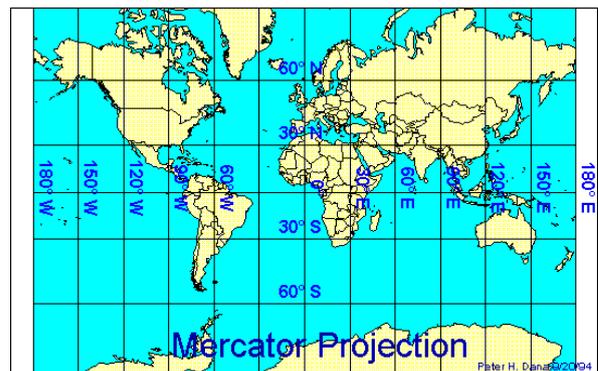
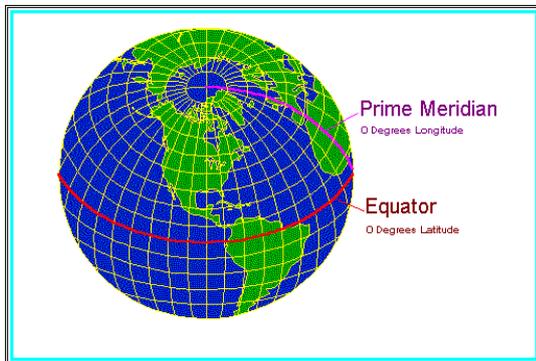
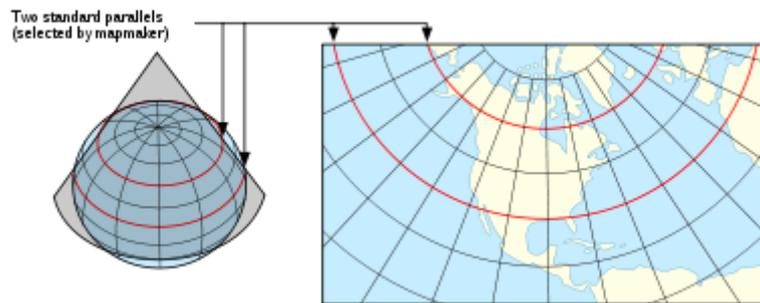


Dispensa di Cartografia

Prof. ing. Raffaella Cefalo



RAPPRESENTAZIONE DELLA SUPERFICIE TERRESTRE

L'insieme delle attività dell'uomo sulla Terra dedicate alla realizzazione di strutture ed infrastrutture, all'analisi e alla sistemazione del territorio ed agli spostamenti sul territorio richiede di poter disporre di una rappresentazione che permetta di conoscere in maniera sintetica e metricamente valida la superficie fisica terrestre.

Questa rappresentazione è nella maggior parte dei casi una **carta** ad una scala opportuna: la carta è quindi una rappresentazione grafica ed in scala del terreno. Essa può essere in formato numerico – carta digitale o numerica.

La Topografia è una scienza applicata che definisce un complesso di tecniche di misura, di calcolo e di disegno che permettono di definire metricamente e di rappresentare la superficie fisica terrestre in modo conveniente ai diversi scopi.

La **Cartografia** è l'arte della rappresentazione della superficie terrestre sul piano, secondo norme e segni convenzionali. Per rappresentare la terra o una sua porzione sul piano è necessario eseguire una trasformazione che consenta il passaggio dai punti della superficie terrestre ai punti corrispondenti su una *superficie di riferimento*, che andrà poi a sua volta rappresentata sulla superficie della carta.

La **rappresentazione della superficie fisica terrestre** è un'operazione piuttosto complessa, dato che:

- la superficie da rappresentare non è piana
- la superficie fisica del terreno ha una forma molto irregolare
- le dimensioni dell'oggetto da rappresentare eccedono in maniera decisa le normali capacità di misura dell'uomo.

A ciascun punto del terreno deve essere associato un punto (ed uno solo) sulla superficie di riferimento che deve possedere le seguenti caratteristiche:

- deve essere molto prossima alla superficie terrestre;
- la sua rappresentazione matematica deve essere abbastanza semplice;
- si deve poter stabilire una corrispondenza biunivoca fra i suoi punti e quelli della superficie terrestre;
- si deve poter istituire su di essa una geometria per eseguire calcoli geodetici in modo semplice.

Il modo più semplice per "mappare" un punto della superficie terrestre su una superficie di riferimento è quello di proiettarlo su di essa tramite la direzione della verticale, materializzabile con un filo a piombo (Fig. 1).

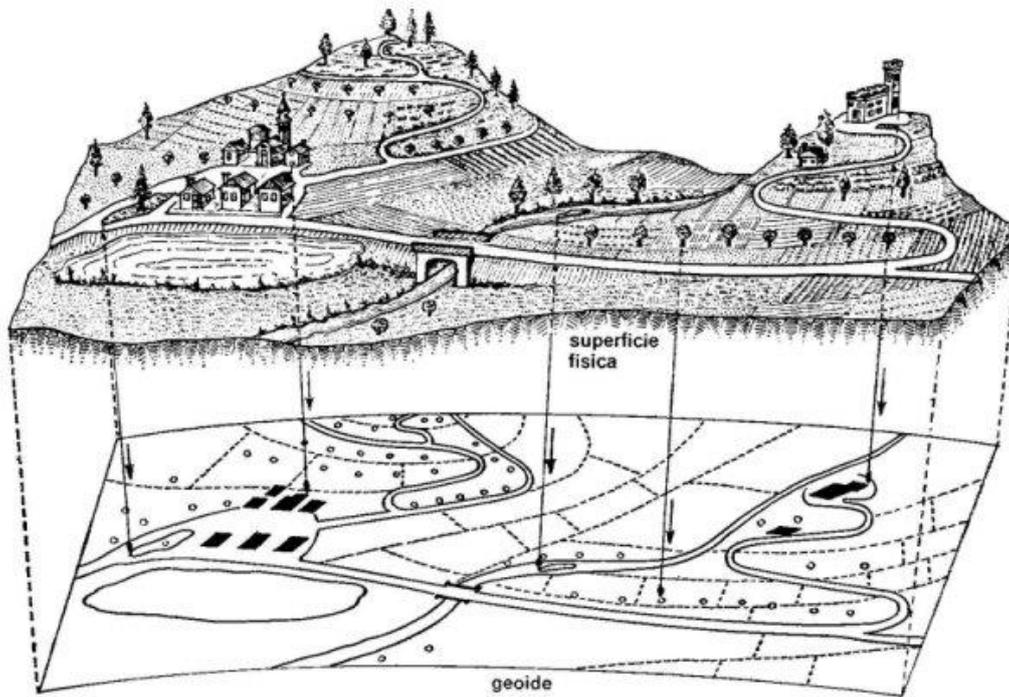


Fig. 1. Superficie fisica del terreno, geoide e rappresentazione del terreno.

La superficie che risulta normale in ogni suo punto alla direzione della verticale prende il nome di **geoide**. Questa superficie coinciderebbe con il livello medio della superficie del mare, opportunamente prolungata sotto le terre emerse, qualora l'acqua dei mari fosse caratterizzata da temperatura e densità uniformi e fosse priva di perturbazioni legate a correnti, venti e maree.

Il geoide si definisce come superficie equipotenziale del campo gravitazionale terrestre. La direzione della verticale coincide con quella delle linee di forza del campo gravitazionale.

La distanza (data da un segmento di linea di forza) fra un punto P sulla superficie terrestre ed il punto corrispondente P_g proiettato sul geoide si chiama **quota** (ortometrica).

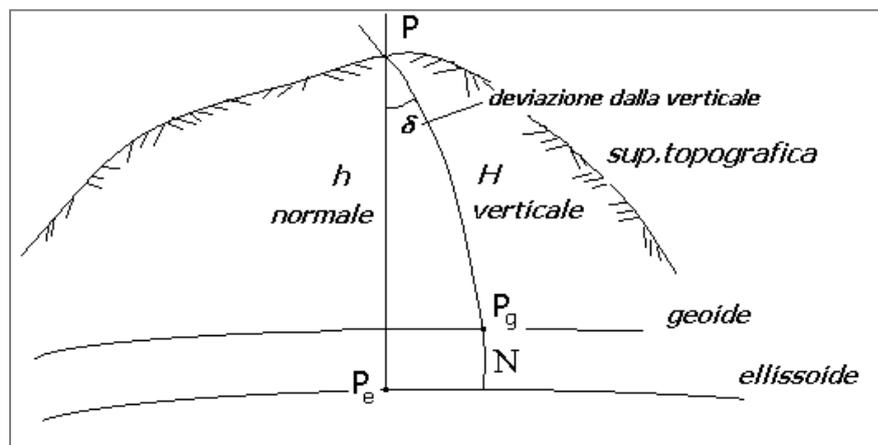


Fig. 2

Con riferimento alla Fig. 1 si può trarre un procedimento di rilievo e rappresentazione della superficie terrestre, che sarà in parte puramente teorico (in quanto presuppone la superficie fisica ridotta ad una sottile pellicola ed il geode concretamente esistente e percorribile sotto di essa):

a) data l'irregolarità e complessità della superficie fisica questa deve essere individuata mediante la determinazione della posizione di un sufficiente numero di punti, numero che è funzione anche della scala della rappresentazione;

b) ogni punto andrebbe proiettato sul geode secondo la verticale ed ogni proiezione andrebbe segnalata; vanno determinate le quote;

c) percorrendo il geode si dovrebbero misurare angoli e distanze fra le proiezioni dei punti in modo da determinarne la posizione relativa;

d) sulla base degli elementi misurati occorre determinare la posizione dei punti proiettati mediante coordinate curvilinee sulla superficie di riferimento; è necessario conoscere l'equazione della superficie di riferimento, definire su di essa un sistema di coordinate curvilinee, ed eseguire dei calcoli che permettano, sulla base delle misure fatte, di ricavare le coordinate curvilinee dei punti proiettati;

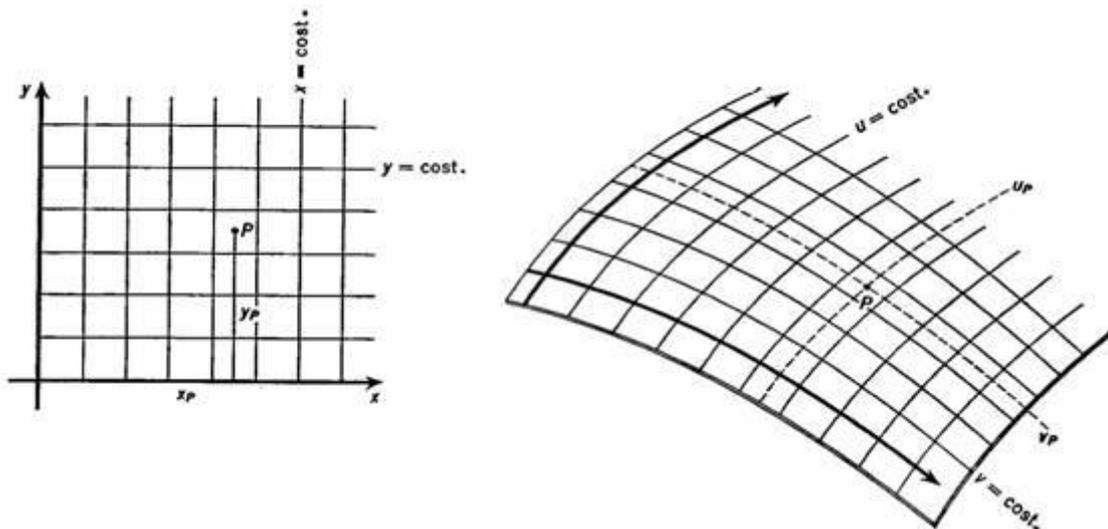


Fig. 3 Coordinate ortogonali sul piano e coordinate curvilinee sulla superficie

e) si può a questo punto costruire in scala la porzione di geode interessata dal rilievo, riportare su questa, in scala, il sistema di coordinate curvilinee, e quindi la posizione di ciascun punto mediante le sue coordinate curvilinee, note; congiungendo opportunamente con linee i punti proiettati si evidenziano le particolarità del rilievo; accanto a ciascun punto si scrive anche la quota ottenendo così una rappresentazione completa del terreno; unendo i punti di eguale quota si ottengono le *curve di livello*;

f) per passare dalla rappresentazione su supporto curvo ad una rappresentazione piana si ricorre ad una rappresentazione cartografica, stabilendo per ciascun punto una corrispondenza biunivoca fra le coordinate curvilinee u e v e le coordinate cartesiane ortogonali x e y

$$\begin{aligned} x &= f(u, v) \\ y &= g(u, v) \end{aligned}$$

queste relazioni rappresentano le equazioni della carta.

La rappresentazione piana che si ottiene è deformata rispetto quella disegnata sul supporto curvo.

Le operazioni descritte ai punti b) e c) non possono essere eseguite in pratica dato che in effetti le operazioni di misura debbono svolgersi sulla superficie fisica, il problema viene però superato in quanto i metodi di misura di angoli e distanza fra punti della superficie fisica sono tali da fornire angoli e distanze quali si sarebbero misurati sul geoide.

Anche la misura diretta di una quota è impossibile, ma i metodi di misura utilizzati permettono di misurare *dislivelli*, ovvero differenze di quota fra i punti della superficie fisica. Le quote vengono allora definite collegando i punti mediante operazioni di livellazione che permettono di determinare le differenze di quota: è sufficiente che fra i punti collegati ve ne sia uno si quota nulla, ovvero sul geoide, oppure di quota nota per ricavare le quote di tutti gli altri punti.

Il geoide è una buona approssimazione della superficie terrestre. Purtroppo esso non è facilmente esprimibile dal punto di vista analitico, in quanto bisognerebbe conoscere il valore della densità in ciascun punto della terra, il che non è possibile.

Per questo motivo si adotta in molti casi come superficie di riferimento l'**ellissoide** di rotazione che, analiticamente, è esprimibile in forma semplice.

Una volta scelta la superficie di riferimento per ottenere la rappresentazione della superficie fisica occorrerà:

- a) definire l'equazione della superficie di riferimento
- b) definire su di essa un sistema di coordinate curvilinee u e v
- c) definire la natura degli angoli e delle distanze da misurare sulla superficie fisica
- d) definire i calcoli che permettono di dedurre dalle misure le coordinate curvilinee dei punti
- e) specificare le equazioni della carta per le rappresentazioni cartografiche che si vogliono utilizzare, definendo le deformazioni che queste comportano.

Possono essere introdotte alcune semplificazioni dato che, dal punto di vista planimetrico, una piccola porzione di geoide si discosta poco da un piano tangente condotto per il punto centrale; inoltre porzioni di geoide limitate a un paio di centinaia di km si discostano poco da una calotta sferica di raggio opportuno.

Inoltre una grossa semplificazione deriva dal fatto che la totalità dei punti necessari a definire una carta possono essere distinti in due grandi classi: punti di inquadramento e punti di dettaglio. I punti di inquadramento rappresentano una piccola percentuale del totale, la loro posizione è definita mediante operazioni di triangolazione, trilaterazione e poligonazione. Essi formano una rete di punti, ogni maglia della quale si riferisce ad una porzione di geoide che può, a certi fini, ritenersi piana; tutte le operazioni di raffittimento dei punti di inquadramento e di rilievo dei punti di dettaglio che si svolgono nell'ambito di una maglia possono essere concepite, sia per le misure che per i calcoli, come riferentesi ad una superficie piana.

I punti di dettaglio, che sono la maggioranza, vengono rilevati con riferimento ad un minimo di due punti di inquadramento e riportati graficamente sulla carta.