INFN
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Festival della Scienza

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA
Dipartimento di Fisica

audacia

LICEO SCIENTIFICO "G. BERTO"
"Studi Sapientiae"

Spring School
Misure di radon in acqua
29-30 aprile 2022

Organizzato da:
Marcella Capua (UNICAL & INFN-Cs)
marcella.capua@fis.unical.it
Antonio Bruzzese (Liceo Scientifico G. Berto)
antonio.bruzzese@postaistruzione.it

Comitato scientifico:
Flavia Groppi (UNIMI & INFN-MI)
flavia.groppi@mi.infn.it
Mariagabriella Pugliese (UNINA & INFN-NA)
mpuglies@na.infn.it
Salvatore Procopio (ARPACAL CZ)
s.procopio@arpacal.it
Valeria Lupiano (CNR-IRPI)
vlupiano@gmail.com

due giorni dedicati
alle tecniche
di misure di radon in
acqua sorgiva
misure in campo-
seminari-
laboratorio-

RADIOLAB

con il patrocinio di

Valeria LUPIANO

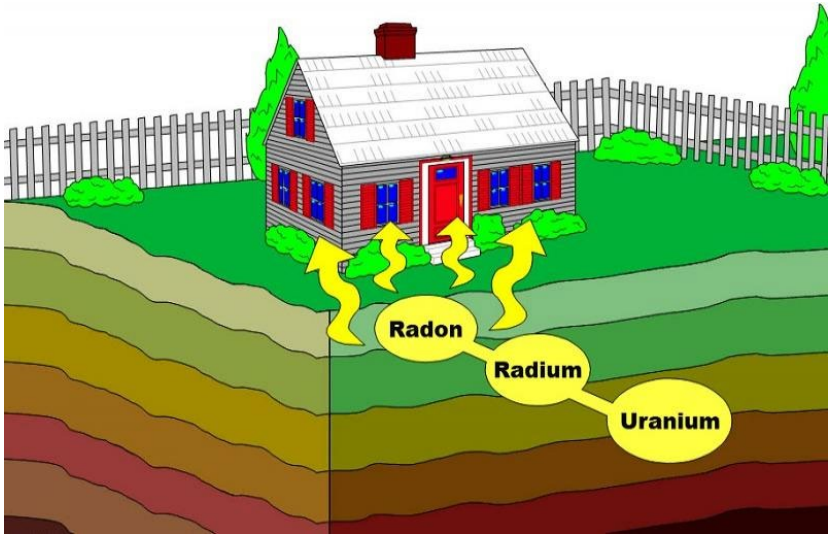
SOMMARIO

Parte 1: Radon e Geologia

Parte 2: Sistemi di coordinate per la geolocalizzazione

RADON E GEOLOGIA

Il **Radon** è un gas naturale radioattivo che appartiene alla famiglia dei gas nobili. Se inalato o ingerito, in quantità, può essere molto pericoloso per la salute umana poiché le particelle di decadimento emesse vanno a danneggiare il DNA delle cellule colpite e causare malattie al polmonari, se inalato, e altre patologie da esposizione ad agenti radioattivi, se ingerito.



La quantità di radon che si forma nelle rocce e nel suolo dipende strettamente dal loro contenuto di **uranio e radio**.

Da un punto di vista geologico, la distribuzione di uranio e radio nel suolo varia in funzione del tipo di roccia o di terreno, ma anche in base al luogo ed allo stato fisico dell'ammasso roccioso.

In genere la concentrazione di uranio e radio nelle rocce è compresa tra 0,5 e 5 mg/kg, ma localmente è possibile riscontrare anche valori più elevati.

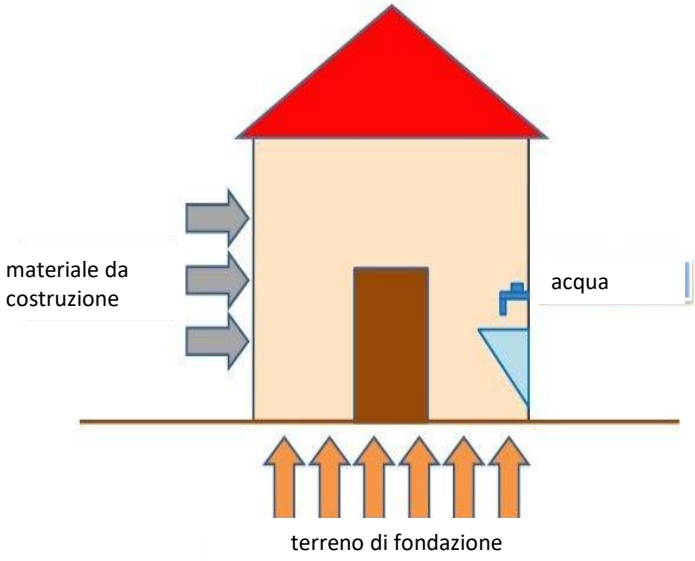
RADON E GEOLOGIA

Le **principali fonti di inquinamento da Radon** all'interno degli ambienti confinati sono:

• il suolo: il radon proviene principalmente dal terreno, attraverso cui si propaga e risale verso la superficie.

• i materiali da costruzione: solitamente rappresentano una fonte di radon indoor di secondaria importanza ma alcune rocce (p. es. **graniti** e **porfidi)**, usati in edilizia e alcuni materiali da costruzione (**tufo** e **pozzolana)**, possono avere concentrazioni mediamente elevate.

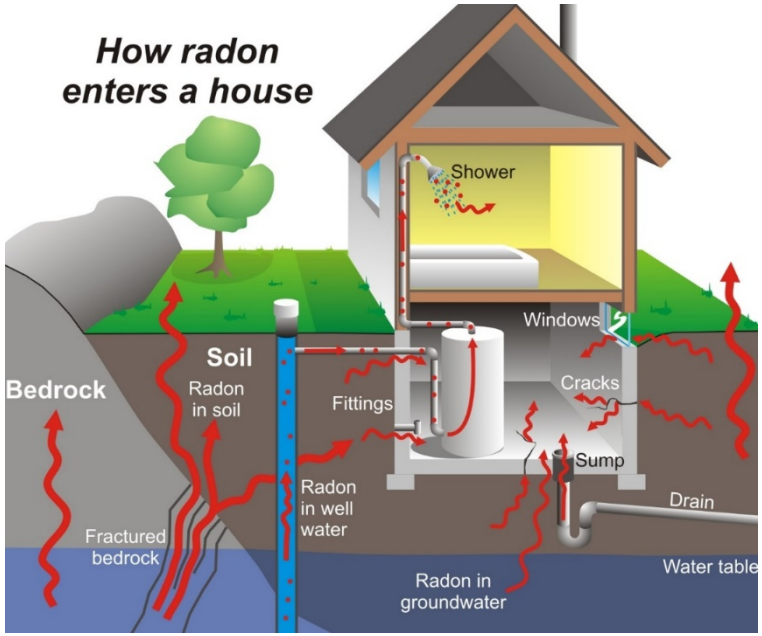
• l'acqua: il radon in quanto gas inerte, si discioglie facilmente nell'acqua che scorre o permea il sottosuolo e, considerato che impiega diversi giorni prima di decadere, può percorrere anche lunghe distanze.



RADON in ACQUA E GEOLOGIA

In generale, il trattamento, lo stoccaggio e la distribuzione delle acque potabili, favoriscono il degassamento del Radon.

Ma ci sono alcune situazioni, come l'utilizzo diretto di acque sorgive o di acqua di pozzo, dove la concentrazione di Radon non può essere trascurata.



Il ^{222}Rn è responsabile di quasi il 100% della radioattività naturale presente alla sorgenti.

I tempi di dimezzamento del ^{222}Rn (3,86 giorni) indicano che occorrono almeno 20 giorni di stoccaggio per raggiungere concentrazioni di radon trascurabili.

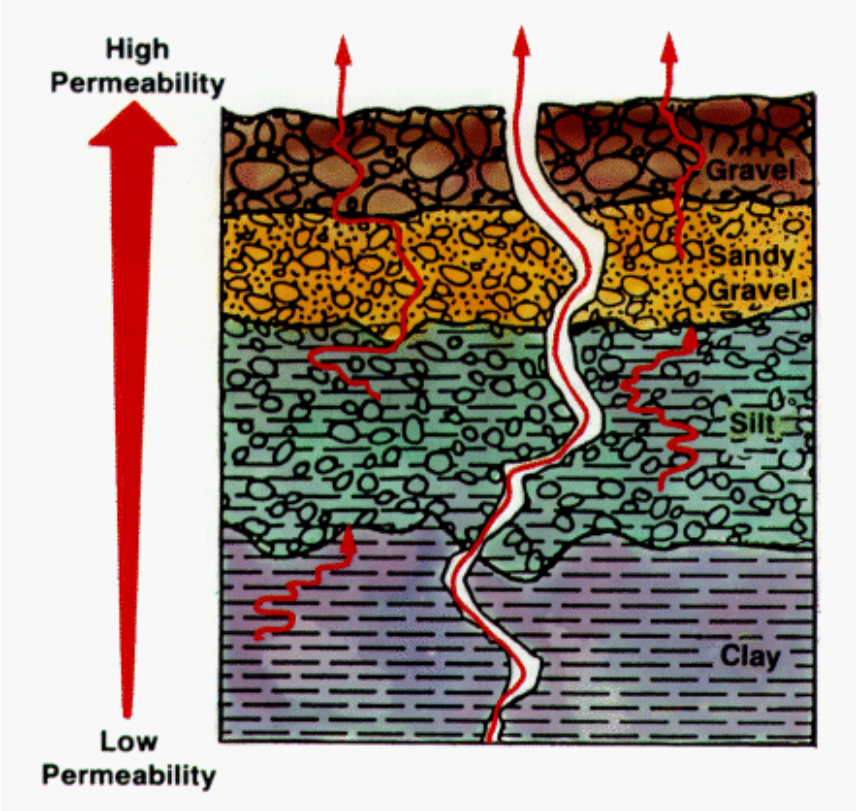
RADON in ACQUA E GEOLOGIA

Il movimento del radon nel sottosuolo è fondamentalmente legato alle condizioni fisiche del sistema gas-acqua-roccia.

I processi che determinano la migrazione del radon nel suolo sono essenzialmente tre: la diffusione, la convezione e il trasporto da parte di un fluido, sia esso un gas o un liquido.

La diffusione e la convezione consentono lo spostamento del radon su distanze dell'ordine di grandezza dei centimetri o dei metri, al contrario, il trasporto da parte di un fluido può determinare migrazioni anche per distanze considerevoli.

Nel sottosuolo raramente i processi di trasporto agiscono separatamente per cui lo spostamento del gas radioattivo, nelle acque di falda, è imputabile generalmente all'azione combinata più processi.



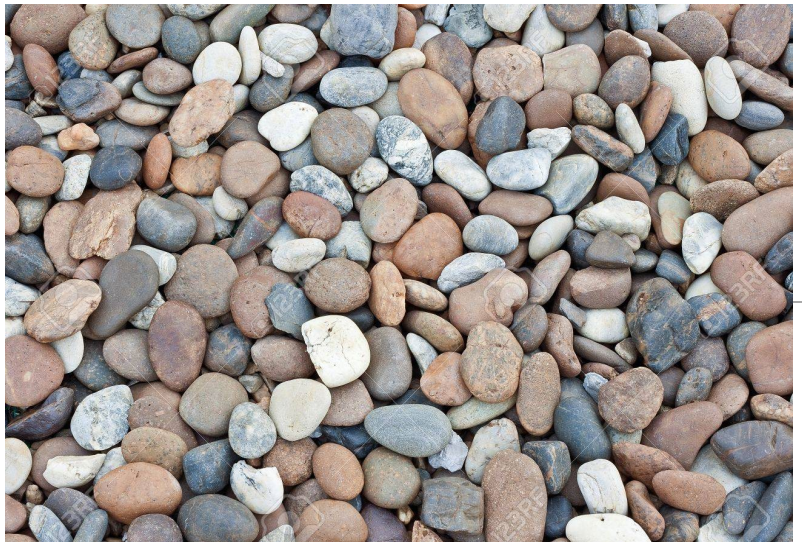
In funzione delle **permeabilità**, dello **spessore** e della c**omposizione delle rocce**, i processi di migrazione del radon dal sottosuolo all'atmosfera, possono essere mitigati generando un "**confinamento litostatico**" o enfatizzati generando una maggiore diffusione.

Caratteristiche geologiche e flussi di Radon dal sottosuolo: permeabilità

La mobilità del radon è legata alla permeabilità del suolo:

- un terreno **ghiaioso o ricco di fessurazioni** consentirà al gas Radon di muoversi con facilità attraverso gli strati rocciosi;

- orizzonti **argillosi** presenteranno, invece, una maggiore resistenza al passaggio del gas.



ghiaia

argilla

https://www.radon.it/it/come-la-geologia-locale-condiziona-i-flussi-di-gas-radon-dal-suolo/

Caratteristiche geologiche e flussi di Radon dal sottosuolo: faglie e fratture

Con il termine frattura (diaclasi) si indica una spaccatura di un corpo roccioso, dovuta a cause diverse (per es. gelo disgelo).
Si definisce faglia una profonde spaccatura del terreno lungo la quale avviene uno spostamento relativo fra i due blocchi contrapposti.

Faglie e fratture sono vie preferenziali per la risalita del radon.

Le faglie rappresentano un triplice pericolo per le popolazioni: generano terremoti, fratturano il suolo ed **emanano gas radon**.

Caratteristiche geologiche e flussi di Radon dal sottosuolo: contenuto di Uranio

La quantità di radon che si forma nelle rocce e nel suolo dipende prevalentemente dal loro contenuto di **uranio**.

Tabella 2.I. contenuto di ^{238}U in diversi tipi di rocce.

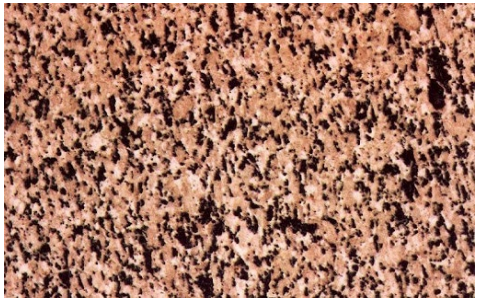
Tipo di roccia	^{238}U (Bq/Kg)
Calcari	27
Rocce carbonatiche	26
Arenarie	18
Granito	59
Basalto	11
Sieniti	100

calcare

arenaria

granito

basalto

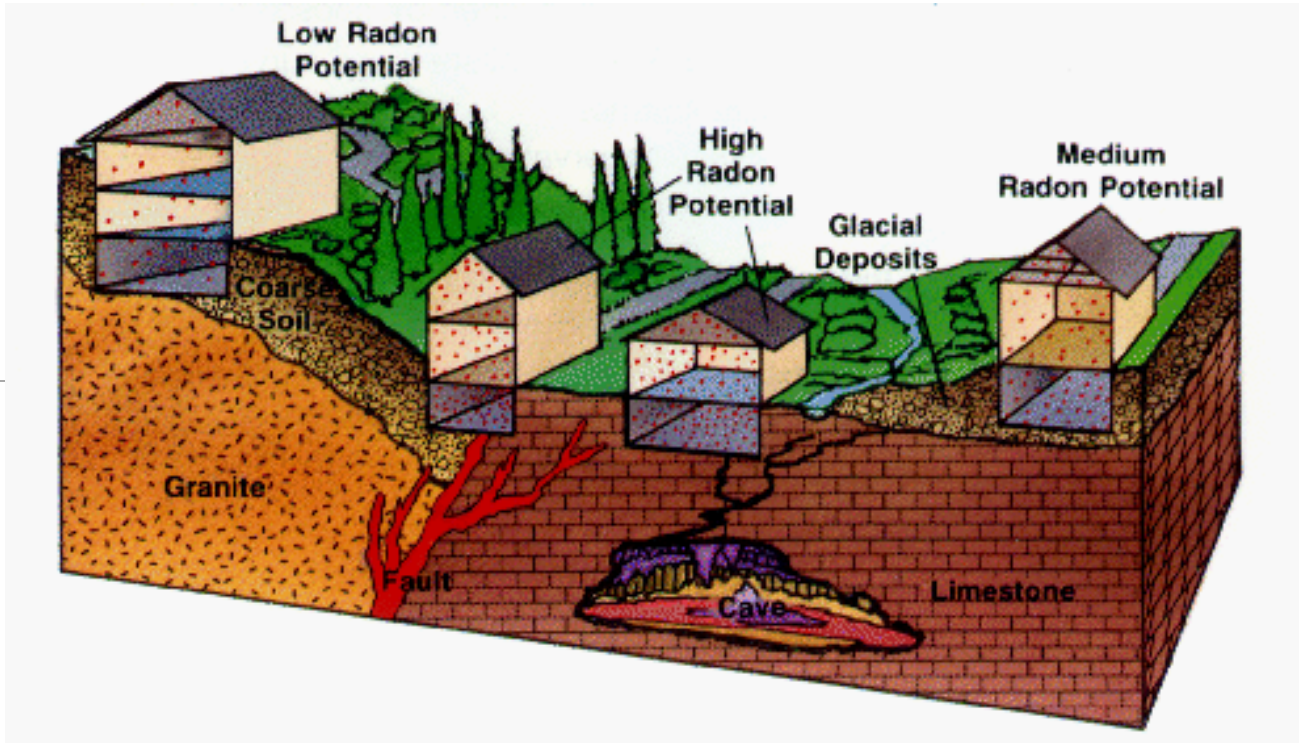


sienite

Caratteristiche geologiche e flussi di Radon dal sottosuolo

Le unità di roccia possono, quindi, essere

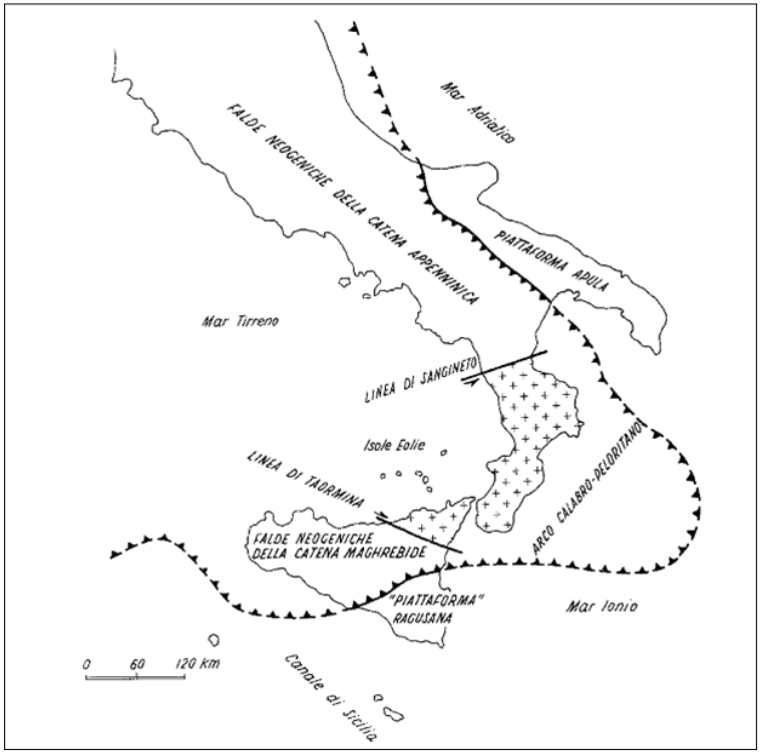
- **sorgente diretta** di Radon (es. se contenenti elementi radioattivi), oppure
- **veicolo di trasporto** del gas verso la superficie in funzione del loro stato di fratturazione, permeabilità e/o porosità.



Caratteri Geologici-Evolutivi della Calabria

Il territorio Calabrese appartiene al dominio geologico dell'Arco Calabro Peloritano separato a nord dalla linea di San Gineto e a sud dalla linea di Taormina.

Si è stato originato dalla collisione continentale tra la placca europea e la placca africana. Le fasi compressive di tale collisone, una Cretaceo-Paleogenica e l'altra Neogenica, hanno generato due catene montuose ad opposta vergenza (Amodio & Morelli et al., 1976) (cfr fig.3):



la **Catena Alpina,** Europa-vergente costituita da falde ofiolitiche e metamorfiche,

e la **Catena Appenninica,** Africa-vergente, costituita da coltri sedimentarie.

L'arco calabro è stato interpretato come un frammento di **catena alpina** sovrascorso sulla **catena appeninica** (Amodio & Morelli et al., 1976).

Caratteri Geologici-Evolutivi della Calabria

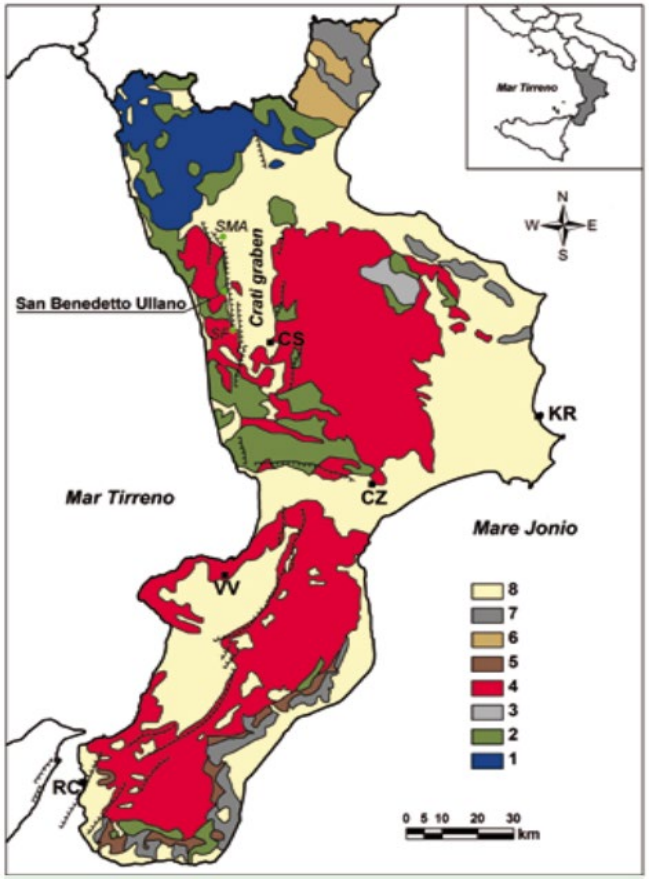
L'azione compressiva delle forze geodinamiche in cui è rimasta coinvolta l'area mediterranea, insieme ai processi di degradazione chimico-fisico superficiale, hanno deformato e modellato le rocce piegandole, fratturandole e sovrapponendole le une alle altre dando origine a una varietà di ambienti unici e caratteristici e estremamente variegati dal punto di vista geologico.

Molto schematicamente il settore settentrionale è costituito essenzialmente da:

1) rocce carbonatiche di età mesozoica appartenenti alla catena appenninica e affioranti all'interno di finestre tettoniche;
2) rocce metamorfiche di basso grado di derivazione alpina;
3) rocce derivanti da un basamento cristallino-metamorfico di età ercinica, localmente ricoperte da coltri sedimentarie.

Mentre il settore meridionale è costituito da:

1) rocce granitiche e metamorfiche, con locali coperture sedimentarie di età meso-cenozoica.



principa-
li complessi litologici della Calabria (da Sorriso-Valvo, 1993, mod.). Legenda: 1) unità carbonatiche; 2) unità metamorfiche di grado da molto basso a basso, a tratti con ofioliti; 3) sequenze sedimentarie tipo flysch; 4) unità metamorfiche di grado da intermedio ad alto, e rocce intrusive; 5) depositi torbiditici, prevalentemente a grana grossa; 6) falde flyschioidi, in prevalenza marnoso-argillose; 7) falde flyschioidi, a struttura caotica; 8) unità sedimentarie autoctone;

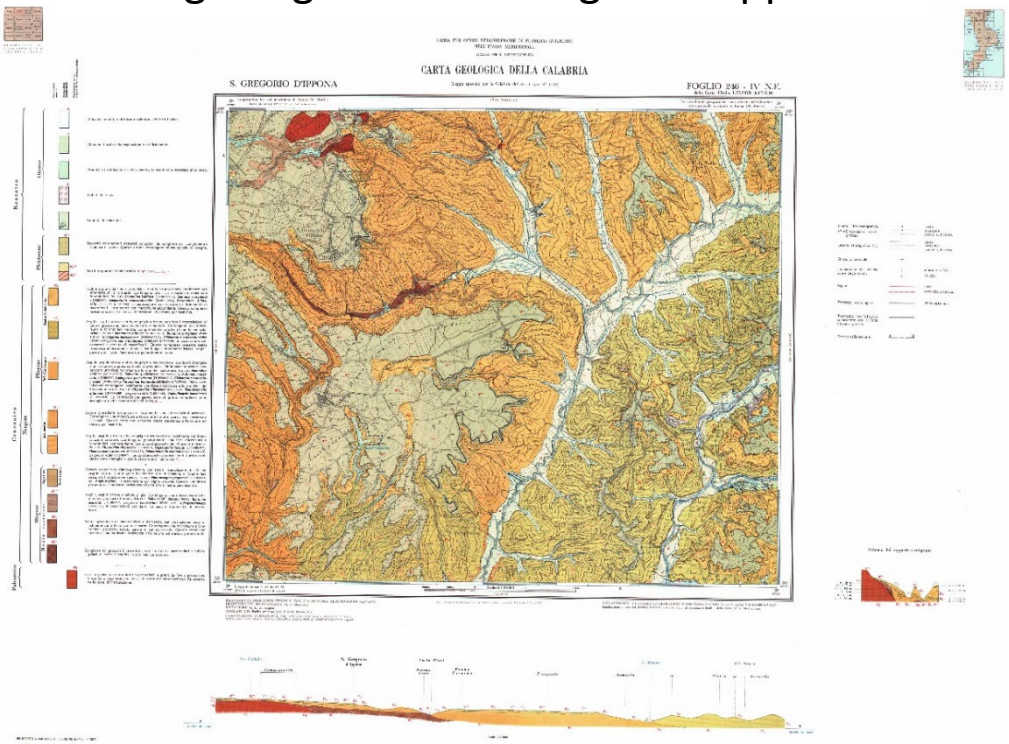
Caratteristiche geologiche dell'area di studio: San Gregorio d'Ippona

Il territorio di San Gregorio d'Ippona rientra nei domini geologici del promontorio di Capo Vaticano.

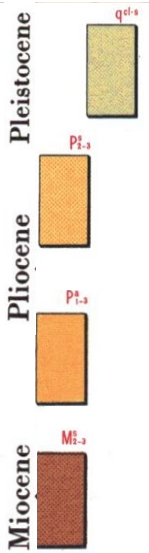
Esso è una struttura ad horst delimitata e smembrata a gradoni da sistemi di faglie contrapposti.

Affiorano sedimenti silicoclastici-carbonatici neogenici, poggianti in discordanza su un basamento cristallino caratterizzato essenzialmente da rocce di natura granitoide e gneissica di età ercinica.

Carta geologica di San Gregorio d'Ippona



Caratteristiche geologiche dell'area di studio: San Gregorio d'Ippona

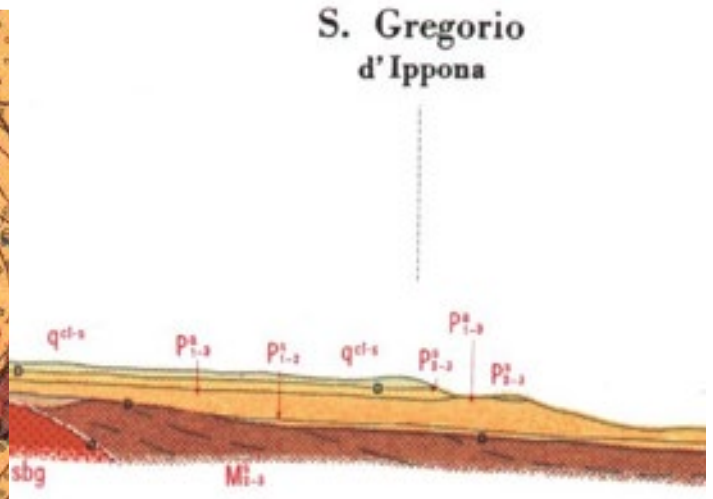


Depositi continentali rossastri composti da conglomerati, conglomerati sabbiosi e sabbie. Queste ultime contengono talora spicole di spugne.

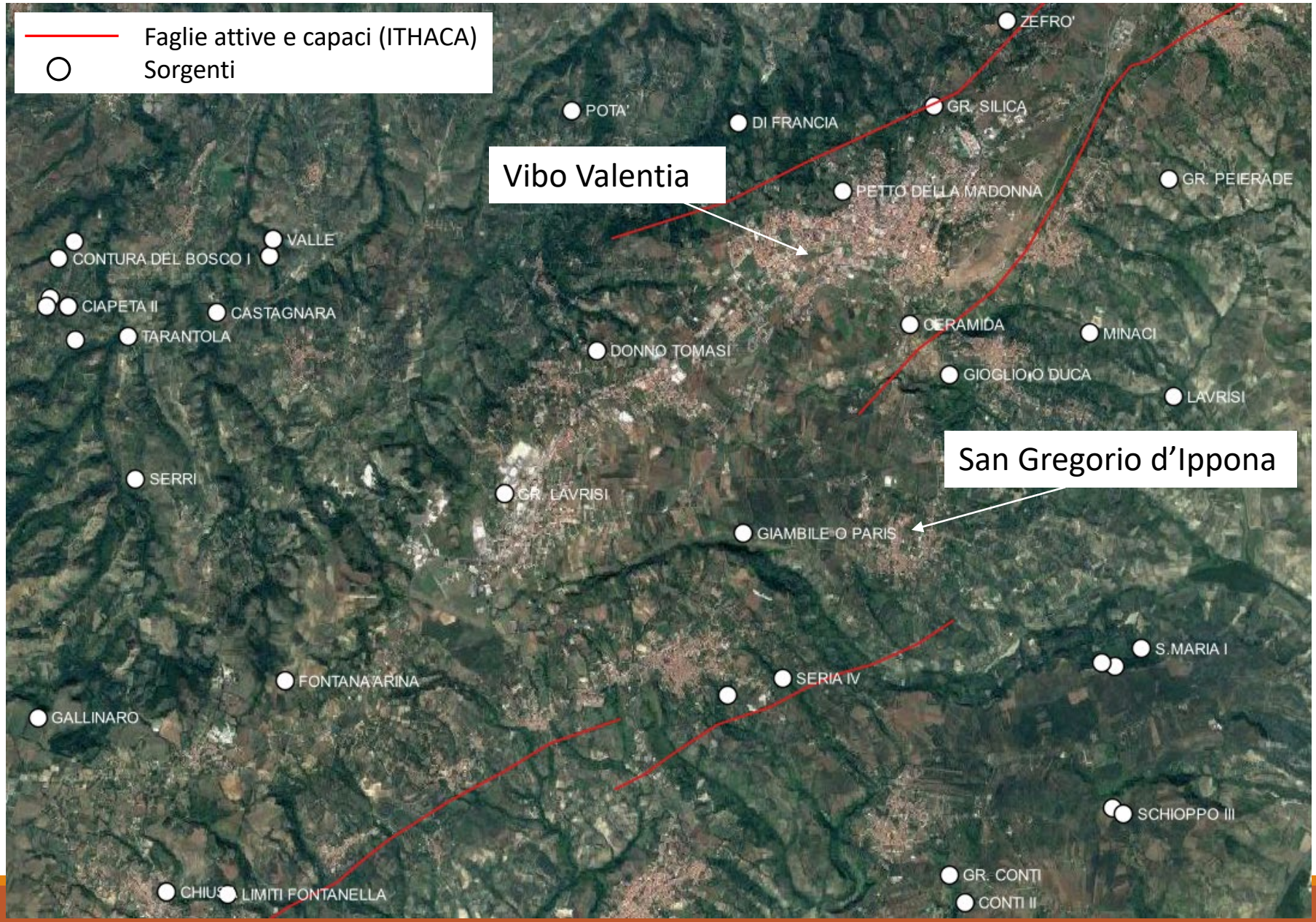
Sabbie a grana da fine a grossolana, e silts, bruno-chiare, localmente con intercalazioni di arenarie. Contengono una ricca e variata microfauna a foraminiferi, fra cui: ***Anomalina balthica*** (SCHROETER), ***Bulimina marginata*** d'ORBIGNY, ***Globorotalia truncatulinoides*** (d'ORBIGNY), ***Paromalina bilateralis*** LOEBLICH & TAPPAN; in associazione con ostracodi e frammenti di macrofossili. Localmente con macrofauna abbondante. Questo complesso presenta scarsa resistenza all'erosione ed elevata permeabilità.

Argille, argille siltose e silts, da grigie a bruno-chiare, con locali intercalazioni di sabbie a grana da media a grossolana. Nella parte superiore con-

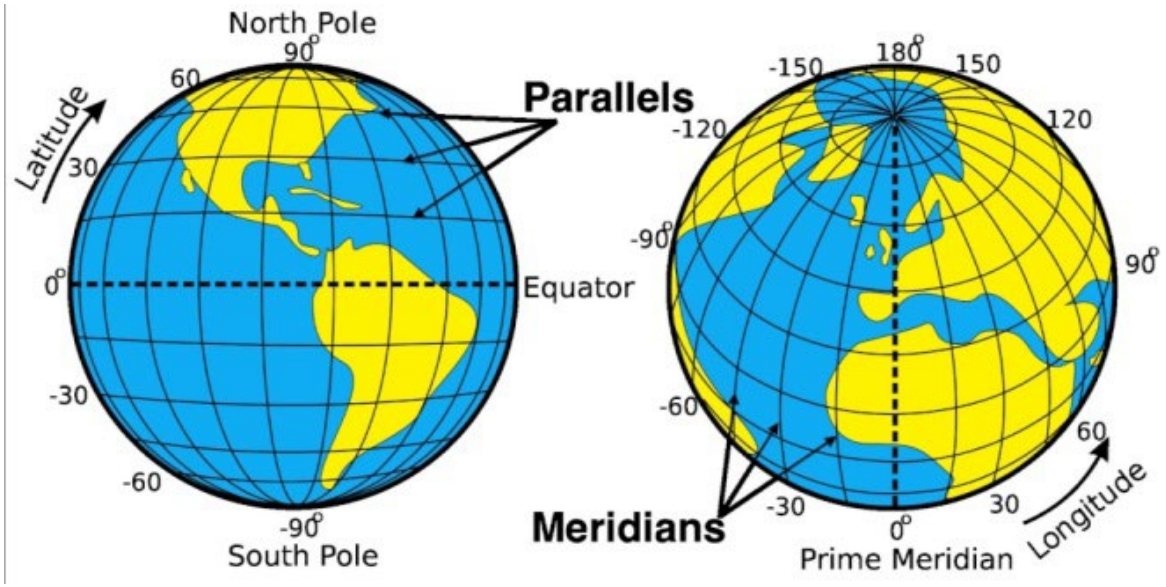
Sabbie grossolane da bruno-chiare a biancastre, ben costipate ed occasionalmente con intercalazioni arenacee. Contengono una microfauna a foraminiferi piuttosto scarsa, banale e mal conservata. Questo complesso presenta una moderata resistenza all'erosione ed elevata permeabilità.



Caratteristiche geologiche dell'area di studio: San Gregorio d'Ippona



Domande?



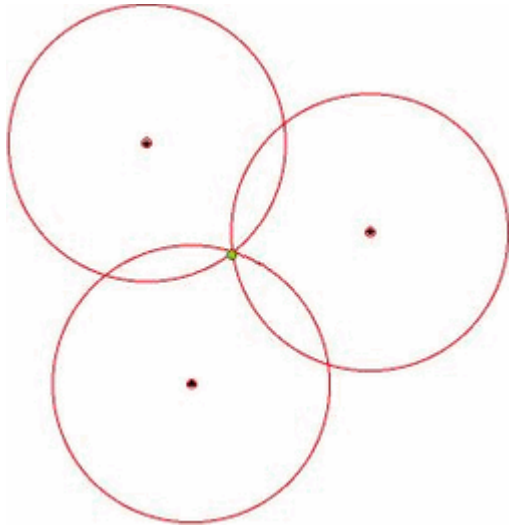
SISTEMI DI RIFERIMENTO

La geolocalizzazione

La geolocalizzazione consente l'identificazione della posizione geografica di un qualsiasi oggetto presente sulla superficie terrestre (persone, oggetti, dispositivi, ecc.,) sia esso statico che in movimento.

Generalmente si utilizza il "Global Positioning System" (meglio noto con la sigla GPS), un dispositivo elettronico che riceve il segnale satellitare.

Tecnicamente quello che si trova nei nostri smartphone è il "ricevitore". Questo deve agganciare almeno tre satelliti, sulla base della distanza (Velocità x Tempo) da ognuno di essi e, tramite la triangolazione (intersezione di tre cerchi aventi raggio pari alla distanza del nostro punto dal punto di riferimento) è in grado di definire la posizione.



Chiaramente l'accuratezza dipende da vari fattori, tra cui la qualità dei sensori GPS, la qualità del segnale satellitare, l'assenza di ostacoli (nubi, pareti, ecc.).

La geolocalizzazione

Individuata la posizione dell'oggetto al suolo il GPS ci restituisce le coordinate.

Ma cosa sono le coordinate?

La posizione dei punti della superficie terrestre viene determinata in relazione ad un sistema geodetico di riferimento (o datum) sul quale viene definito un opportuno sistema di coordinate.

DATUM

La superficie del pianeta Terra è piuttosto irregolare per via delle montagne, delle depressioni e dello schiacciamento dei poli.

La superficie terrestre può essere rappresentata da due superfici “di base”: il *geoide* e l’*ellissoide*.

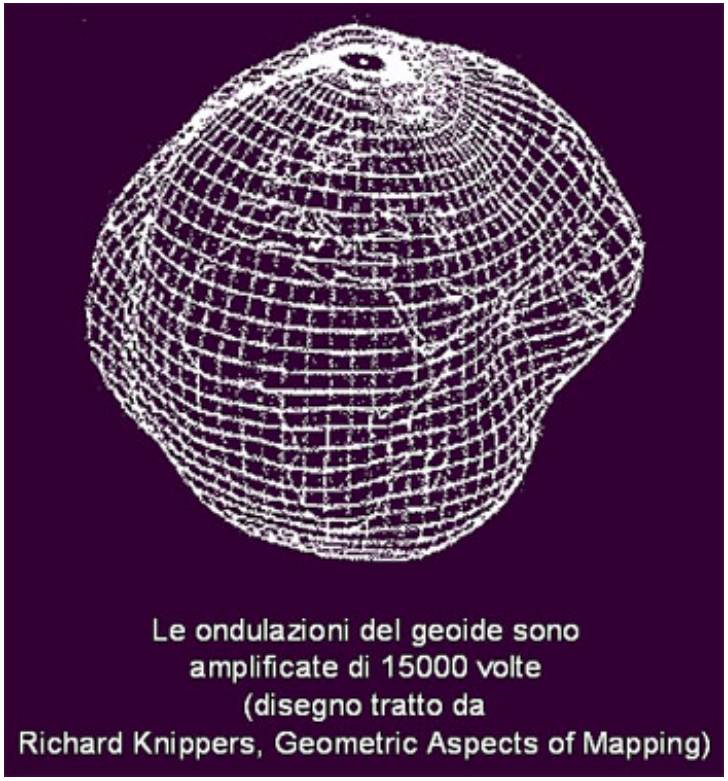
Per descrivere l’esatta posizione di un punto sulla superficie terreste ci si riferisce, pertanto, a modelli geometrici che possano essere trattati matematicamente.

DATUM

Il geoide è definito come una superficie equipotenziale del campo gravitazionale terrestre, coincidente con il livello medio del mare: a livello intuitivo, è un modello approssimabile alla superficie che si otterrebbe prolungando sotto le terre emerse la **superficie media del mare.**

La forma del geoide dipende dalla distribuzione irregolare delle masse all'interno della Terra, segue, con depressioni e rigonfiamenti, le depressioni e i rigonfiamenti della superficie fisica della Terra, anche se in modo meno accentuato. Si tratta di una superficie che a causa della sua complessità, **non può essere descritta da un'equazione matematica**

Per questo motivo, ai fini cartografici, si ricorre ad una sua approssimazione per mezzo di una forma matematica: l'**ellissoide**.



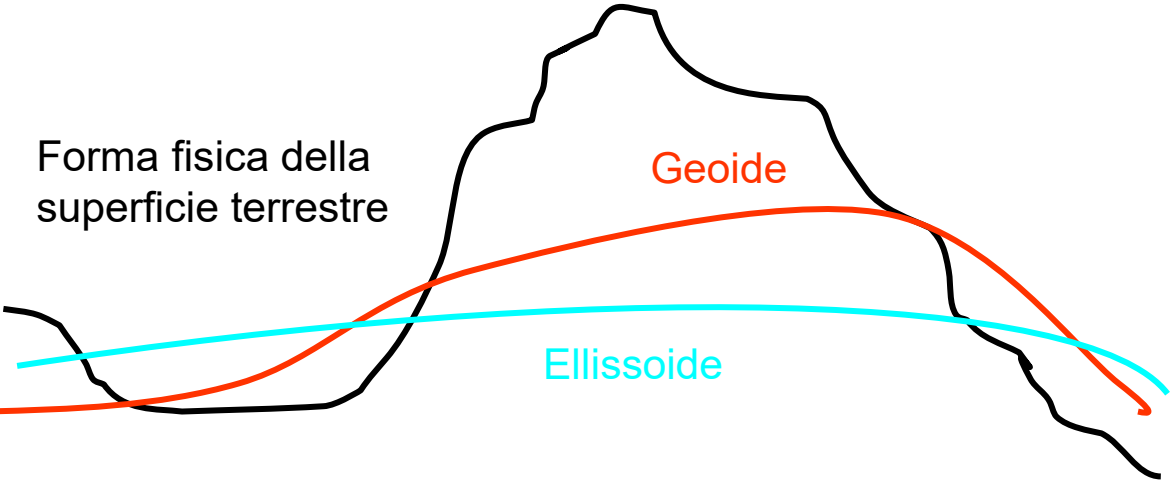
Le ondulazioni del geoide sono amplificate di 15000 volte (disegno tratto da Richard Knippers, Geometric Aspects of Mapping)

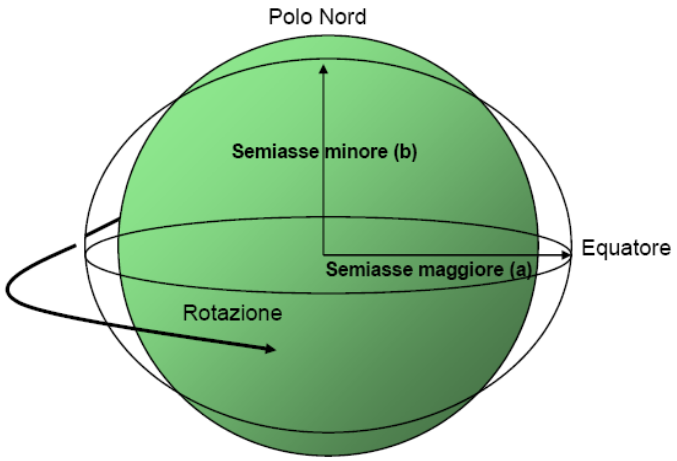
DATUM

L'ellissoide, generato dalla rotazione di un'ellisse attorno al semiasse minore della terra, è un modello matematico che approssima e semplifica la forma del geoide.

il **Semiasse minore (b)** semiasse corrisponde al raggio polare ed è parallelo all'asse di rotazione terrestre, mentre **il Semiasse maggiore(a)** corrisponde al raggio Equatoriale.

L'**ellissoide** risulta essere una superficie trattabile matematicamente e rispetto alla quale può essere determinata la posizione planimetrica di qualsiasi punto, ovvero i valori delle coordinate "x" ed "y".





SISTEMI DI COORDINATE

I valori “x” ed “y” che identificano la posizione del punto sull’ellissoide di riferimento sono riferiti ad un **sistema di coordinate** che prende il nome di reticolato geografico. Distinguiamo:

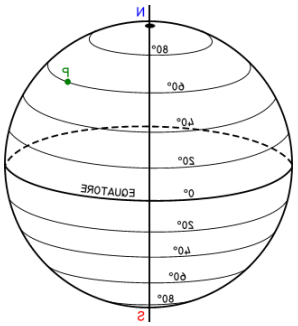
Coordinate geografiche: l’ubicazione sulla superficie terrestre è espressa in gradi (latitudine e longitudine).

Coordinate geocentriche: Sistema di coordinate tridimensionale (utilizzato dai GPS) la cui origine è posta in corrispondenza del centro della terra e contenente tre assi perpendicolari tra di loro. L’asse z coincide con l’asse di rotazione terrestre, l’asse x giace sul piano equatoriale passando per il meridiano di Greenwich, l’asse y giace sempre sul piano equatoriale perpendicolarmente all’asse x a formare un sistema destrorso.

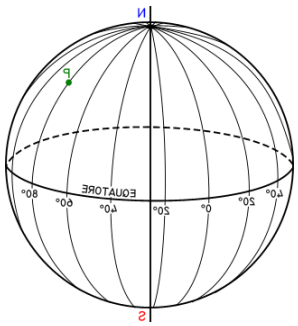
Coordinate piane o cartografiche: Le coordinate dei punti sono proiettate su una superficie piatta bidimensionale e calcolate rispetto a due assi ortogonali in funzione della distanza da una origine comune (0,0): un asse orizzontale (x) che rappresenta la direzione Est-Ovest, e un asse verticale (y) che rappresenta la direzione Nord-Sud. Il sistema è basato su un sistema di coordinate geografiche che, a sua volta, è agganciato ad un ellisoide di riferimento.

COORDINATE GEOGRAFICHE

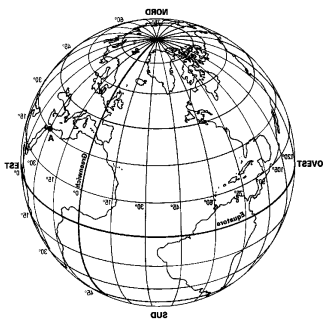
Le coordinate vengono calcolate sulla base di meridiani e paralleli. Meridiani e paralleli sono infiniti, convenzionalmente si usa prendere in considerazioni quelli che distano un grado l'uno dall'altro, e sono detti meridiani di grado (360) e paralleli di grado (178). Lo spazio compreso tra due meridiani consecutivi è detto **fuso** mentre lo spazio compreso tra due paralleli consecutivi è detta **fascia.**



paralleli



meridiani

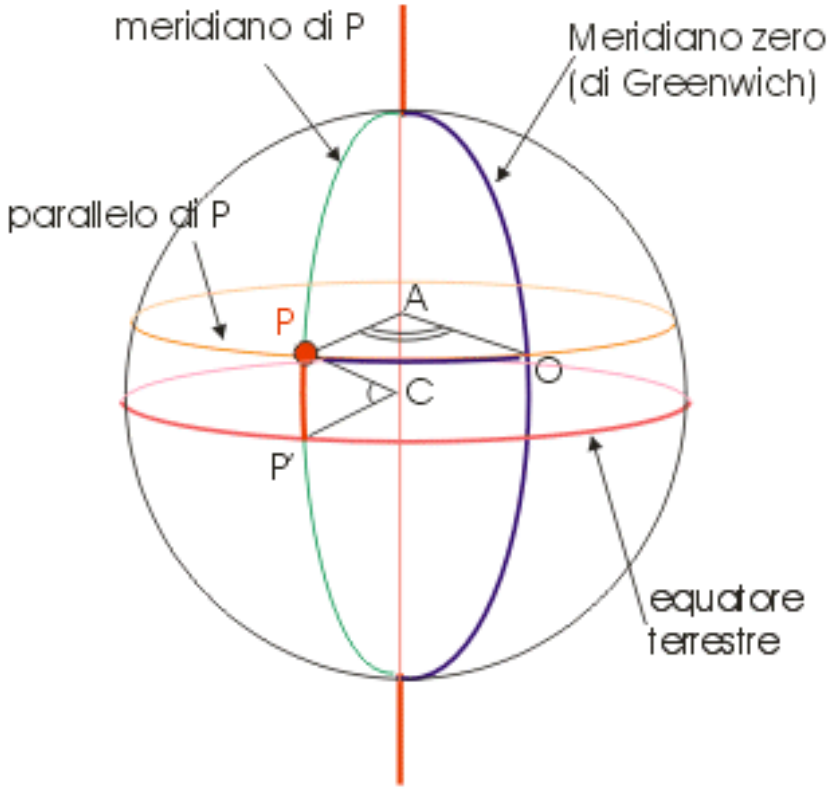


reticolato geografico

I **paralleli** sono i circoli formati dall'intersezione tra qualunque piano parallelo all'equatore con la superficie terrestre e sono tanto più piccoli quanto maggiore è la loro distanza dall'equatore.

Per **meridiano** si intende la semicirconferenza compresa tra i due poli. Ogni meridiano ha un suo **antimeridiano** che completa il *circolo meridiano*, dalla parte opposta.
I meridiani sono tutti uguali fra loro.

COORDINATE GEOGRAFICHE



La *longitudine* può essere Est o Ovest a seconda che il punto si trovi a oriente o a occidente del *meridiano fondamentale*. Essa varia da 0° a 180°, in senso positivo verso Ovest e negativo verso Est.

La *latitudine* può essere Nord o Sud a seconda se siamo a nord o a sud dell'equatore.

La **longitudine** geografica (l) è la distanza angolare (A) di un punto dal *meridiano fondamentale (o di Greenwich)*, misurata sull'arco di *parallelo* che passa per quel punto: è l'angolo compreso tra il piano del *meridiano del punto* e il piano del *meridiano fondamentale (OAP)*.

La **latitudine** geografica (f) è la distanza angolare di un punto dall'equatore (C) misurata lungo il meridiano che passa per quel punto. Di fatto corrisponde all'angolo compreso tra la verticale del luogo e il piano dell'*equatore (P'CP)*.

Unità di misura delle COORDINATE GEOGRAFICHE

Latitudine e longitudine sono grandezze angolari e come tali sono misurate in gradi.
Per scrivere i gradi si possono utilizzare diversi formati: quello più diffuso è il *grado sessagesimale*. In questo sistema un grado (1°) è diviso in sessanta minuti (60′), e ogni minuto è suddiviso in sessanta secondi (60”).

Gradi minuti secondi (DMS)

Viene espresso tutto in base sessagesimale. Esempio: le coordinate del Colosseo sono
41° 53‘ 24″ N 12° 29‘ 32″ E.
Talvolta, per fornire indicazioni più precise, pur utilizzando la notazione DMS, i secondi vengono espressi in formato decimale. Ad esempio: N 41°53'24.8280 E 12°29'32.0136.

Gradi minuti decimali (DM)

Esempio: le suddette coordinate diventano 41°53.41380', 12°29.53356’

Gradi decimali (DD)

Di solito da 4 a 6 cifre decimali. Esempio: le coordinate diventano 41.8902300°, 12.4922260°.

Notare che l'indicazione degli emisferi N (nord) / S (sud) e E (est) / O (ovest) può essere sostituita dal segno. In particolare, avremo valori negativi per latitudini nell'emisfero sud e longitudini ad ovest del meridiano fondamentale.

LE COORDINATE CARTOGRAFICHE (piane o chilometriche)

Se le coordinate geografiche (latitudine e longitudine) consentono di specificare la corretta posizione di un punto sulla superficie terrestre (ferma restando la modellizzazione della Terra con un opportuno ellissoide), per consentire una rappresentazione sulla carta occorre fare ricorso a **coordinate piane o cartografiche**

Il reticolato geografico, rappresentato dai meridiani e dai paralleli, si trasforma sulla carta in un sistema di linee (reticolato chilometrico), tramite opportune operazioni dette **trasformate dei meridiani e dei paralleli.**

Naturalmente i vari punti, che sull'ellissoide sono determinati mediante le loro coordinate geografiche (latitudine e longitudine) sulla carta saranno determinati mediante **coordinate cartesiane X ed Y**, **l'unità di misura e il metro** e rappresentano la distanza, non più angolare, sempre dal meridiano fondamentale e dal parallelo fondamentale.

PRINCIPALI SISTEMI CARTOGRAFICI UTILIZZATI IN ITALIA

DATUM	Ellissoide di riferimento	proiezione	Sistema di coordinate piane	
ROMA40	Internazionale Hayford	Gauss	Gauss-Boaga	sistema italiano
ED50	Internazionale Hayford	UTM	UTM – ED50	sistema europeo unificato
WGS84	WGS84	UTM	UTM-WGS84	sistema mondiale unificato
ETRF89	GRS80	UTM	UTM	sistema europeo
ETRF2000	GRS80	UTM	UTM	sistema globale

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Valeria Lupiano

v.lupiano@gmail.com

Domande?