

# CENNI STORICI

Primi abbozzi cartografici furono in periodi antichissimi:

- Come prima carta la tavoletta di argilla della Mesopotamia di Nippur. (2400 a.C.)
- Il mappamondo babilonese che rappresenta la terra in un cerchio circondata dall'acqua.
- Papiro che descrive l'antico giacimento d'oro della Nubia (1200 a.C.)
- Si pensava che gli egizi già dall'antico regno avessero informazioni sul valore della circonferenza terrestre: utilizzando le dimensioni della piramide di Cheope, risalirono al valore  $2\pi$ . In effetti il rapporto tra la stessa base e l'altezza è pari a circa  $2\pi$ . (Pi:pi greco) (2500 a.C.)
- Aristotele: sfericità della terra (metà 300 a.C.)
- Anassimandro Di Mileto: prima carta del mondo abitato (600 a.C.)
- Dal secondo secolo la cartografia inizia ad avere base scientifiche: esperimento di Cirene calcola il raggio della terra ipotizzando che Siene ed Alessandria fossero sullo stesso meridiano: poiché il sole al solstizio d'estate, a mezzogiorno, è allo zenith a Siene (circa al Tropico), mentre ad Alessandria i raggi del sole alla stessa ora sono inclinati di un angolo  $\alpha$  (circa  $1/50$  dell'angolo giro), valutando la distanza  $d$  tra le due città, ricavò dalla relazione.

$$C : 2\pi = d : \alpha$$

La stima della lunghezza della circonferenza terrestre  $C=39600$  km.

I progressi più grandi si hanno nel 13 secolo per esplorazioni nautiche e nel 17 secolo il pianeta viene descritto e vari punti del pianeta vengono localizzati —> grazie al concetto di latitudine longitudine, meridiani e paralleli. Moderna geodesia geometrica.

Nel periodo più recente, attuale, si arriva al concetto di cartografia, la descrizione attraverso una rappresentazione del territorio, il problema che tutt'ora persiste è come rappresentare la forma della terra e la sua superficie, perché a seconda del modello che viene utilizzato.

# CARTOGRAFIA

Rappresentazione sul piano della superficie terrestre mediante la descrizione dei suoi elementi sia naturali sia artificiali (non solo fiumi laghi etc ma anche opere dell'uomo) realizzata con metodo topografico e fotogrammetrico in forma di disegno inserito in un sistema di riferimento. Rappresento in maniera qualitativa rispettando le misure della realtà. Disegno che rappresenta la superficie terrestre costruito coi metodi che conservano le proporzioni della realtà e inserito in un sistema.

Posso capire analizzando ciò dove mi trovo, la località del pianeta → **Geolocalizzazione.**

Per costruire le carte inizialmente erano solo strumenti ottici, misurando angoli e distanze. In una giornata di nebbia come faccio a misurare e mirare il bersaglio, che viene spostato.

Se l'oggetto è molto lontano si potrebbe sbagliare. Strumenti non certi, applicazione limitata.

Quindi nel tempo si sono create le strumentazioni satellitari → lo strumento è sia ricevente che trasmettente perché riceve dai satelliti una radiazione elettromagnetica che è un segnale criptato; in più il GPS che abbiamo emette lo stesso segnale. Quello che invia il messaggio a tempo 1 il mio strumento rileva l'onda emessa dai satelliti e ne emette una uguale. Il problema è che sono sfasati, quindi valutando lo sfasamento tra l'onda ricevuta e quella emessa posso calcolare la distanza tra il mio strumento e il satellite. Tutto ciò per il GPS se si fa con almeno 4 satelliti, queste così si incrociano trovando il punto esatto della posizione che stiamo osservando.

Il GPS da la posizione solo se ci sono almeno 4 satelliti. Per un drone per esempio è fondamentale che il GPS funzioni: importante inoltre è che il drone abbia una quota di volo costante, e devo caricare prima la rotta per evitare che si scontri con ostacoli, a quel punto serve il GPS di buona qualità, di conseguenza non servono più solo 4 satelliti, ma visto che la precisione varia in base al numero di satelliti, un drone non vola se non vede almeno 7 satelliti.

Innumerevoli satelliti → NASA, flotta russa, flotta Giappone → nei casi come quello della tensione geopolitica non è escluso che venga messo un errore voluto in modo che la precisione dei punti GPS sia un po' errata. Nei periodi di guerra possiamo fare meno affidamento, "disponibilità a mio piacimento". Questo tipo di errore -post processamento dei dati-, per il drone è un problema. Es. Ghiacciai, superficie con GPS e mapparne superficie etc, se ci fosse un errore emesso da qualsiasi ente, lo possiamo togliere confrontando i dati salvati nel server con una posizione presa nello stesso momento di un punto di cui sono note le coordinate, scoprendo l'errore inserito. (Post processamento) solo consentito dal punto di vista scientifico. Vantaggio del GPS, no problema di precipitazioni o nebbia, copertura completa del territorio dove si passa materialmente con lo strumento. Sufficientemente rapida la posizione con il GPS.

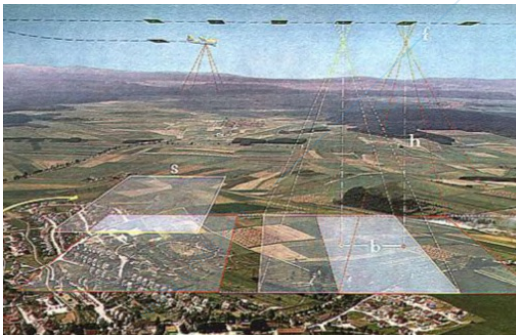


## Carta topografica

### Fotogrammetria → cartografia d'aereo



Area più vasta. La visione dell'alto del territorio attraverso delle fotocamere che sono agganciate sotto agli aerei, che volano con quota costante (ovviamente aerei dedicati a ciò) rilevano il territorio, queste foto vengono poi elaborate e processate perché il territorio che osserviamo ha una superficie curva. Foto con deformazione, causata da curvatura terrestre → essenziale riportarla su piano. Fotogrammi in modo che ci sia tra uno e l'altro una sovrapposizione del 60%, perché abbiamo una sovrapposizione di più del 60% tra i nostri due occhi. E inoltre si può calcolare anche il modello 3d del territorio. Lombardia studiata da ortofoto, importante tenere monitorato per avere cortezza delle trasformazioni, e le parti di uso del suolo.



Rappresentazione grafica, ridotta simbolica approssimata della superficie terrestre su una superficie piana.  
 Ridotta: non è possibile descrivere la terra nelle sue dimensioni reali, ma solo ricorrendo a un opportuno rimpicciolimento delle stesse secondo determinati rapporti  $n$  in scala, consente di disegnare un'intera casa o regione all'interno di un foglio. Scala 1:100, riduco di mille volte ogni elemento della realtà per riportarli in carta.  
 Simbolica: tutti gli elementi fisici presenti sulla superficie terrestre, naturali o di origine antropica, sono descritti da segni imitativi o convenzionali, che spesso possono non riprodurre l'esatta forma e dimensione in scala. Chiunque legga quella carta saprà che si parla di quell'elemento. Non posso riportare in realtà tutta la sua ricchezza.  
 Approssimata: no approssimativo, ma in realtà approccio matematico e non posso rappresentare esattamente la realtà perché questa è curva mentre il foglio è piano. Se provo a stendere una buccia d'arancia su un piano ci saranno delle righe → così come la sfera terrestre modificherebbe.  
 Impossibile riportare una curvatura su un piano. Superficie sferica della terra non può essere mai riproducibile con esattezza su un piano senza dare luogo a

## Geodesia

Scienza che studia la superficie terrestre → è irregolare e soggetta a cambiamenti nell'arco del tempo. Delle zone sopraelevate e zone profonde, fossa delle marianne.

Per descriverla sono stati fatti molti modelli, come scatola rettangolare, colonna cilindrica, una pera etc.

I modelli sono riassumibili in (tutti e tre ancora utilizzati):

- **PIATTI**: (no terra piatta): rappresentazioni piane su piccola scala, dove curvatura è trascurabile. Es Stadio Meazza. Superfici piccole → meno di 10 km.
- **SFERICI**: per navigazione locale e su brevi distanze, non serve tanta precisione.
- **ELLISSOIDALI**: misure su lunghe distanze, da un emisfero a un altro, utilizzati come basi per riferire tutte le misure rilevate tramite GPS.

Non esiste il modello perfetto, dipende da ciò che vogliamo analizzare (un architetto non andrà sicuramente a usare un modello ellissoideale).

Se la terra fosse immobile e omogenea verrebbe assimilata ad una sfera.

La forza centrifuga dovuta alla rotazione crea un rigonfiamento sul piano equatoriale

=> ellissoide di rotazione cioè quella di un solido che si ottiene idealmente facendo ruotare un'ellisse attorno al suo asse minore. Asse polare.

Più esattamente si parla di ellissoide a tre assi in cui l'asse minore è l'asse polare, e gli altri due sono equatoriali e differiscono tra di loro di poche centinaia di metri.

Gli ellissoidi sono parecchi, ognuno con un nome e un numero (anno introduzione). Se bisogna confrontare una carta vecchia e una di oggi il problema è che cambiando un ellissoide si potrebbero avere errori di posizione. Più usato WGS 84.

La terra non può essere rappresentata né da un modello matematico né geometrico, perché la superficie terrestre cambia in ogni punto a causa delle sostanze che la costituiscono. →

**GEODE** solido la cui superficie è perpendicolare in ogni suo punto alla direzione del filo a piombo e l'accelerazione di gravità è costante (superficie equipotenziale del campo gravitazionale terrestre di altitudine zero). Superficie molto complessa. È la superficie degli oceani estesa in modo immaginario anche ai continenti, in cui la distribuzione della densità non omogenea causa un aspetto irregolare della superficie. Miglior rappresentazione della terra. Non viene utilizzata molto perché è troppo complicato. Vera forma della terra.

Quando costruiamo una carta bisogna riportare una superficie curva su piano:

Bisogna pensare che la sfera sia avvolta da una superficie piana e di proiettare su quest'ultima tutti gli elementi presenti nella sfera. Per esempio secondo un cono, poi srotolandolo posso ottenere una carta con gli elementi proiettati; o cilindro, aree polari non vengono però proiettate.

Le carte che si producono avranno sempre delle deformazioni (buccia d'arancio): angolari; lineari, distanze non onorano quelle della realtà; areali, aree nella carta non onorano quelle della realtà.

Africa e America che sono grandi possono essere in alcuni casi stirate e allungate (dipende dal modello di proiezione). Carte diverse che rappresentano il mondo così com'è.

Angolare, deformazione oggettiva.

Lineari, distanze distorte.

Areali, aree più piccole o un po' più grandi della realtà.

Tutte le deformazioni non possono venire corrette in un momento solo, non potrò mai avere una rappresentazione perfetta della realtà, ci sarà sempre qualche deformazione.

Bisogna decidere a cosa rinunciare a seconda dell'uso.

Es → flotta aerea, si può decidere di mantenere gli angoli per le rotte e tralasciare le aree, o fondamentale potrebbe essere mantenere le distanze e tralasciare le aree.

Es 2 → impiegato comune per tassare cittadino fondamentale mantenere le aree, e tralascio gli angoli. A seconda dell'uso potrò tralasciare qualche errore ed essere assolutamente rigoroso su un altro.

Vogliamo gli angoli più o meno conservati, forma oggetti paesaggio corretta, voglio conoscere aree con certa precisione e voglio conoscere le distanze più o meno correttamente. La cartografia per il naturalista è un compromesso, si preferisce tenere tutti gli errori ma piccoli.

CONFORME: Precisissimo con angoli, mentre altri due fattori errori importanti → es navigazione, certo che la rotta sia corta, conservo angoli

EQUIDISTANTI: navigazione, se conti sul carburante, si distanze

EQUIVALENTI: mantengo aree, esempio di prima dell'impiegato del comune

Tutte le deformazioni possono venire corrette per via geometrica o analitica ma non tutte contemporaneamente!

## Calcolo dell'errore

- **Conforme:** il modulo di deformazione angolare è pari a 0. Differenza tra angolo in carta e angolo nella realtà. Se vi è una differenza il modulo è diverso da 0 la carta quindi non è conforme.  $M_a = A_c - A_t$ .  $M_a$ : modulo di deformazione angolare  $m_a = 0$ . Queste carte sono importanti per le carte nautiche nel mantenimento della rotta.
- **Equidistante:** proporzionalità diretta tra distanze lineari su carta e terreno. Modulo di deformazioni lineare è 1.  $M_d = D_c / D_t$  → se diverso da 1 carta non è equidistante.
- **Equivalente:** rapporto tra superficie carta e terrestre è pari a 1, in fattori di scala.  $M_a = S_c / S_T$ . modulo di deformazione angolare deve essere pari a 1. Sono equivalenti le mappe catastali dove è determinante l'esatta corrispondenza areale.

**CARTA AFILATTICA:** tutte le deformazioni sono ridotte al minimo, compromesso tra tutti gli errori possibili, miglior rappresentazione possibile del mondo reale, migliore per i naturalisti.

IGM (Istituto geografico militare) incarico produzione di cartografia.

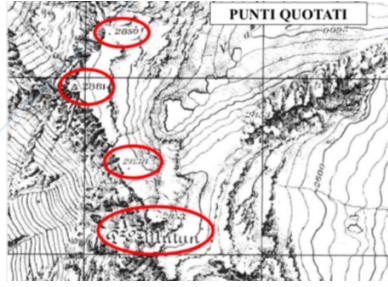
# Planimetria

Rappresentazione in piano della realtà, direttamente attraverso il disegno. L'altimetria è riportata indirettamente attraverso punti quotati e curve di livello.

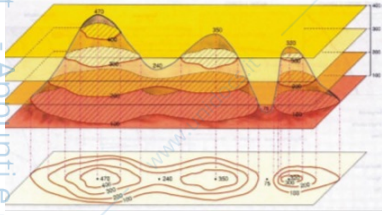
**Punti QUOTATI:** punti dove si riporta il nome e un numerino che è la quota. Punti sul terreno localizzati planimetricamente sulla carta per i quali è espressa la quota. Possono rappresentare cime di montagne e colline, bivi di strada, tornanti, case, piazze campanili... (precisione al metro)

**CURVE DI LIVELLO o ISOIPSE** → tutti i punti sulla carta con stessa quota.

Tratteggio artistico: dove altimetria sale molto rapidamente allora non si riesce a disegnare bene le isoipse.



Carta: isoipse, ogni tanto con valore, andando in su la quota cresce. Si riesce così a capire come varia l'altimetria sulla carta, che fa capire se si sta salendo o scendendo. Se le isoipse sono ravvicinate salita ripida. In base a come sono rianimate le isoipse.

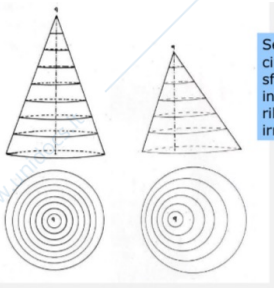
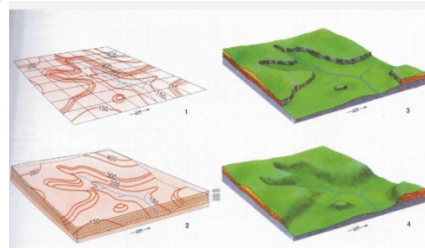


**ISOIPSE:** insieme di punti aventi la stessa quota. Linee derivate dall'intersezione della superficie topografica con un piano orizzontale posto ad una quota predeterminata. Si immagina di intersecare il rilievo con piani equidistanti, paralleli e orizzontali. Le linee di intersezione ottenute, proiettate sul piano, rappresentano le isoipse. → Insieme di punti aventi la stessa quota. Modello 3d del territorio, foto aeree, con sovrapposizione del 60%, con piani di equidistanti di 2 metri e la proiezione sono le isoipse. Equidistanza tra le isoipse è circa 1/1000 del denominatore della scala → 1: 25 000 Isoipse direttrici o principali ogni 25 m, isoipse intermedie ogni 5m, isoipse ogni 100m.

Carte simili raccontano una storia diversa:

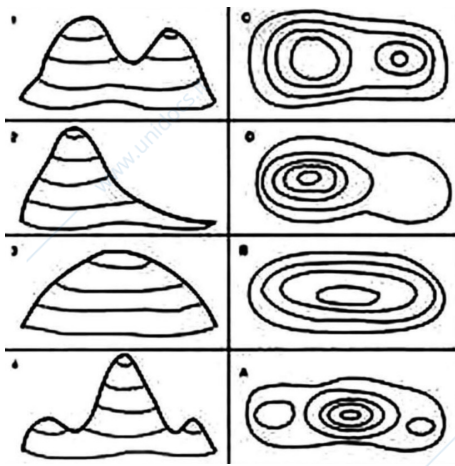
Prima: isoipse molto ravvicinate → pareti a picco  
Seconda: distanziate → hanno la stessa forma ma isoipse distanziate rilievo ha attività minore, si può risalire, no ripidi.

Dove sono distanziate il versante è debolmente inclinato



Sezioni circolari sfalsate indicano un rilievo conico irregolare

Isoipse circolari → cono → versante più ripido dell'altro. Isoipse circolari concentriche ed equidistanti la proiezione di un rilievo conico. Sezioni circolari sfalsate indicano un rilievo conico irregolare.



Isoipse parallele e pressochè equidistanti indicano la presenza di un pendio uniforme. Una brusca variazione di pendenza è indicata da una variazione della distanza tra le isoipse.



## SCALA

La scala di una mappa si può pensare approssimativamente come rapporto tra le lunghezze misurate sulla superficie di riferimento e le stesse lunghezze misurate sulla carta.

In realtà effettuando una proiezione cartografica risulta impossibile avere scala costante in tutti i punti e in tutte le direzioni.

Come la scala varia sulla mappa dipende dalla proiezione, si può avere::

- scala isotropa ma non omogenea (dipende dalla posizione, ma non dalla direzione)
- scala costante lungo un parallelo (proiezioni cilindriche)
- scala isotropa ed indipendente dalla longitudine (dipende dalla latitudine) (carta di Mercatore)

RAPPORTO numerico tra le misure lineari rappresentate sulla carta e quelle reali corrispondenti → scala di riduzione : 1 (carta) : N (realtà)

Es. se la carta è in scala 1: 100.000

1 mm sulla carta = 100.000 mm sul terreno (100m) cioè 1 cm sulla carta = 100.000 cm sul terreno (1 km).

Dato che il rapporto di scala è un rapporto 1:N → tanto più grande sarà la scala quanto è più piccolo è il denominatore:

1:5.00 grande scala

1: 100.000 piccola scala

Convenzionalmente si individua il tipo di scala cartografica in base al valore della frazione che identifica la scala.

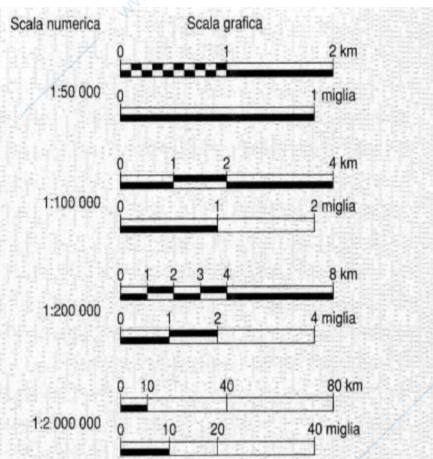
Ad esempio:

Scala	Frazione	Tipo
1 : 1 · 000	1 / 1000	grande scala
1 : 10 · 000	1 / 10000	grande scala
1 : 100 · 000	1 / 100000	piccola scala
1 : 1 · 000 · 000	1 / 1000000	piccola scala

- ✓ Più grande è la scala, più piccola e più dettagliata è la porzione di territorio rappresentata.
- ✓ Le carte a piccola scala mostrano grandi porzioni della superficie terrestre ed hanno meno dettagli delle carte a grande scala.

In particolare:

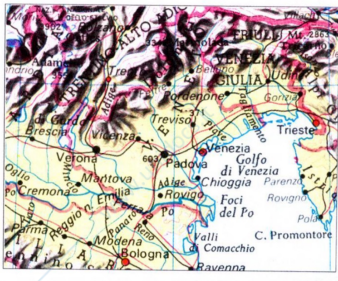
A PICCOLA SCALA	1:100.000 – 1:50.000
A MEDIA SCALA	1:25.000 – 1:50.000
A GRANDE SCALA	1:5000 – 1:25.000
A GRANDISSIMA SCALA	1:2.000 – 1:1.000



In qualsiasi rappresentazione deve essere riportata la scala grafica, segmento suddiviso con indicate le lunghezze reali.

In base alla scala di riduzione le carte vengono classificate in 5 gruppi:

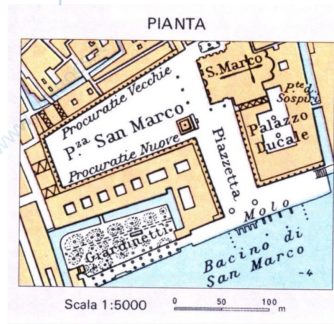
1. Mappamondi e planisferi: scala 1:100.000.000 - 1:150.000.000
2. Carte geografiche: scala inferiore a 1:100.000.000 (il denominatore è maggiore di 1.000.000)
3. Carte topografiche: scala 1:10.000-1:100.000
4. Carte corografiche: scala 1:100.000-1:1.000.000
5. Piante e mappe: scala maggiore di 1: 10.000 (denominatore minore di 10.000)



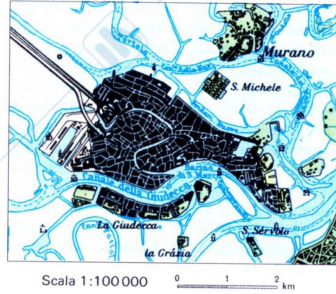
Carta geografica



CARTA COROGRAFICA



PIANTA



CARTA TOPOGRAFICA

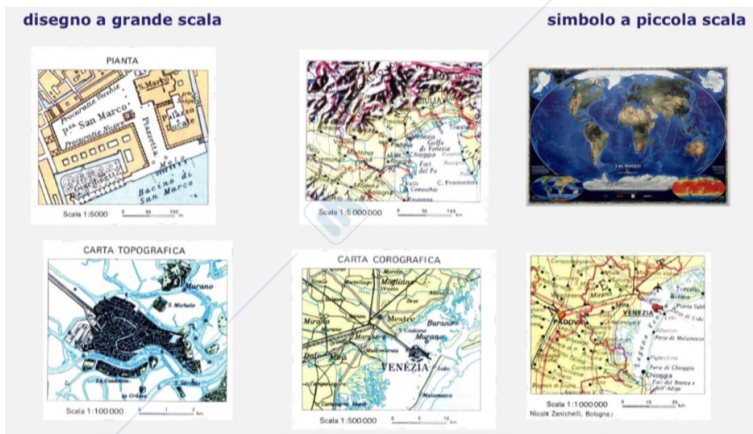
**ERRORE DI GRAFICISMO 1**

La scala indica indirettamente la precisione delle coordinate: la precisione massima di coordinate ricavabili da una carta dipende dalla precisione della misura sulla carta e della scala. La precisione minima con cui vengono disegnati punti e linee su una carta è detto errore di graficismo e vale, a seconda dei casi, da 0.1 a 0.5 mm. Il valore convenzionale è 0.2 mm. Moltiplicando l'errore di graficismo per la scala si ottiene la precisione massima ottenibile delle coordinate determinate sulla carta. La precisione delle coordinate usate per creare la carta deve essere ovviamente uguale o superiore. Alcuni esempi, ottenuti moltiplicando la scala per l'errore di graficismo (0.2 mm):

Scala della carta	Incertezza [m]
1 : 500	0.1
1 : 1-000	0.2
1 : 2-000	0.4
1 : 5-000	1
1 : 10-000	2
1 : 25-000	5
1 : 50-000	10
1 : 100-000	20
1 : 1-000-000	200

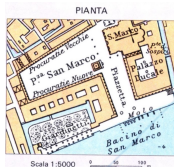
**CONTENUTO AL VARIARE DELLA SCALA**

Il contenuto qualitativo di una carta dipende dalla scala, lo stesso oggetto può essere rappresentato come:

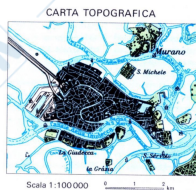


A seconda della scala, le carte hanno scopo ed uso diverso:

**1: 500 - 10.000** supporto alla progettazione e alla realizzazione di edifici ed infrastrutture, redazione di piani regolatori



**1: 10.000 - 1: 100.000** studio e pianificazione dell'uso e dell'organizzazione del territorio su aree vaste



**1: 100.000 - 1: 1.000.000** descrizione generale del territorio, ad esempio individuando confini e vie di comunicazione.



## COORDINATE

La cartografia consente la rappresentazione su un piano, detto piano cartografico, di oggetti definiti su una superficie di riferimento, tipicamente un ellissoide. La questione fondamentale della cartografia è controllare il rapporto fra oggetti sull'Elia solida e sul piano cartografico. Il passaggio da ellissoide a piano è detto proiezione cartografica.

Fondamentale individuare un punto nello spazio, latitudine e longitudine del punto, distanza dall'equatore e la distanza dal meridiano di riferimento.

Le coordinate si basano su un sistema di suddivisione dell'intero globo in paralleli e meridiana su reticolato geografico.

Se si considera una sfera tagliata da un piano, l'intersezione piano-sfera è un cerchio MASSIMO se il piano passa per il centro ed è un cerchio MINORE se non passa per il centro. Un cerchio massimo è il risultato dell'intersezione di una sfera con un piano passante per il suo centro, indipendentemente dalla disposizione del piano. È il cerchio più grande che si possa tracciare sulla superficie di una sfera.

Su una sfera si possono tracciare infiniti cerchi massimi. Due punti sulla superficie di una sfera individuano uno e un solo cerchio massimo. L'arco di cerchio massimo fra due punti sulla superficie di una sfera è la distanza più breve tra quei due punti (linea ortodromica). Due cerchi massimi si intrecciano sempre l'un l'altro in mezzi cerchi.

Meridiani e paralleli costituiscono rete di linee immaginarie che permettono di definire la posizione dei punti e delle aree sulla superficie terrestre.

Meridiani: fascio di linee in direzione NORDSUD. Ogni meridiano è un arco di cerchio massimo le cui estremità sono i poli nord e sud perché comprende un arco di 180°:

- seguono direzione Nord-Sud
  - Si distanziano andando verso l'equatore e convergono verso i poli (distanza non è costante)
  - Se ne possono tracciare di infiniti, ma per ogni punto sulla superficie ne passa uno ed un unico.
  - Due punti su una superficie di una sfera individuano uno ed un solo cerchio massimo
- Paralleli: fascio di linee in direzione Est-Ovest → ogni parallelo è un cerchio minore risultante dall'intersezione di piani paralleli al piano equatoriale:
- sempre paralleli tra loro, pur essendo dei cerchi conservano le loro distanze reciproche
  - Seguono sempre la direzione est ovest
  - Intersecano i meridiani secondo angoli retti
  - Sono cerchi minori con l'eccezione dell'equatore che è un cerchio massimo, l'unico
  - Se ne possono tracciare di infiniti, ma per ogni punto passa uno ed unico parallelo.

Latitudine: valore angolare dell'arco di meridiano compreso tra quel luogo e l'equatore e varia tra 0 e 90°. La lunghezza di un primo di latitudine dovrebbe essere identica ma aumenta verso i poli a causa dello schiacciamento polare.

Longitudine: valore angolare dell'arco di parallelo misurato in gradi compreso tra il luogo e il meridiano di riferimento. La stessa longitudine è posseduta da tutti i punti lungo lo stesso meridiano. Il meridiano è uguale a luogo dei punti aventi la stessa longitudine. La lunghezza in km di un primo di longitudine dipende dal parallelo su cui si misura

### Gradi sessagesimali

Asse di rotazione, paralleli e meridiani. La terra divisa in due emisferi, nord boreale, sud australe, la linea è l'equatore.

Il meridiano di riferimento nazionale montemario e interazione Greenwich.

Bande nere e bianche rappresentano la posizione dei meridiani e dei paralleli, l'ampiezza di ogni banda sempre di 60 sec.

Meridiani 5.1 cm e paralleli 7.4 cm (in Italia).

$L(\text{lat}): 60'' = d(\text{lat}): x \rightarrow$  latitudine

$L(\text{lon}): 60'' = d(\text{lon}): x \rightarrow$  longitudine

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari