



Istituto di Istruzione Superiore

“ Petruccelli - Parisi ”

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

Modulo Interdisciplinare IV° C.A.T. : “ Il terremoto tra Storia, Prevenzione e Previsione”

Modulo Interdisciplinare V° C.A.T. : “Terremoto e Società”

TOPOGRAFIA & GEODESIA:

**MONITORAGGIO DELLE DEFORMAZIONI CROSTALI CON
METODI SATELLITARI GNSS**



Istituto di Istruzione Superiore

" Petruccelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

Programma

- Introduzione
- Definizione di Geodesia, Topografia e Terremoti
- Rappresentazione della Terra
- I Sistemi di Riferimento
- Il GPS per lo Studio delle deformazioni della crosta terrestre



Istituto di Istruzione Superiore

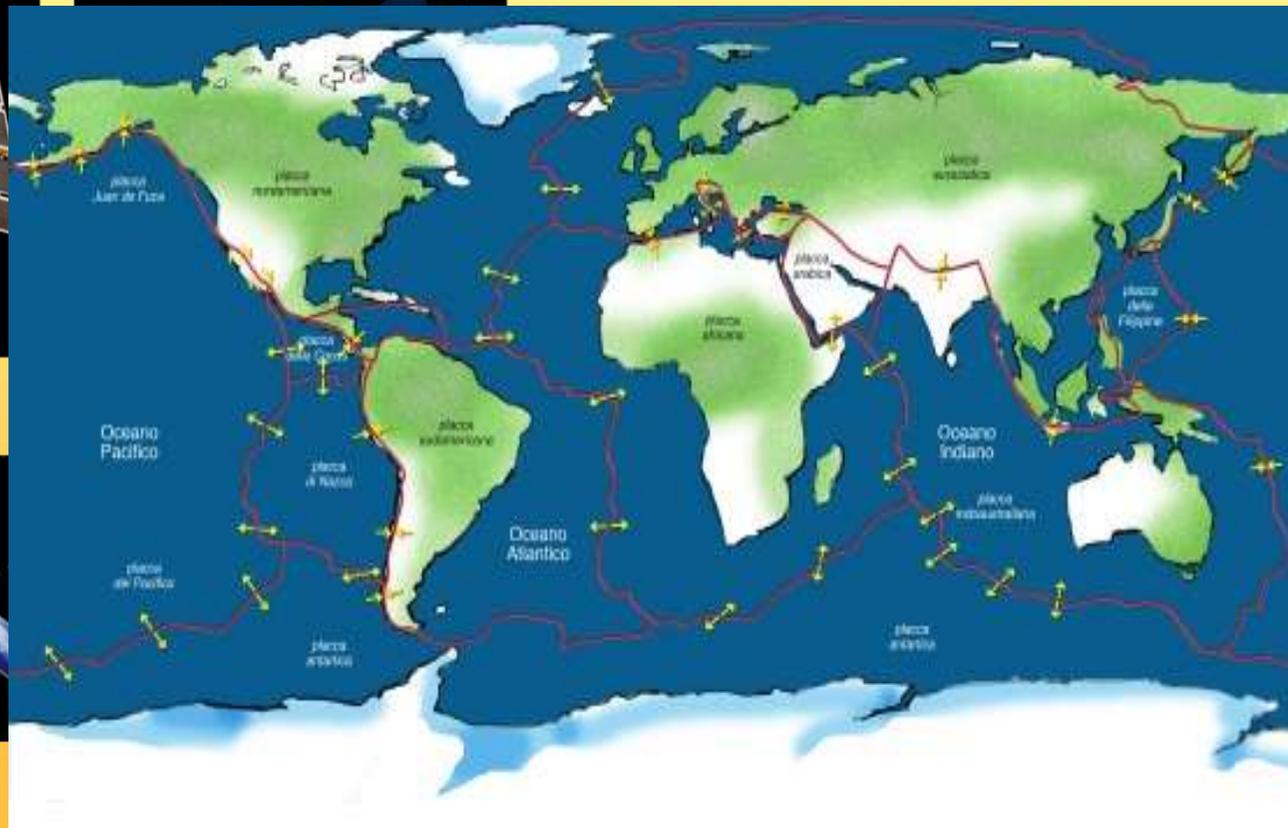
" Petruccelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

Premessa



Globale



Istituto di Istruzione Superiore

" Petruccelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

Definizione di Geodesia, Topografia e Terremoto

Geodesia → Scienza che studia:

- la forma e le dimensioni della Terra;
- i metodi per la determinazione della posizione dei punti sulla superficie della terra e nello spazio esterno
- l'evoluzione nel tempo del campo della gravità sulla superficie della terra e nello spazio esterno

Topografia → Scienza il cui scopo è :

- la determinazione, il rilievo numerico e la rappresentazione metrica dei particolari della superficie fisica della terra (limite tra l'atmosfera e la superficie liquida o solida della terra).

Terremoto → movimento della terra



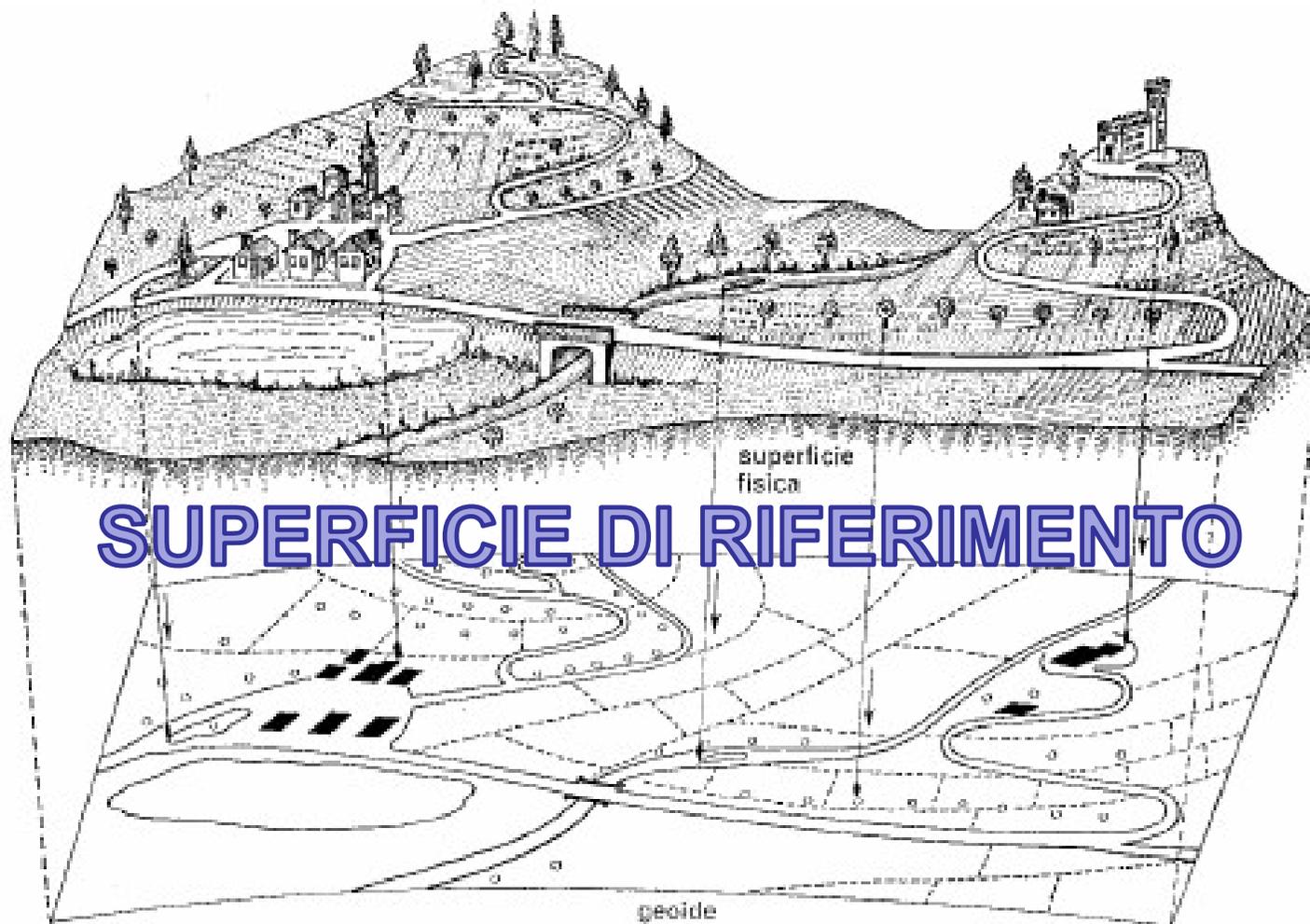
Istituto di Istruzione Superiore

" Petruccelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it





Istituto di Istruzione Superiore

" Petruccelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

COME DEVE ESSERE ????

- sia facilmente identificabile in ogni punto della superficie terrestre;
- approssimi al meglio la forma della Terra;
- sia descrivibile mediante un modello matematico il più semplice possibile

QUALE APPROSSIMA MEGLIO????



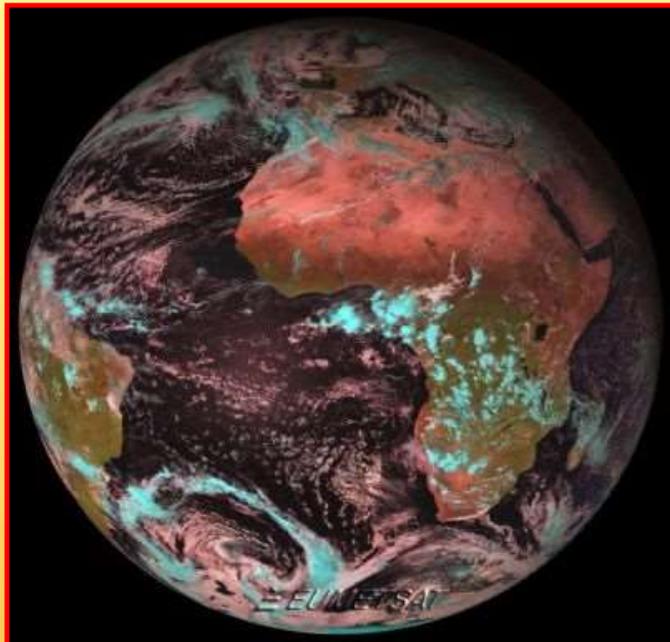
Istituto di Istruzione Superiore

" Petruccelli - Parisi "

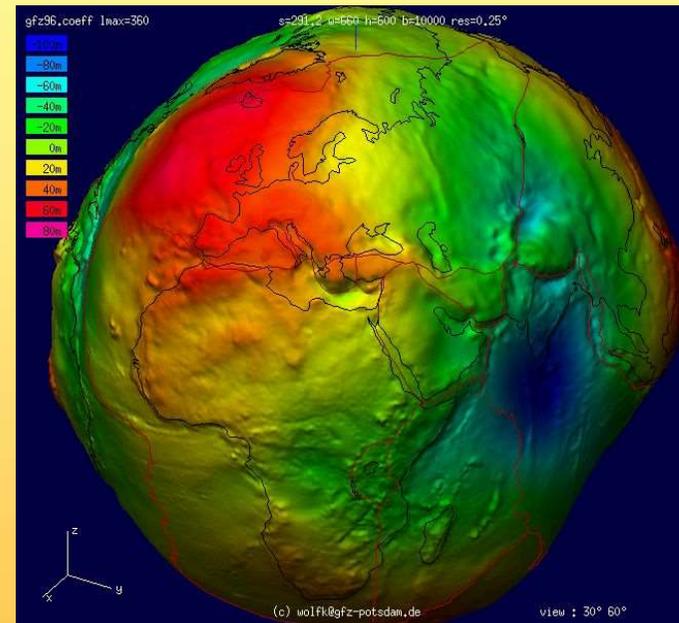
Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it



TERRA



GEOIDE



Istituto di Istruzione Superiore

“ Petruccelli - Parisi ”

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



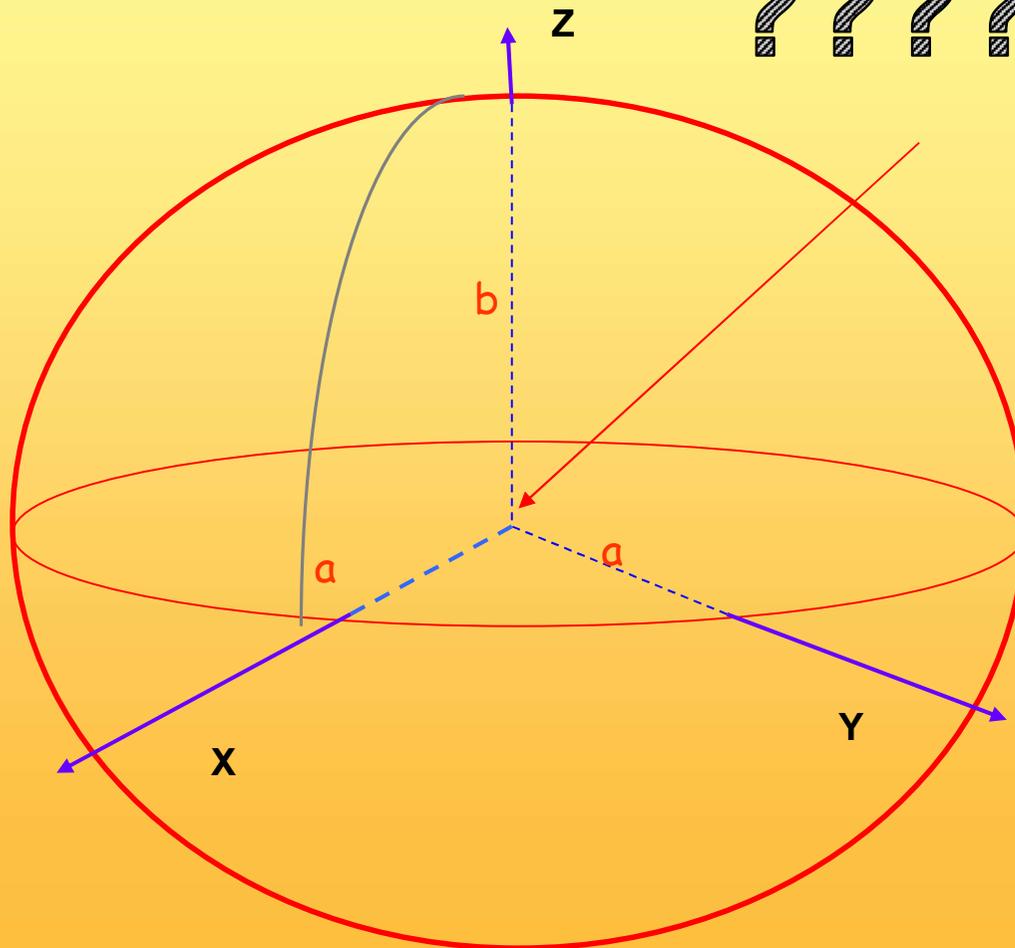
www.iissmoliterno.gov.it

Il geoide è una superficie che gode di alcune proprietà particolari:

- ha un riscontro fisico;
- rispetto a questa superficie è possibile determinare le quote dei punti della superficie fisica della Terra (per questi motivi il geoide fu assunto come superficie di riferimento per l'altimetria)
- Il geoide ha però il problema di non poter essere rappresentato con un'equazione matematica semplice; infatti l'equazione del geoide si ottiene come integrale del vettore *forza di gravità* esteso a tutta la massa terrestre.
- Per risolvere questo integrale occorrerebbe però conoscere con esattezza la densità della massa della Terra in ogni suo punto, ma data la disomogeneità della Terra l'equazione non è risolvibile direttamente (gli attuali modelli di geoide globale) si basano su misure da satellite.



????????



ELLISSOIDE

- L'ellissoide di rotazione è una superficie equipotenziale della gravità;
- è una figura geometrica semplice da descrivere matematicamente;
- è consistente con la forma del pianeta.



Istituto di Istruzione Superiore

" Petruccelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)

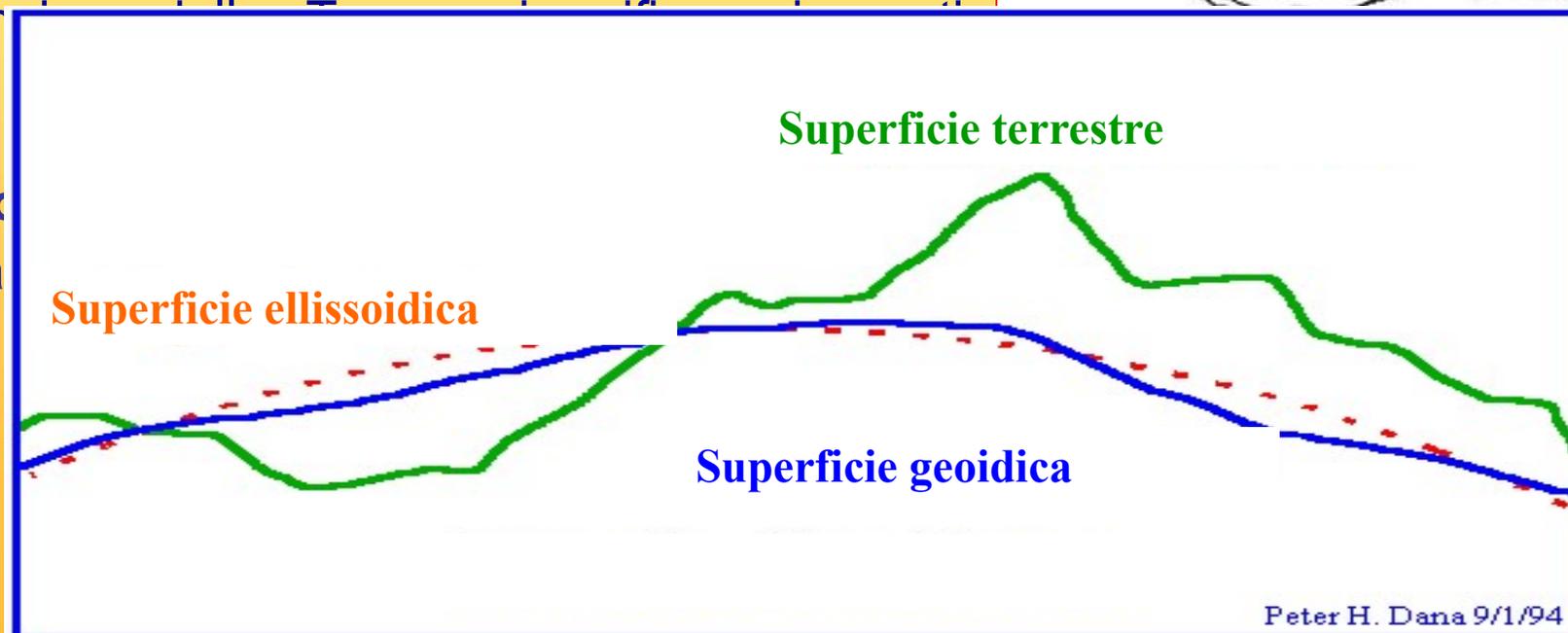
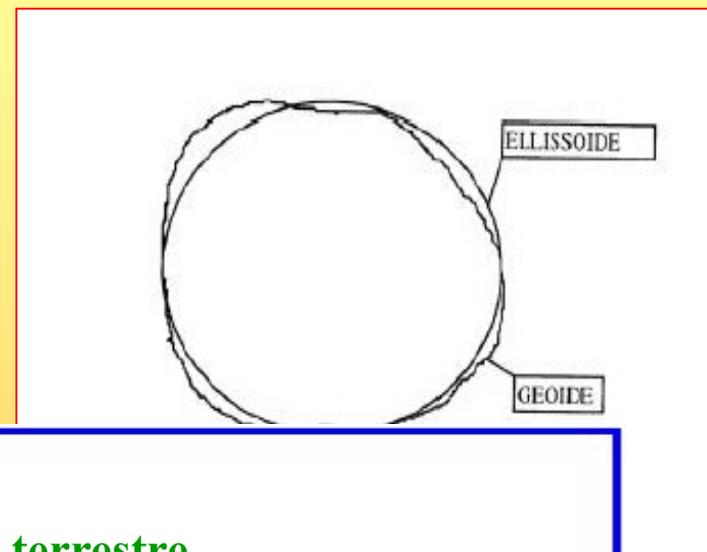


www.iissmoliterno.gov.it

Verifiche sperimentali sui nuovi modelli di ellissoide hanno portato alla conclusione che gli scostamenti massimi che presenta l'ellissoide rispetto al Geoide non superano i 100 metri.

Gli scostamenti sono piccoli rispetto alle dimensioni della Terra. I valori sono molto

I valo
In Ita



Peter H. Dana 9/1/94



Principali ellissoidi di riferimento

Selected Reference Ellipsoids

Ellipse	Semi-Major Axis (meters)	1/Flattening
Airy 1830	6377563.396	299.3249646
Bessel 1841	6377397.155	299.1528128
Clarke 1866	6378206.4	294.9786982
Clarke 1880	6378249.145	293.465
Everest 1830	6377276.345	300.8017
Fischer 1960 (Mercury)	6378166.0	298.3
Fischer 1968	6378150.0	298.3
G R S 1967	6378160.0	298.247167427
G R S 1975	6378140.0	298.257
G R S 1980	6378137.0	298.257222101
Hough 1956	6378270.0	297.0
International	6378388.0	297.0
Krassovsky 1940	6378245.0	298.3
South American 1969	6378160.0	298.25
WGS 60	6378165.0	298.3
WGS 66	6378145.0	298.25
WGS 72	6378135.0	298.26
WGS 84	6378137.0	298.257223563

Peter H. Dana 9/1/94

→ **Cassini - Soldner**

→ **Gauss - Boaga**

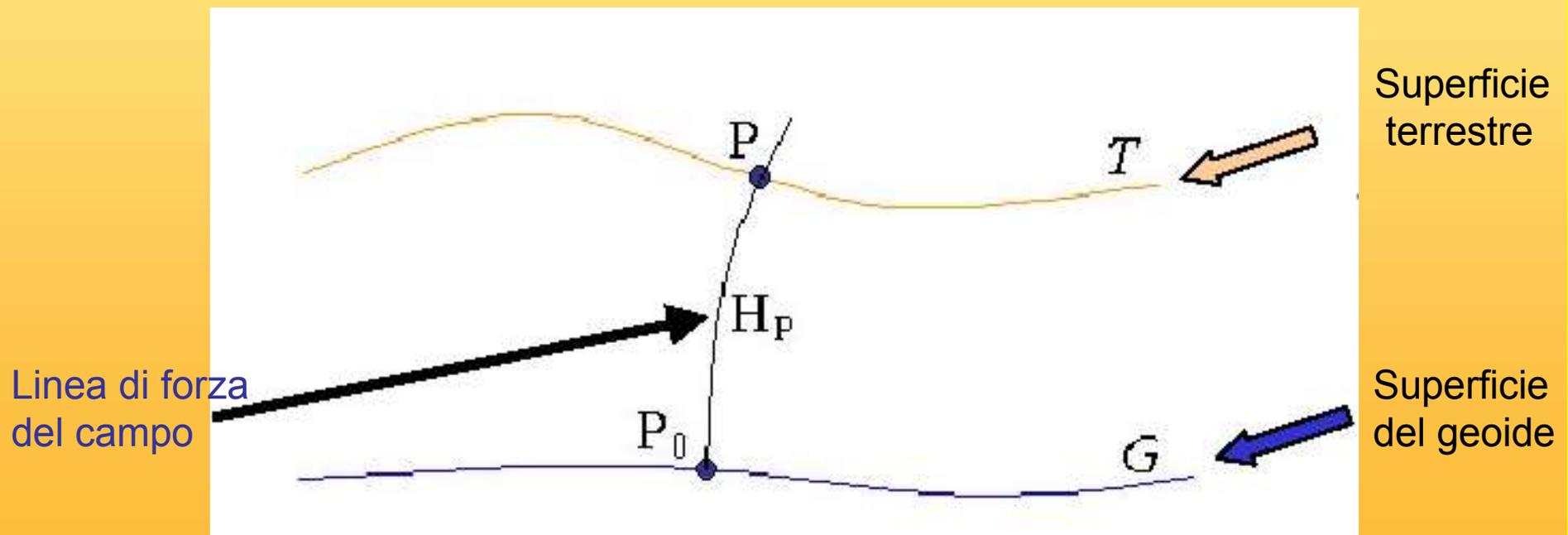
→ **GPS**



Definizione della quota rispetto alla superficie di riferimento (1/3)

Quota ortometrica

Quota ortometrica = distanza HP , misurata su un tratto di linea di forza del campo della gravità, tra un punto P sulla superficie terrestre ed il corrispondente punto P_0 proiettato sul geoide

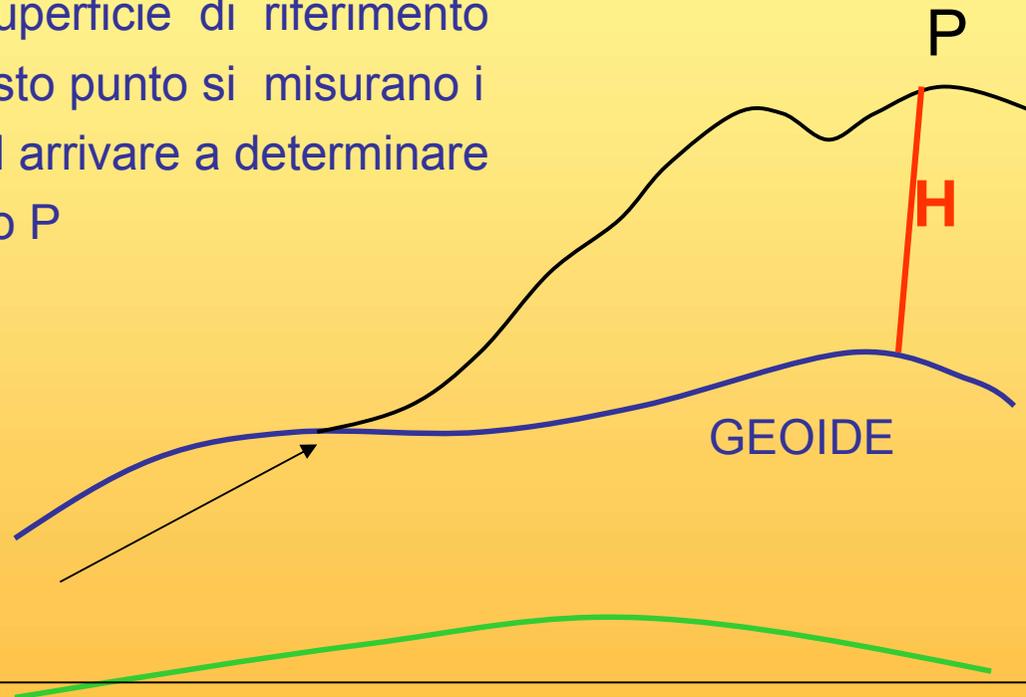




Definizione della quota rispetto alla superficie di riferimento (2/3)

La Quota ortometrica viene misurata, mediante le livellazioni di precisione

Le misure partano da un punto preciso dove è collocato un mareografo⁽¹⁾ (punto che rappresenta la superficie di riferimento geoidica) ed a partire da questo punto si misurano i **dislivelli** (con il livello) sino ad arrivare a determinare la quota ortometrica del punto P



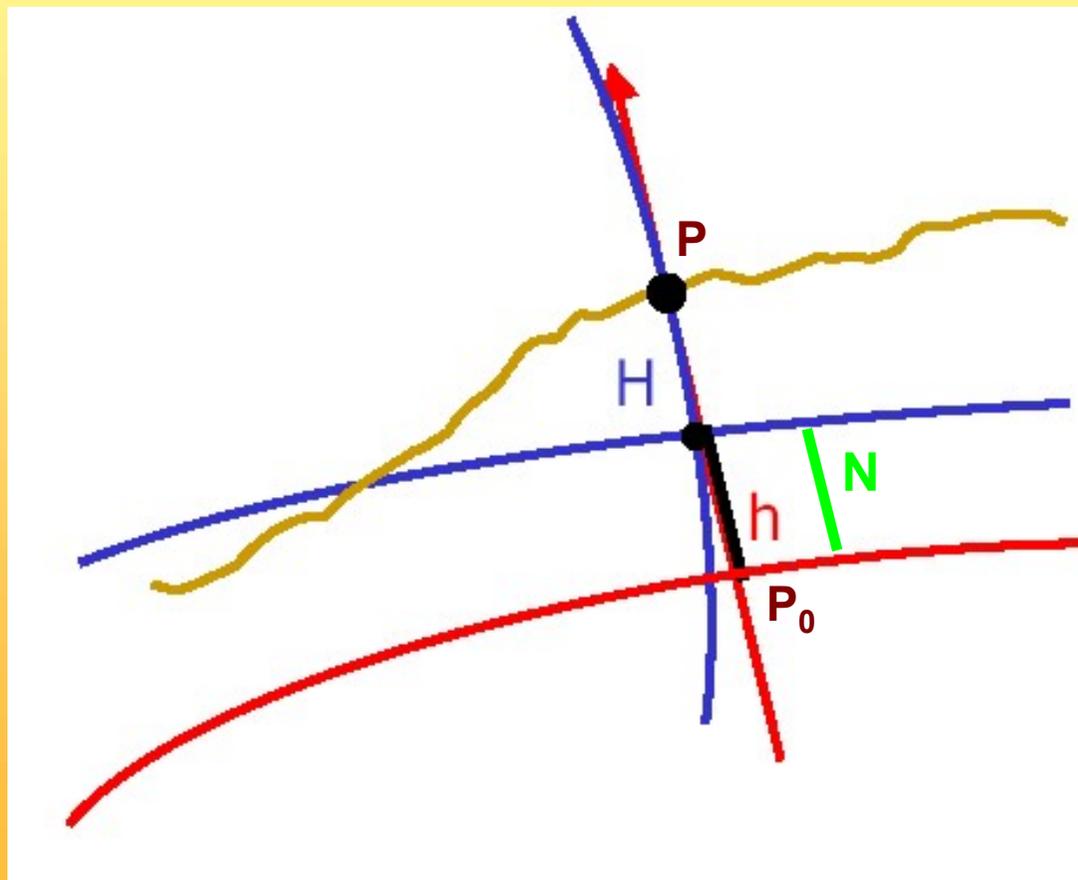
Posizione del Mareografo

(1) Naturalmente lo sviluppo delle misure può partire anche da un qualsiasi caposaldo di cui siano note con precisione φ , λ , ed h



Definizione della quota rispetto alla superficie di riferimento (3/3)

Quota ellissoidica = distanza PoP, misurata tra un punto P sulla superficie terrestre ed il corrispondente punto Po proiettato sull'ellissoide



Superficie terrestre

Superficie del geode

Superficie dell'ellissoide

Vale la relazione $H = h - N$
 N = ondulazione del geode =
altezza del geode rispetto
all'ellissoide



Istituto di Istruzione Superiore

“ Petruccelli - Parisi ”

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

Il problema della quota (1/3)

Per la maggior parte delle applicazioni di ingegneria è necessario conoscere le quote ed i dislivelli ortometrici, (**quote rispetto al geoide**)

Qualunque quota di vertice determinata in Roma40 è ortometrica.

I moderni metodi di rilievo satellitare (es. GPS) forniscono coordinate cartesiane geocentriche (X, Y, Z / WGS84) che possono essere convertite in geodetiche (φ , λ , h), ma la quota (h) rimane una quota ellissoidica: cioè calcolata rispetto all'ellissoide geometrico di riferimento.

Quindi per utilizzare il dato satellitare in applicazioni ingegneristiche si deve trasformare l'informazione da:

quota/dislivello ellissoidici a quota/dislivello ortometrici.



Istituto di Istruzione Superiore

“ Petruccelli - Parisi ”

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

Il problema della quota (2/3)

La differenza fra quote/dislivelli ortometrici ed ellissoidici

NON E' MAI TRASCURABILE ⁽¹⁾

Per esempio di seguito è riportata la differenza di quota ellissoidica (h - WGS84) ed ortometrica (H - ROMA 40) per un punto identificato dalla stazione GPS di Como ($45^{\circ}48' 7.785''$ N, $9^{\circ}5'44.237''$ E WGS84)

$$h_{(m)} = 292.302 \quad H_{(m)} = 245.82 (*) \quad \Delta = 46 \text{ m}$$

La trasformazione di precisione da quote/dislivelli ellissoidici a quote/dislivelli ortometrici si può effettuare solo se si conosce puntualmente lo scostamento fra ellissoide e geoide, ovvero l'ondulazione del geoide (N).

Questa condizione si verifica solo se si dispone di modelli locali del geoide che normalmente sono molto più accurati dei modelli globali.



Il problema della quota (3/3)

Esempio

Sono state rilevate le quote ellissoidiche ITRF di 7 punti di una rete;
sono disponibili per gli stessi punti

le stime di geoide locale e i dislivelli ottenuti da livellazione:

Nella tabella sono riportate, per ciascun punto;
quote ellissoidiche e ondulazione del geoide.

Sono inoltre dati, fra il punto origine e i successivi,
i dislivelli ortometrici desunti da GPS-geoide e i
dislivelli ortometrici misurati da livellazione:
la differenza media è di circa 2 cm.

Punto	$h (m)$	$N (m)$	$\Delta h - \Delta N (m)$	$\Delta H_o (m)$	Diff. (m)
1000	189.949	43.446	-	-	-
2000	188.977	43.436	-0.962	-0.970	-0.008
3000	192.832	43.485	2.844	2.844	0.000
4000	191.888	43.489	1.896	1.907	0.011
5000	188.480	43.424	-1.512	-1.462	-0.050
6000	185.158	43.317	-4.662	-4.680	-0.018
7000	185.107	43.352	-4.728	-4.741	-0.013



Istituto di Istruzione Superiore

" Petrucelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

Sistemi di riferimento



Introduzione ai sistemi di riferimento

Il problema in esame è la **determinare la posizione di punti sulla superficie terrestre** a partire da misure effettuate con apposite strumentazioni.

Più specificamente quello che ci interessa è determinare univocamente la posizione di punti calcolati a partire da misure eseguite:

- in tempi diversi
- in punti diversi della superficie terrestre.

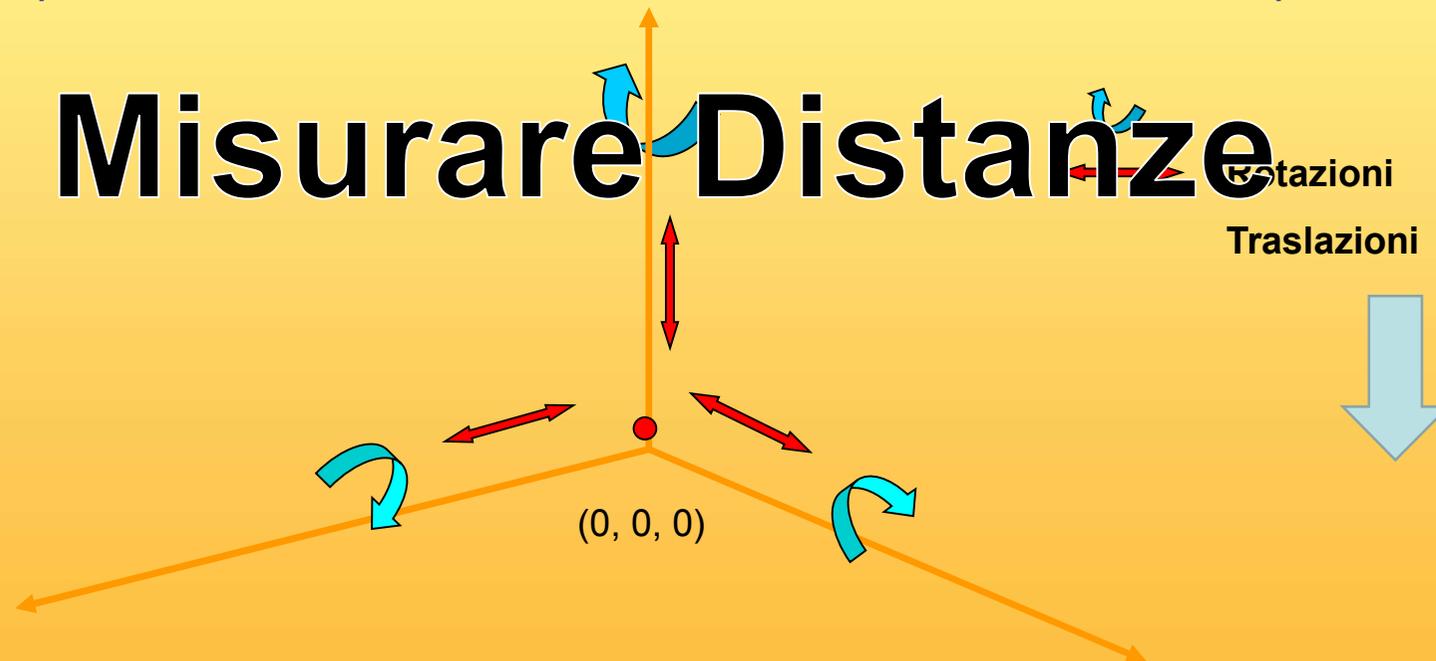


MONITORAGGIO → **TERREMOTO**



Volendo posizionare dei punti distribuiti nello spazio (sulla superficie terrestre) un sistema di riferimento monodimensionale è assolutamente inefficace, dato che per definire una posizione assoluta nello spazio devo tenere conto di un sistema dotato di sei gradi di libertà, quindi dovrò fissare opportunamente sei parametri per definire univocamente un sistema di riferimento nello spazio

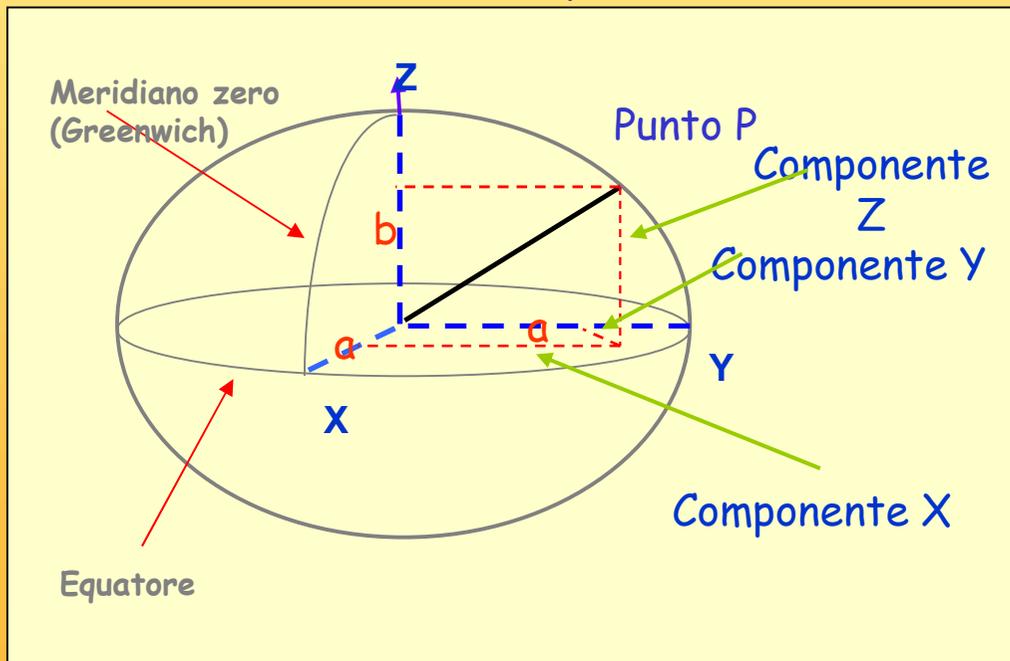
Misurare Distanze





Coordinate Cartesiane

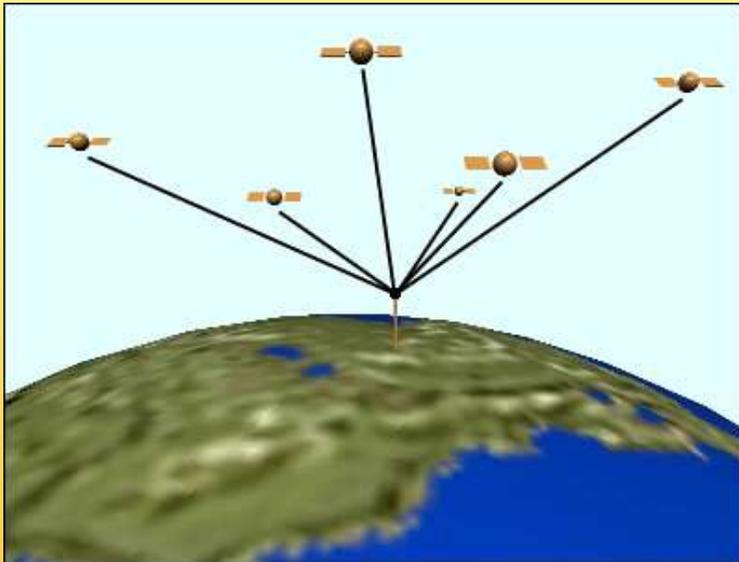
Il sistema di coordinate Cartesiane è materializzato da un sistema di assi cartesiani ortogonali con l'origine nel centro dell'ellissoide di riferimento utilizzato. Gli assi del sistema di coordinate sono orientati in modo che l'asse Z sia coincidente con il semiasse minore dell'ellissoide diretto positivamente verso il polo Nord mentre l'asse X e l'asse Y sono contenuti nel piano equatoriale. L'asse X è diretto lungo il meridiano di Greenwich (o meridiano di riferimento)



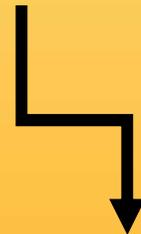
Coordinate
Geocentriche
WGS 84



GPS: Studio delle deformazioni della crosta terrestre



- È basato su una costellazione di satelliti artificiali che trasmettono **segnali radio** codificati, dai quali è possibile ricavare la **distanza** tra i satelliti e i punti a terra.
- In ambito topografico ha prodotto uno stravolgimento prospettico nell'**impostazione del rilievo del territorio**.



GEOFISICA



Istituto di Istruzione Superiore

" Petruccelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it



Stazione Permanente GPS – Muro Lucano (PZ)

**RETE NAZIONALE
INTEGRATA GPS**



I.N.G.V.

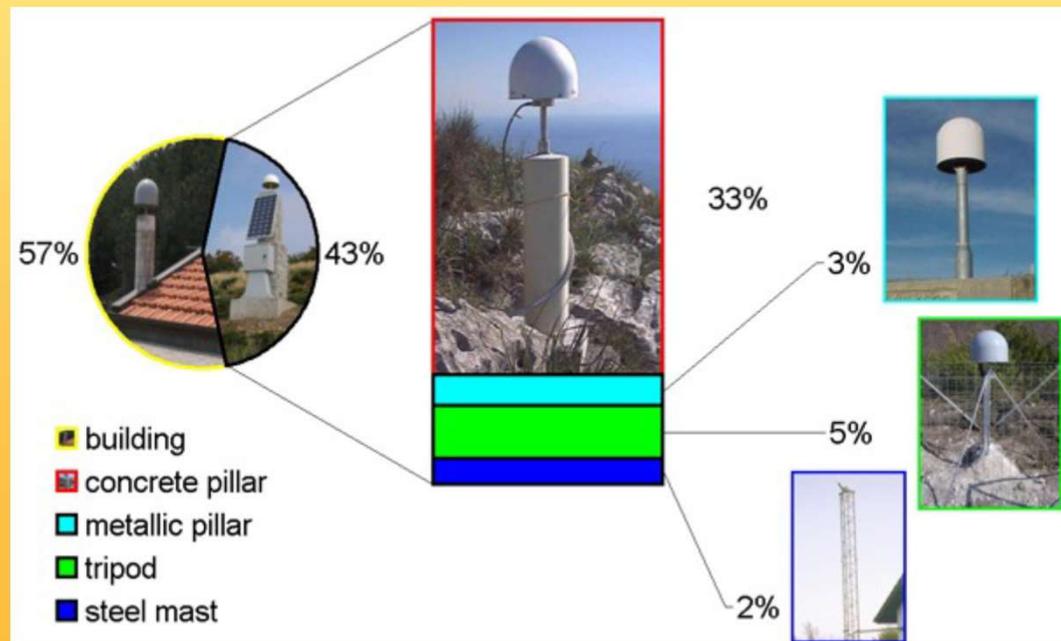
**(Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia)**

N° 180 Stazioni



MONUMENTAZIONE:

- Pilastro in calcestruzzo armato (concrete pillar);
- Pilastro in acciaio inox (metallic pillar);
- Tripode metallico ancorato (tripod);
- Traliccio (steel mast).





Istituto di Istruzione Superiore

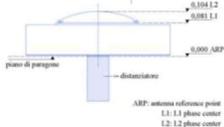
“ Petruccelli - Parisi ”

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

MONOGRAFIA

		UNITA' OPERATIVA DIRIGENZIALE 63.09.06 SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE	RETE DI STAZIONI PERMANENTI GNSS DELLA REGIONE CAMPANIA
Comune: Sala Consilina Provincia: Salerno	Indirizzo: Località Barca, Quattro Querce – Sala Consilina (SA)	Nome: SALA Punto N°: 488011	
Antenna:  <p>ARP: antenna reference point L1: L1 phase center L2: L2 phase center</p>		Aggiornamento: 01/09/2015 Ricevitore: Topcon Net - G3 Antenna: Topcon CR-G3 Cod. IGS: TPSCR.G3 TPSH Offset verticale base antenna - marker = 0,05m	
Fotografia: 		Coordinate (ETRF2000 epoca 2008.0): ϕ : 40° 25' 01,95720" \pm 0.0000" λ : 15° 33' 23,82040" \pm 0.0001" h: 504.537 m \pm 4 mm X: 4685026.361 \pm 3 mm Y: 1304259.723 \pm 2 mm Z: 4113692.091 \pm 3 mm	
		Coordinate UTM – ETRF2000 (fuso 33): N: 4474213.877 m E: 547222.336 m	
		Coordinate Roma40: ϕ : 40° 24' 59,6600" λ : 3° 06' 15,6456"	
		Coordinate Gauss - Boaga (Fuso Est): N: 4474220.309 m E: 2567230.229 m	
		Coordinate UTM-ED50 (Fuso 33): N: 4474406.791 m E: 547288.106 m	
		Quota s.l.m.: 456.874 m \pm 4 mm	
		Note: le coordinate piane e Roma40 sono state convertite dalle RDN tramite il programma ConveRgo realizzato dal Centro Interregionale per i Sistemi informatici, geografici e statistici (CISIS)	



Istituto di Istruzione Superiore

“ Petruccelli - Parisi ”

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

Una stazione permanente GNSS (SP o **CORS** = **C**ontinuously **O**perating **R**eference **S**tation) è una struttura preposta all'acquisizione, immagazzinamento e trattamento di dati di codice e di fase derivanti da costellazioni satellitari, in funzione 24 ore su 24 per 365 giorni l'anno

Strumentazione stazione tipo:

- Antenna choke-ring (calibrazione assoluta)
- Ricevitore GNSS (Topcon GPS-GLONASS doppia frequenza) collegato alla rete (IP per tempo reale)
- Server locale per controllo e archiviazione dati (IP per post-processamento)
 - Orologio atomico esterno (rubidio)
 - Stazione meteo interfacciata al ricevitore (p, t, u)

Ogni stazione è connessa con il centro di controllo della rete tramite rete informatica (*ComNet* e rete di Ateneo), e invia al centro di controllo i dati acquisiti, con continuità per i servizi in tempo reale, a cadenza oraria per i servizi in post- processamento





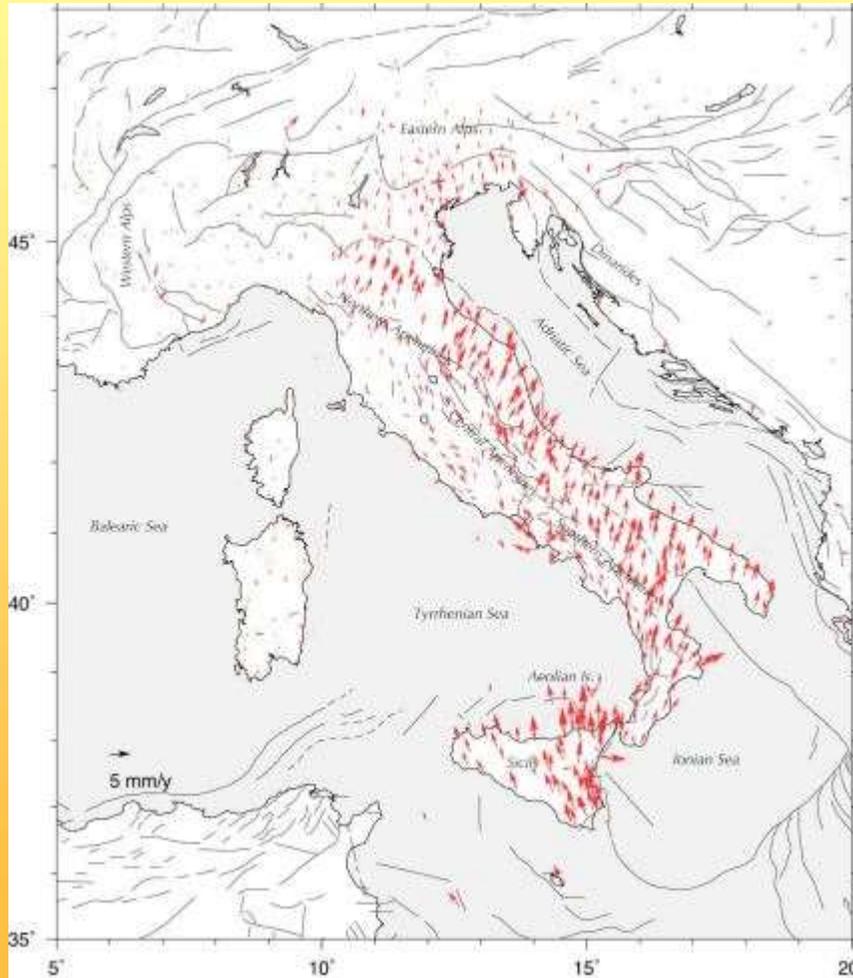
Istituto di Istruzione Superiore

" Petruccelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it



? = Spazio
Tempo

? = Velocità Orizzontale di
spostamento delle stazioni



Deformazioni COSISMICHE

+

Deformazioni POST - SISMICHE



Istituto di Istruzione Superiore

"Petruccelli - Parisi"

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)

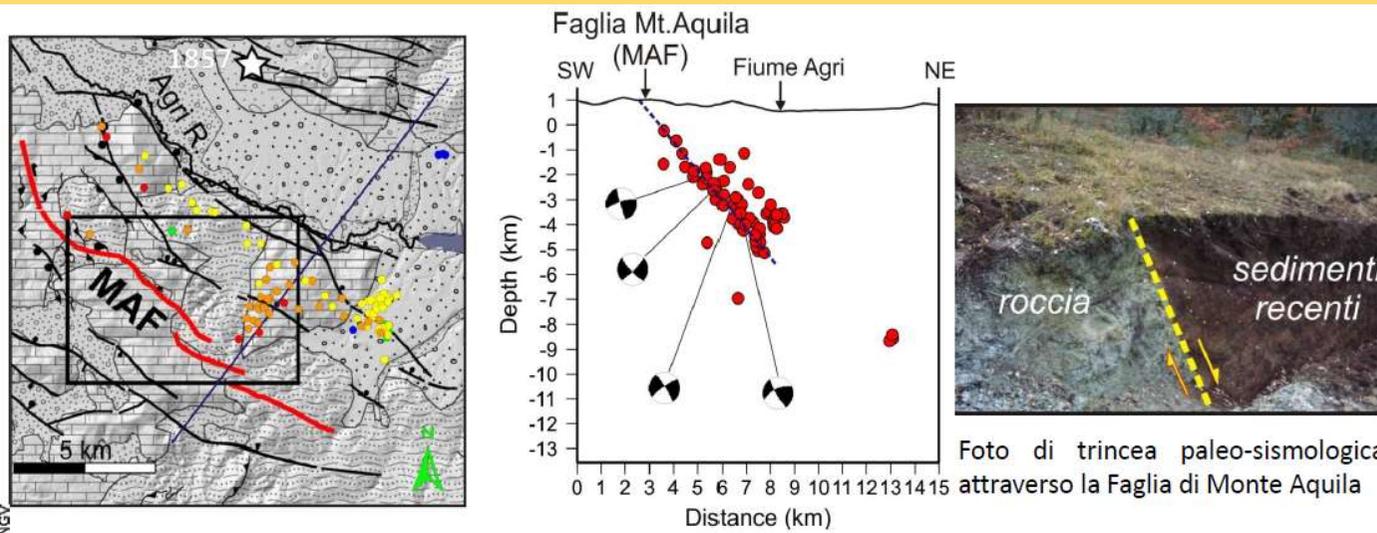


www.iissmoliterno.gov.it

MISURA DEGLI
SPOSTAMENTI

ALGORITMI DI
CALCOLO

MODELLO DI
FAGLIA





Istituto di Istruzione Superiore

" Petruccelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

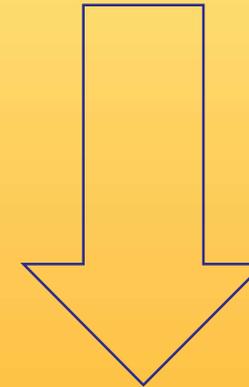
TERREMOTO ITALIA CENTRALE 24.08.2016 - AMATRICE



Stazione Permanente GPS – Norcia

DATI GPS

SPOSTAMENTI



**ESTENSIONE DI FAGLIA
3 – 4 cm**



Istituto di Istruzione Superiore

" Petruccelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

**SISMICITA' DELLA
VAL D'AGRI**

?????

**ELEVATO POTENZIALE
SISMOGENETICO**

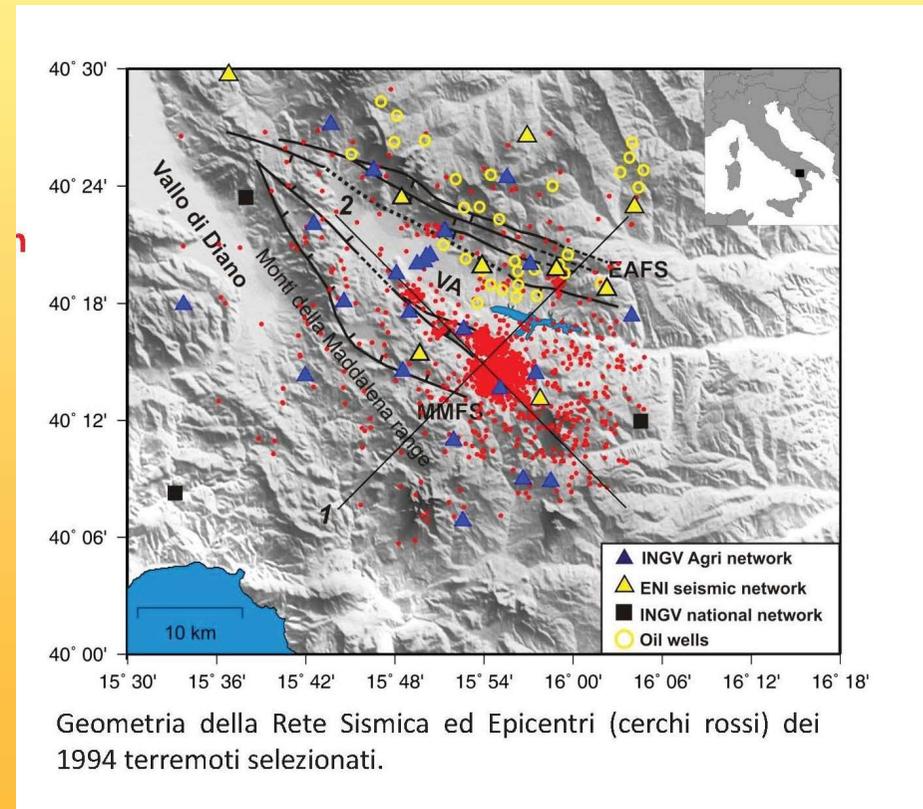


Area di Studio 2005/2006 :

M.ti della Maddalena – Bacino della Val d'Agri – Dorsale del
Vulturino – M.te Alpi

Stazioni Permanenti:

- 6 Stazioni Permanenti ingv
- 13 Stazioni ENI





Istituto di Istruzione Superiore

" Petruccelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

1. La densa rete sismica temporanea operante in Val d'Agri tra il 2005 e 2006 ha registrato una intensa microsismicità concentrata nel settore meridionale della regione.

Questa attività è indotta dalle oscillazioni stagionali dell'invaso del Pertusillo. Questa interpretazione è coerente con la distribuzione temporale della sismicità registrata nel 2003-2010.

2. La microsismicità registrata sul fianco orientale dei Monti della Maddalena supporta l'interpretazione della Faglia di Monte Aquila in termini di struttura attiva con elevato potenziale sismogenetico ($M_w=6.0-6.3$).

3. Il cluster localizzato a nord-est della Val d'Agri può essere correlato con l'attività di reiniezione del pozzo Costamolina 2.



Istituto di Istruzione Superiore

" Petruccelli - Parisi "

Via P. Darago, 1 - 85047 Moliterno (PZ)



www.iissmoliterno.gov.it

CONCLUSIONI

Scopo della relazione era presentare la potenzialità dei servizi offerti dalle infrastrutture geodetiche delle Stazioni Permanenti, in modo da farne conoscere le grandi potenzialità e incoraggiarne lo..... (si ricorda che è gratuito)

STUDIO