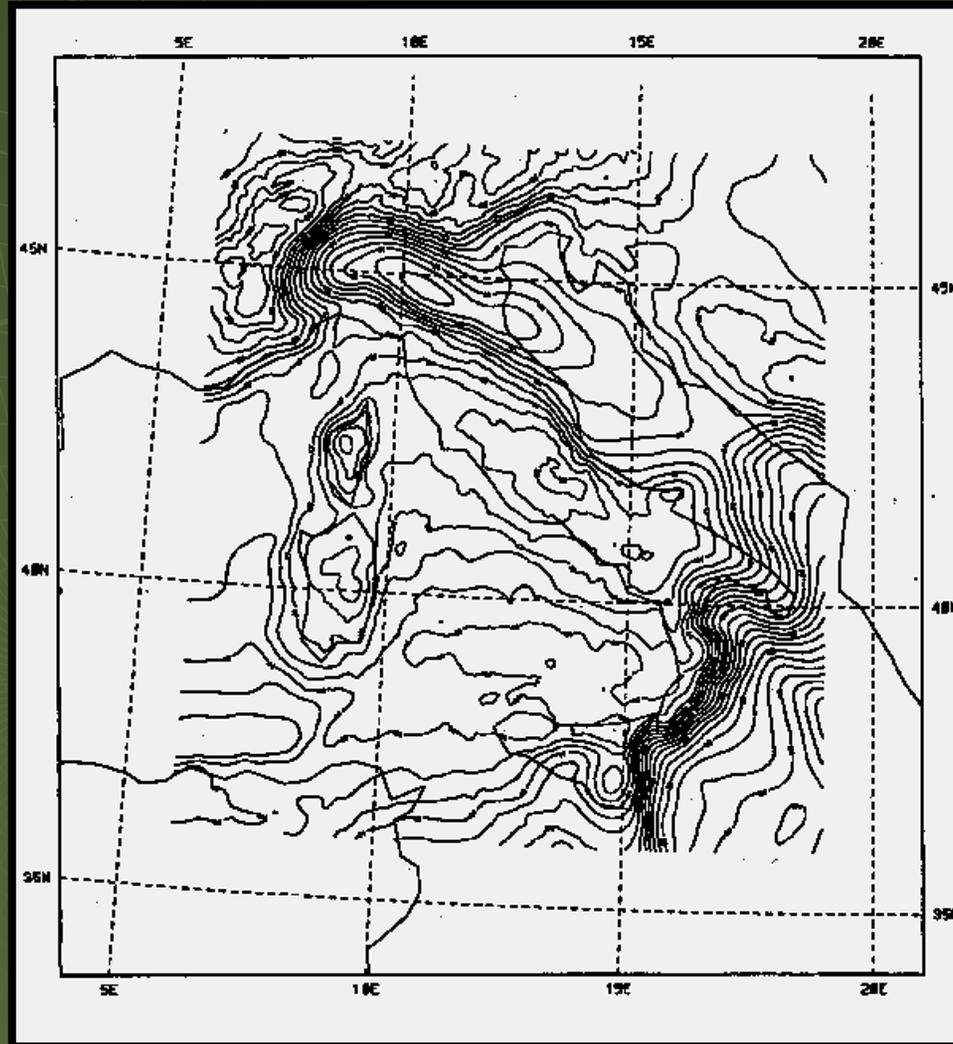
La formula è approssimata ma sufficiente per passare dall'altezza ellissoidica alla quota ortometrica.

Il problema altimetrico - 6

E' stata eseguita una "stima locale del geoide" (dal Politecnico di Milano) con misure gravimetriche, denominato ITALGEO99, con precisione assoluta decimetrica.

Attraverso il programma VERTO (al cui interno è inserito il modello di geoide ITALGEO99) è possibile realizzare il passaggio da coordinate ellissoidiche ad ortometriche per tutto il territorio nazionale.

Il problema altimetrico - 7



Cambiamento di datum - 8

Verto1
versione 1.1 gennaio 2003
Istituto Geografico Militare

Dal Sistema

- ROMA40
- ED50
- WGS84

Al Sistema

- ROMA40
- ED50
- WGS84

da quote ellissoidiche → a quote geoidiche

Trasforma le quote

Input/Output

Da tastiera | Da file

Input/Output da tastiera

Input WGS84

$\varphi =$

$\lambda =$

$h =$

Output ROMA40

$\varphi =$

$\lambda =$

$H =$

Zona di lavoro

c:\

- C:\
- Programmi
- verto1

117.gr1
137.gr1
138.gr1
139.gr1
140.gr1
158.gr1
159.gr1

Foglio al 50.000 : 117

Long. da Roma -3°,51' -3°,25'
Long. da Greenwich 8°,36' 9°,02'

Limiti approssimativi della zona in cui è possibile operare

45°,38'

45°,20'

Griglia ROMA40-ED50 2002 | Griglia ROMA40-WGS84 2002 | Griglia Geoida 1999 V.1

ESEGUI

ESCI

IGM - Servizio Geodetico - Renzo Maseroli

Esempio

Altimetria	
Altezza ellissoidica	685,776
Quota ortometrica	644,021

...