



Introduzione a Quantum GIS (QGIS) - passaggio dal software ArcView 3.x a software GIS OpenSource

Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche



Forestello Luca - Niccoli Tommaso - Sistema Informativo Ambientale AT01
<http://webgis.arpa.piemonte.it> e-mail: webgis@arpa.piemonte.it

Questa opera è distribuita con [licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 2.5 Italia](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/it/).

GEOPORTALE
di ARPA Piemonte





Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

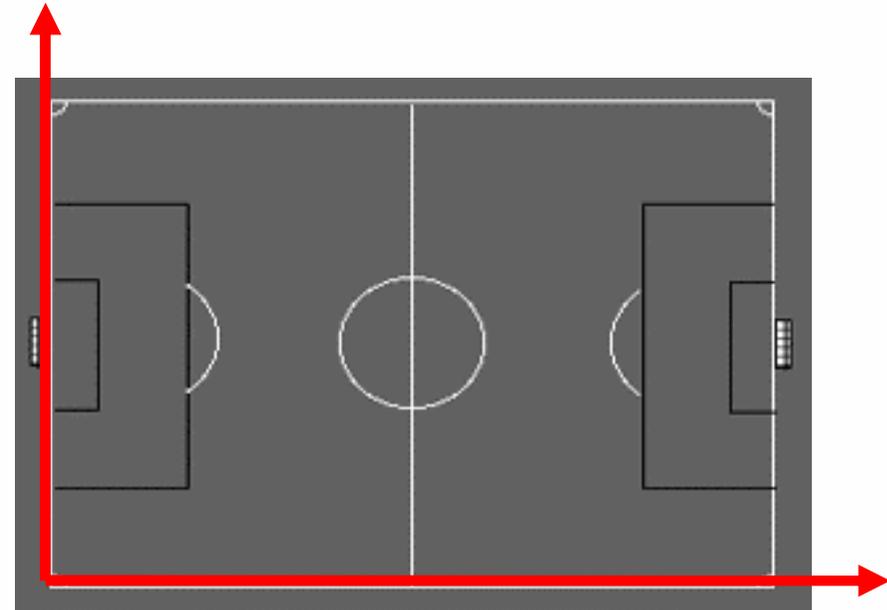
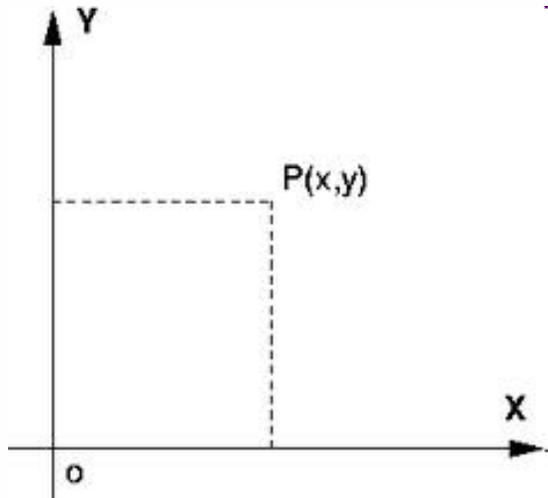
Sistemi di riferimento



Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Sistemi di riferimento

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

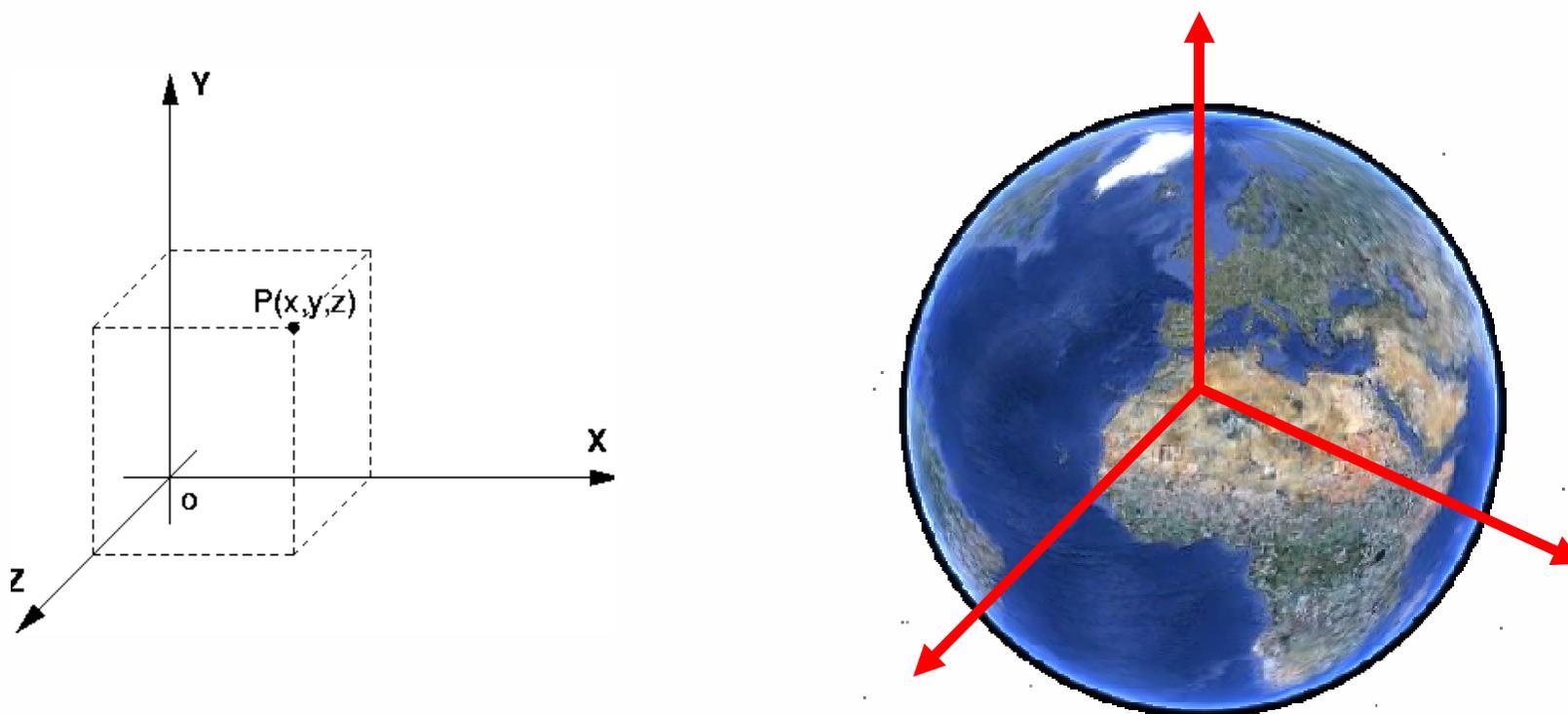


Sistema di riferimento bidimensionale



Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Sistemi di riferimento

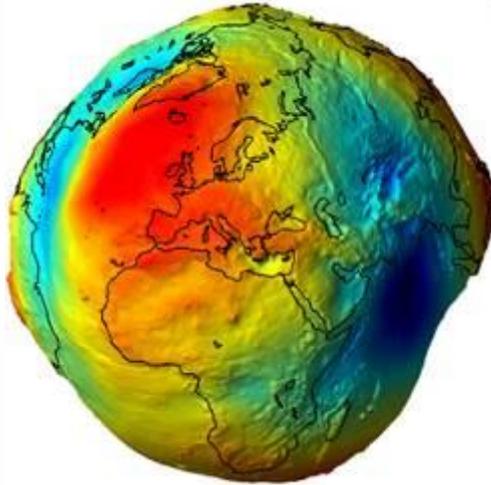


Sistema di riferimento tridimensionale



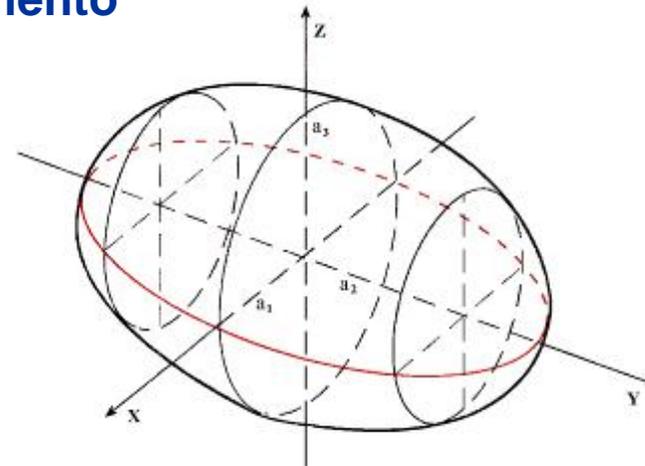
Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Sistemi di riferimento



Geoide

Il geoide è un modello approssimabile alla superficie che si otterrebbe prolungando sotto le terre emerse la superficie media del mare. Questo modello è troppo complesso per essere utilizzato per definire un sistema di coordinate geografiche.



Ellissoide

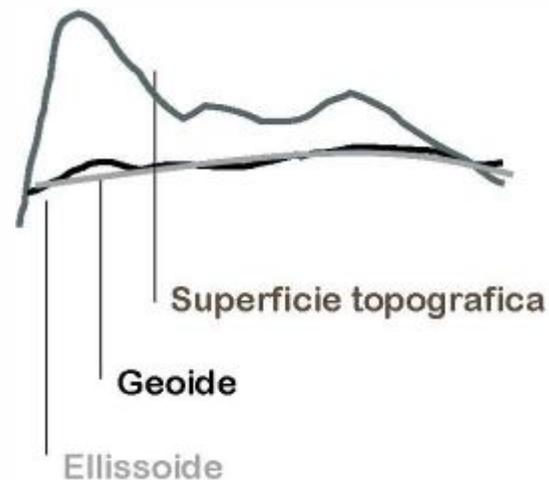
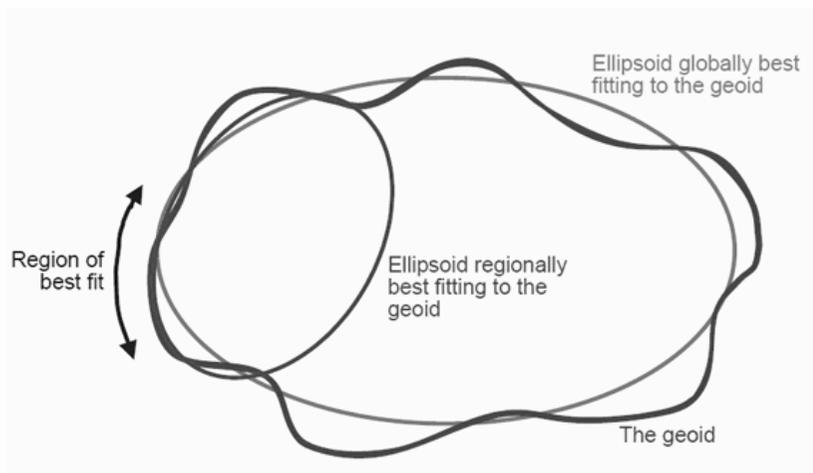
L'ellissoide è un modello che rappresenta la forma della Terra smussata delle irregolarità superficiali.

La superficie di riferimento planimetrico utilizzata in ambito cartografico è l'ellissoide di rotazione terrestre.



Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Sistemi di riferimento



Occorre capire dove collocare l'ellissoide di riferimento rispetto alla superficie topografica.



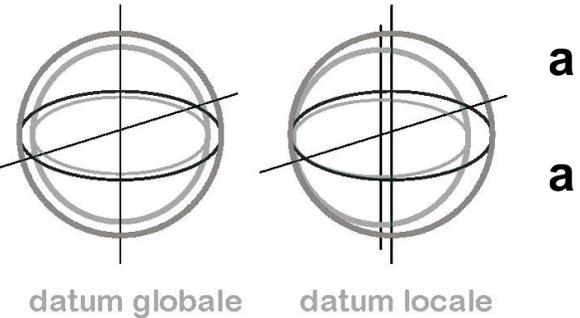
Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Sistemi di riferimento

Si definisce **datum geodetico** un sistema di riferimento che permette di esprimere in termini matematici la posizione di punti della superficie fisica della Terra o prossimi ad essa (cioè permette di **georeferenziare** punti e oggetti). Il datum è definito da due aspetti:

l'ellissoide di riferimento, scelto per approssimare la forma della Terra

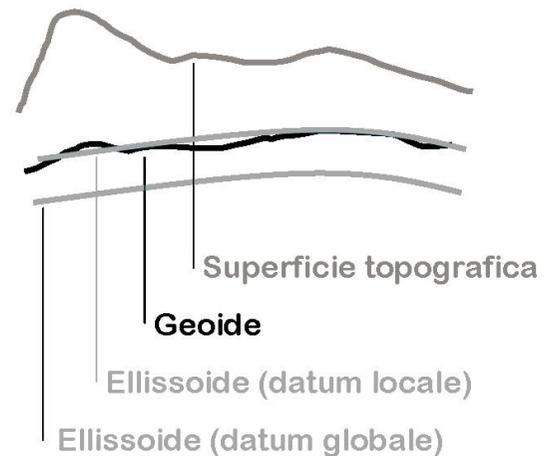
l'orientamento dell'ellissoide, ossia il suo posizionamento rispetto alla superficie terrestre reale.



Possono distinguersi **due specie di datum**:

Datum locali, che accostano l'ellissoide di riferimento alla superficie terrestre in un punto particolare per migliorare localmente l'accuratezza del modello.

Datum globali, che sono orientati al centro della Terra e sono utilizzati per funzionare globalmente..





Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Sistemi di riferimento

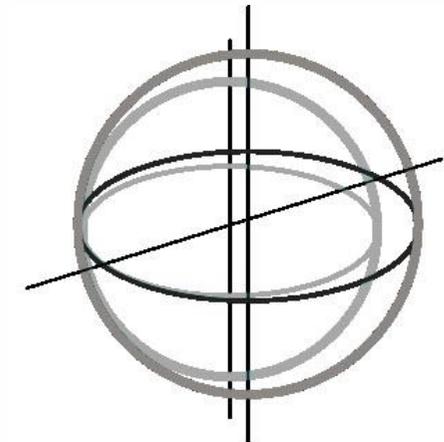
Datum locali

Sistema di riferimento Roma40

usa l'ellissoide internazionale 1924 (Hayford), è orientato a Monte Mario (Roma); è il datum utilizzato nella produzione cartografica IGM fino alla fine degli anni '80, e ancora in uso nella Cartografia Tecnica Regionale.

Sistema di riferimento ED50 (European Datum 1950)

usa l'ellissoide internazionale 1924 (Hayford), è orientato a Postdam (Germania) ed è stato creato per l'uso in Europa; è il datum utilizzato nella produzione cartografica IGM recente.



datum locale



Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

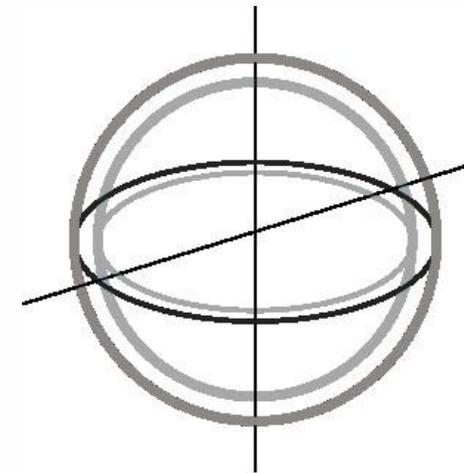
Sistemi di riferimento

Datum globali

Sistema di riferimento WGS84

World Geodetic System 84 (WGS 84) usa un proprio ellissoide (WGS84); è usato dalla rete di rilevamento satellitare GPS. È un sistema cartesiano con asse z coincidente con l'asse di rotazione convenzionale, si basa su reti GPS diverse:

- globale: Dipartimento delle Difesa USA;
- europea: EUREF89=ETRF89;
- italiana: IGM95.



datum globale



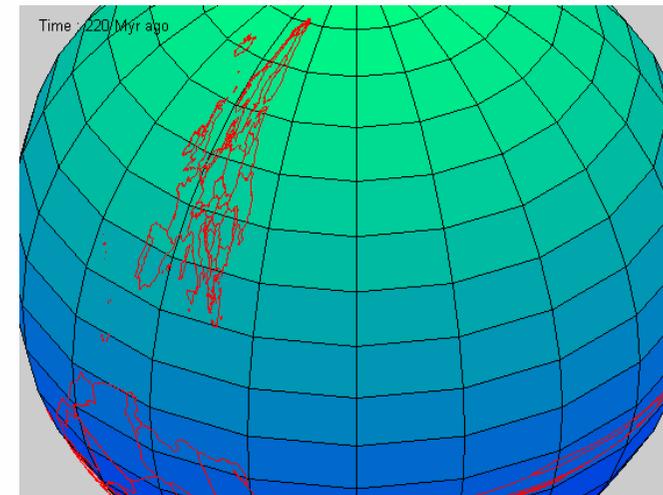
Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

I Sistemi di riferimento

Datum globali

ITRS (Sistema internazionale di riferimento terrestre)

Il sistema è realizzato grazie all'**ITRF** – (International Terrain Reference Frame) basato sul monitoraggio (coordinate e velocità) di un insieme di stazioni. **Le coordinate di vertici misurate nel sistema ITRF variano nel tempo** a seguito del moto di deriva della placca sulla quale il vertice insiste. Di conseguenza coordinate misurate in ITRF devono avere un'epoca (ITRF_{yy}) [..].



I moto di deriva dell'Eurasia nel sistema ITRS è di circa 2 cm/anno in direzione Nord Est



Forestello Luca - Niccoli Tommaso - Sistema Informativo Ambientale AT01

Questa opera è distribuita con [licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 2.5 Italia](#).



Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Proiezioni cartografiche utilizzate in Italia



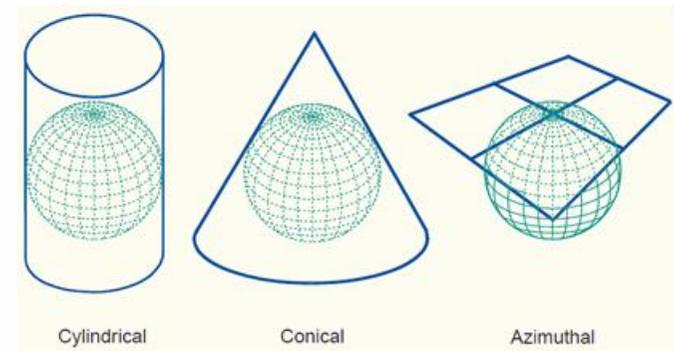
Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Proiezioni cartografiche utilizzate in Italia

L'ellissoide di rotazione permette di posizionare in modo univoco i punti misurati sul territorio, ma solo tramite le **proiezioni cartografiche** è possibile proiettare la superficie dell'ellissoide su un piano cartografico

Non è possibile passare da ellissoide a carta senza deformazioni. E' possibile: conservare gli **angoli** (carta conforme), conservare le **superfici** (carta equivalente), **minimizzare tutte le deformazioni**, senza annullarne nessuna (carte afillattiche).

Un **metodo di proiezione** deve essere associato a un **sistema di coordinate**, ossia a una griglia regolare collocata su una proiezione per misurare posizioni, distanze e aree rispetto ad un sistema di riferimento.





Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Proiezioni cartografiche utilizzate in Italia

Proiezione conforme di Gauss

Utilizzata per la cartografia ufficiale italiana.

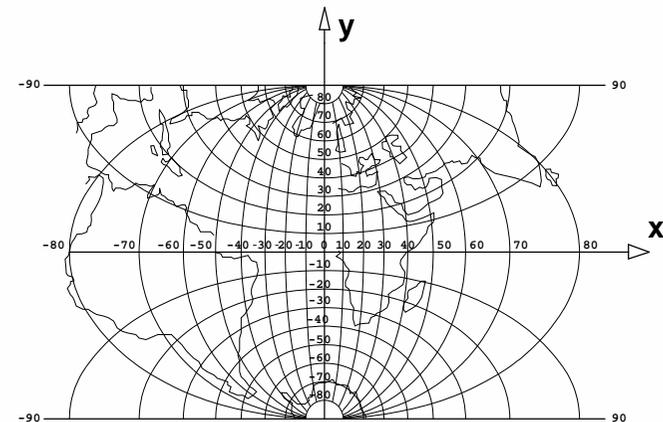
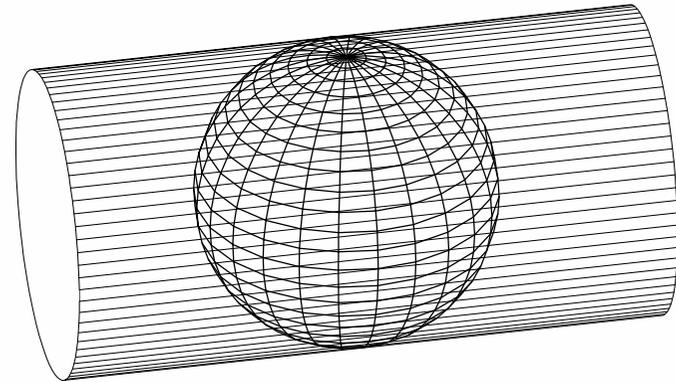
Dal punto di vista geometrico è una **proiezione cilindrica inversa**, cioè l'asse del cilindro è ortogonale all'asse di rotazione terrestre.

E' ottenuta con procedimento matematico.

E' una carta **conforme**: angoli carta = angoli terreno lunghezza carta \neq lunghezza terreno.

Si può constatare come il meridiano centrale venga rappresentato senza subire alcuna deformazione, e come invece la deformazione cresca rapidamente allontanandosi dal centro

Per limitare le deformazioni si limita l'estensione del *fuso* (porzione di ellissoide compresa tra due meridiani) ad un arco di 6° .





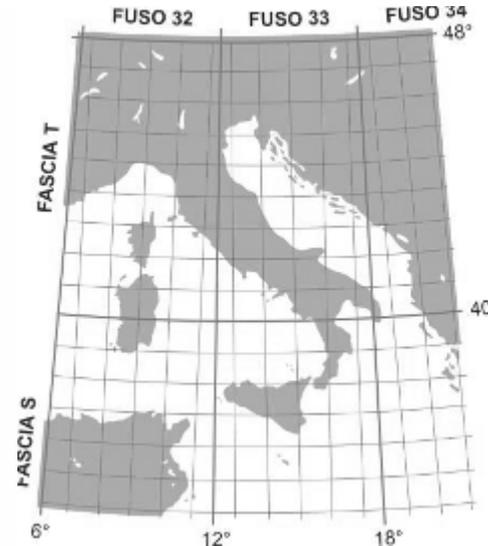
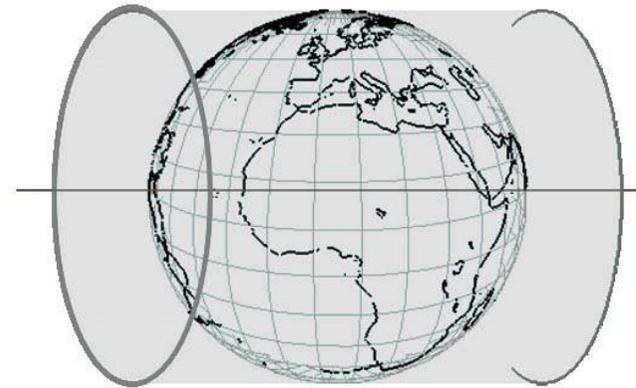
Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Proiezioni cartografiche utilizzate in Italia

UTM (Universal Trasversal Mercator):

Utilizzata a livello mondiale, nella cartografia ufficiale italiana (con sistema di riferimento ED50 e per esprimere con coordinate metriche il risultato di un rilievo GPS, di solito indicate come WGS84 ma in realtà è UTM su WGS84).

Tale carta deriva il suo nome da Universal Transverse Mercator essendo **utilizzata per la rappresentazione globale dell'ellissoide terrestre** (80° S e 84° N) ed è ottenuta modificando la proiezione **cilindrica inversa** di Mercatore. E' una particolare proiezione di Gauss.



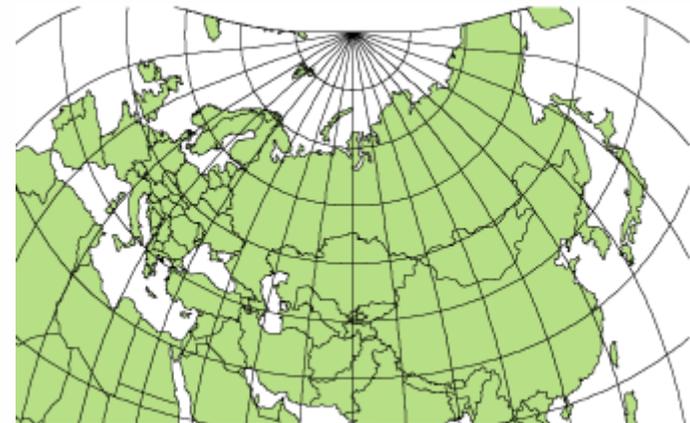
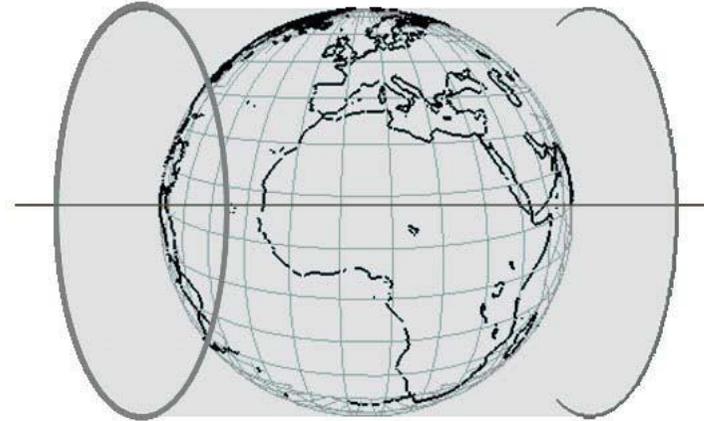


Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Proiezioni cartografiche utilizzate in Italia

Cassini-Soldner:

Utilizzata dal Nuovo Catasto dei Terreni italiano.
E' una rappresentazione analitica ricavata dalla **cilindrica inversa**.
E' una **carta afilattica**.





Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Proiezioni cartografiche utilizzate in Italia

Gauss-Boaga Roma 40

Due fusi:

Ovest (32)

Est (33)

Si è esteso il fuso EST di 30' per consentire di rappresentare in questo fuso anche la penisola salentina rientrando nel fuso UTM 34

Meridiani centrali: 9° e 15° E. Greenwich.

Punto emanazione: **Roma M. Mario**

Roma M. Mario:

Sistema Roma40

$\varphi=41^{\circ}55'25''.51$ $\lambda=12^{\circ}27'08''.40$

Ellissoide Internazionale Hayford non più geocentrico ma adattato alla situazione locale

Doppia falsa origine:

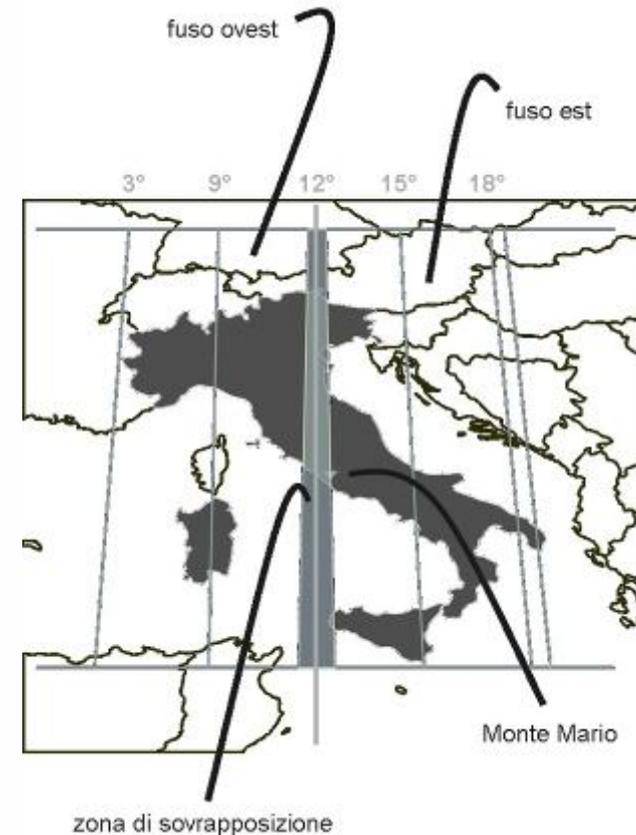
N = y (entrambi i fusi)

E = x+1500 Km (fuso O.)

E = x+2520 Km (fuso E.)

fuso Ovest = 1

fuso Est = 2





Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Proiezioni cartografiche utilizzate in Italia

UTM ED50

60 fusi di ampiezza 6°

Italia nei fusi 32 - 33 - 34

Ogni fuso è diviso in 20 zone di 8° ciascuna

Italia nelle zone S e T

Ogni zona è suddivisa in quadrati di 100Km di lato indicati con due lettere segnate sul campo cartografico

meridiano fondamentale per la determinazione delle coordinate geografiche è **Greenwich**. I parallelo fondamentale è l'**Equatore**

Le coordinate piane si determinano a partire da:

Est o x = coordinate con origine sul meridiano centrale del fuso
per l'italia **9°; 12°, 21°**

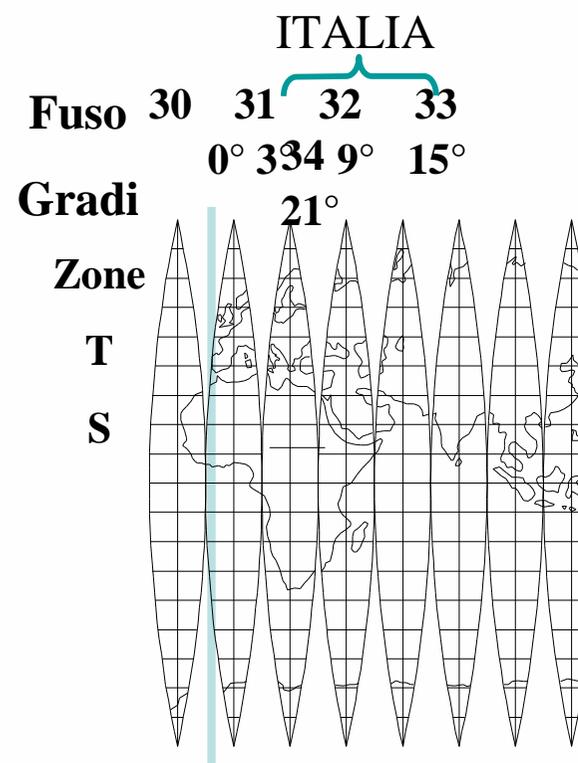
Nord o y = coordinate con origine sull'Equatore

Falsa origine:

N = y nell'emisfero Nord

N = y +10.000.000 nell'emisfero Sud

E = x+500.000 m



32T LQ 394050 4952344



Sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche

Proiezioni cartografiche utilizzate in Italia

UTM ED 50 / Gauss-Boaga Roma 40

In comune hanno:

Ellissoide Internazionale di Hayford
 Proiezione di Gauss
 Assi cartesiani (equatore e meridiani centrali dei fusi)
 Modulo di deformazione lineare contratto di 4/10000*

Differiscono per:

punto di emanazione della rete trigonometrica
 Roma Monte Mario
 Postdam

Meridiano fondamentale per le coordinate geografiche (0°)

M. Mario per Roma 40
 Greenwich per ED 50

False origini per la coordinata EST
 per Ed 50

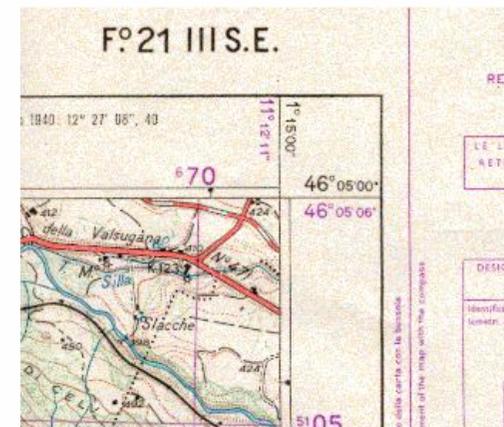
+500 Km per tutti i fusi

per Roma 40

+1500 Km fuso Ovest

+ 2520 Km fuso Est

La cartografia ufficiale italiana riporta entrambi i reticolati, dello stesso punto si ricavano due diversi insiemi di coordinate (planimetriche) che differiscono per: diversi parametri della proiezione (sempre Gauss, ma false origini diverse); diverso datum (stesso ellissoide ma orientato diversamente); diversa compensazione delle reti che materializzano il datum.





DATUM GEODETICI			RETI DI INQUADRAMENTO ASSOCIATE			SISTEMI CARTOGRAFICI ASSOCIATI			
Denominazione	Ellissoide	Orientamento	Denominazione	Epoca determ.	Tipo	Denominazione	Proiezione	Zone di validità	Applicazioni cartografiche
SISTEMA NAZIONALE	Internazionale	Roma M.Mario	Rete geodetica	ca. 1880-1996	Triangolazione	GAUSS-BOAGA	Gauss	Fuso Ovest (1)	IGM (vecchia prod.): inquadramento e taglio IGM (prod. recente): inquadramento REGIONI: inquadramento CATASTO: inquadramento e taglio (parz.)
	(Hayford)	1940	nazionale		+ EDM			k = 0,9996	
SISTEMA ED 50	internazionale (Hayford)	Or. medio europeo ca. 1950	Rete ED 50	ca. 1944-1950	Triangolazione	U.T.M.	Gauss	Fuso 32	IGM (tutta la prod.): reticolato chilometrico IGM (prod. recente): taglio REGIONI: taglio
			(selez. catene da reti nazionali)					Fuso 33	
			Fuso 34						
SISTEMI CATASTALI	Bessel	Genova 1902 (centro nord)	Rete IGM ante 1919	ca. 1880-1919	Triangolazione	CATASTALE	Cassini-Soldner	31 "grandi" ca. 800 "piccoli"	CATASTO: inquadramento e taglio
		Castanea d. Furze (sud)	e						
		Altri (validità locale)	Reti catastali di raffittimento						
SISTEMA WGS 84 (*)	WGS84	Geocentrico	Rete IGM 95	1992-1996	GPS (**)	U.T.M. - WGS	Gauss	Fuso 32	Produzione nuova cartografia
			Raffittimenti locali	1995 - ...	GPS			k = 0,9996	Fuso 33
ALTRI: ED 79 IGM 83 ...	internazionale (Hayford)		Ricalcolo di reti esistenti integrate da nuove osservazioni						

Note:

(*) Sistema tridimensionale, con quote riferite all'ellissoide (quote ellissoidiche)

(**) Rete GPS integrata da misura astronomiche e collegamenti alla rete di livellazione nazionale



Forestello Luca - Niccoli Tommaso - Sistema Informativo Ambientale AT01

Questa opera è distribuita con [licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 2.5 Italia](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/it/).



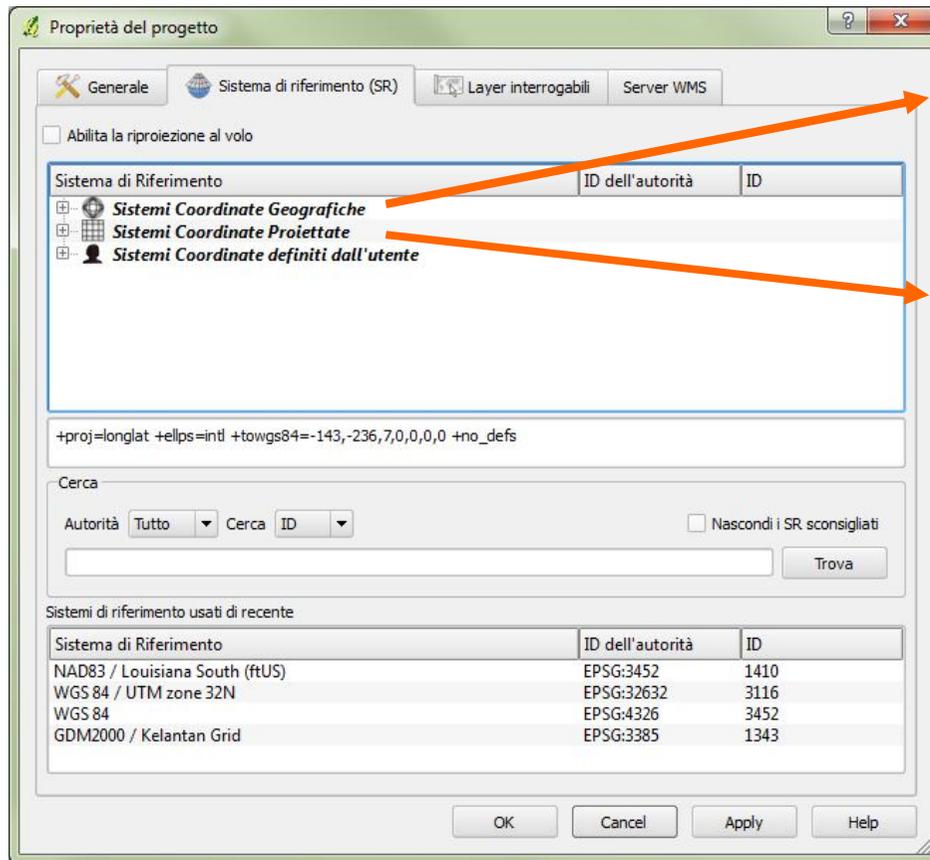
Sistemi di riferimento spaziali

Sistemi geodetici di riferimento e proiezioni cartografiche in Qgis



Sistemi di riferimento spaziali

Sistemi geodetici di riferimento e proiezioni cartografiche in Qgis



Monte Mario (Rome)	EPSG:4806	3614
WGS 84	EPSG:4326	3452
Google Mercator	EPSG:900913	3644
ED50 / UTM zone 32N	EPSG:23032	1978
WGS 84 / UTM zone 32N	EPSG:32632	3116
Monte Mario / Italy zone 1	EPSG:3003	968
Monte Mario / Italy zone 2	EPSG:3004	969

Con Qgis è possibile scegliere il Sistema di Riferimento che si intende utilizzare per creare i progetti. Teoricamente è possibile scegliere qualsiasi sistema di riferimento indipendentemente dalla tipologia dei dati utilizzati e dal sistema di riferimento dei dati stessi.



Sistemi di riferimento spaziali

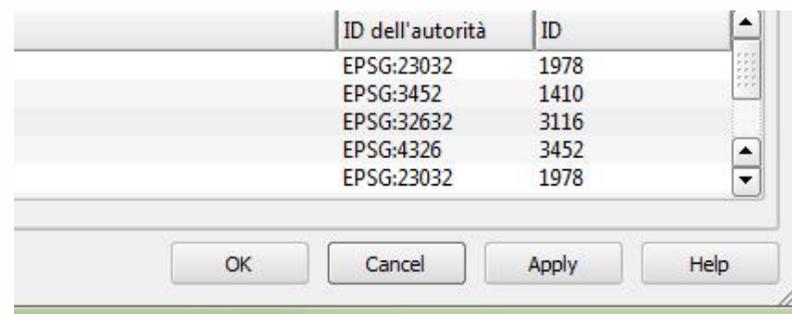
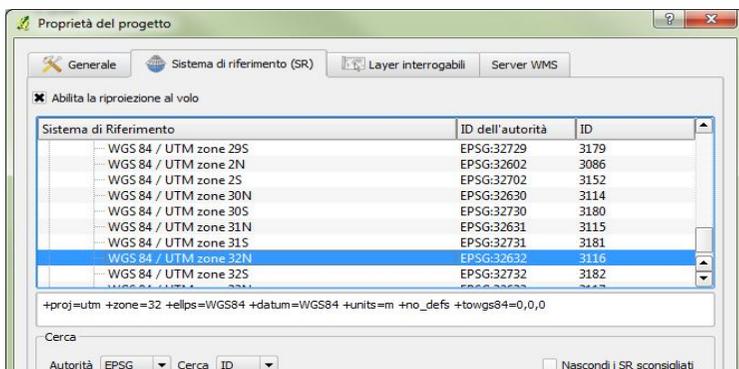
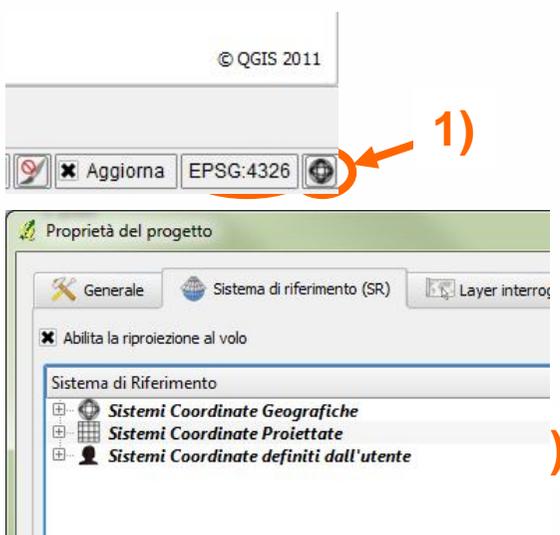
I codici EPSG

Tra le proprietà del progetto è possibile scegliere il sistema di riferimento da adottare **1),2),3),4)**.

Il sistema di riferimento del progetto è specificato in modo univoco dal codice EPSG che si trova in basso a dx nella finestra di Qgis **5)**.

<http://www.epsg.org/>

<http://spatialreference.org/ref/epsg/4326/>

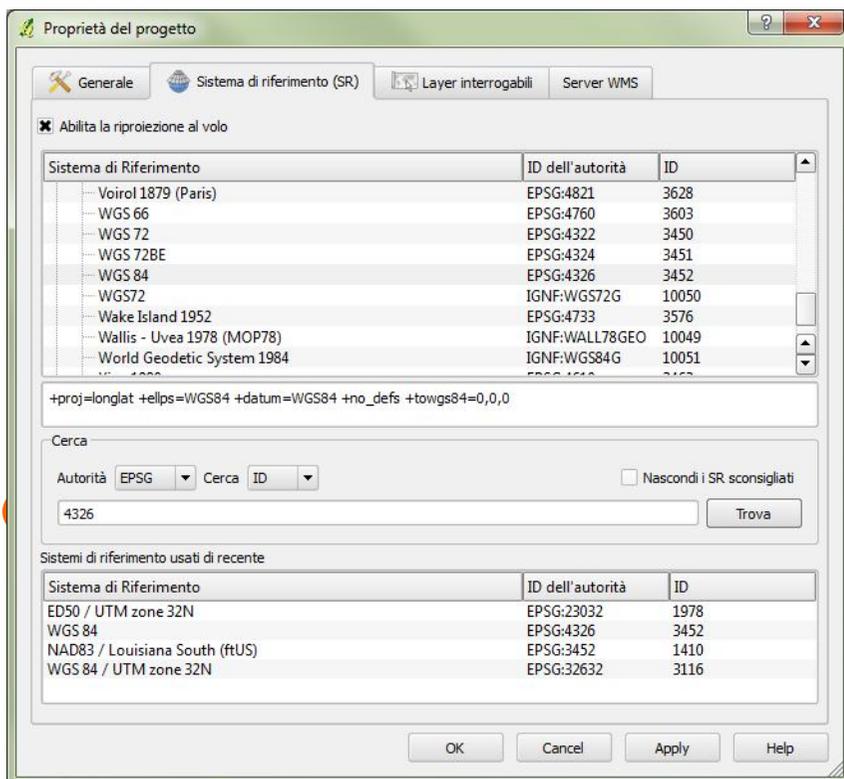




Sistemi di riferimento spaziali

I codici EPSG

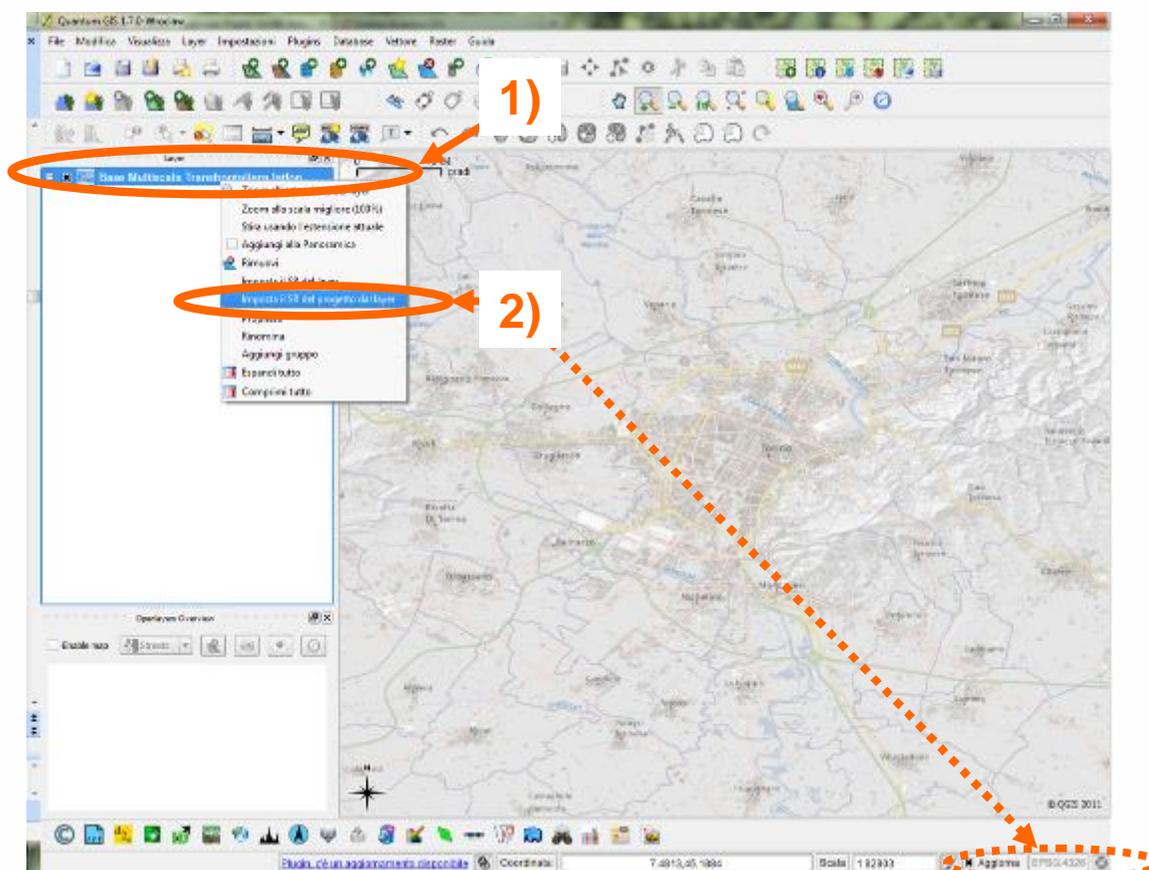
E' possibile specificare il sistema di riferimento da utilizzare nel progetto conoscendo il codice EPSG. Passaggi: **1)** Selezionare EPSG, **2)** inserire il codice, **3)** effettua la ricerca, **4)** seleziona il SR, **5)** conferma.



Sistema di riferimento	EPSG
WGS 84 / UTM zone 32	32632
ED50 / UTM zone 32N	23032
Roma 40 / Gauss- Boaga	3003 – 3004
WGS 84	4326
Google Mercator	900913



Sistemi di riferimento spaziali Adottare un sistema di riferimento

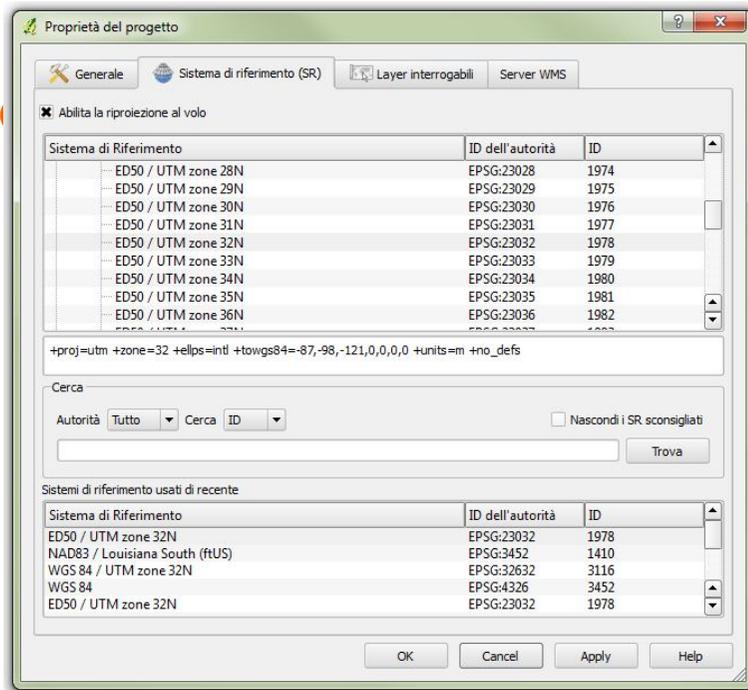


Seguendo i passaggi 1) tasto destro sul layer, 2) selezionare “**imposta il sistema di riferimento del progetto dal layer**”, è possibile adottare il sistema di riferimento associato con maggiore frequenza ai nostri dati per evitare “riproiezioni al volo” che possono in alcuni casi rallentare le visualizzazioni.



Sistemi di riferimento spaziali

Visualizzare contemporaneamente dati con diversi sistemi di riferimento in Qgis



Seguendo i passaggi 1), 2) e 3) è possibile visualizzare contemporaneamente dati con sistemi di riferimento diversi sfruttando la “riproiezione al volo”.

N.B. è possibile riproiettare raster e vector e anche servizi WMS e WFS





Sistemi di riferimento spaziali

Convertire dati vettoriali tra diversi sistemi geodetici di riferimento con Qgis

1) Right-click on the layer 'comuni' in the Layer panel.

2) Select 'Salva con nome...' from the context menu.

3) In the 'Salva i layer vettoriali come...' dialog, set 'Formato' to 'ESRI shapefile', 'Codifica' to 'UTF-8', and 'Sist rif' to 'SR originale'.

4) In the same dialog, change 'Sist rif' to 'WGS 84'.

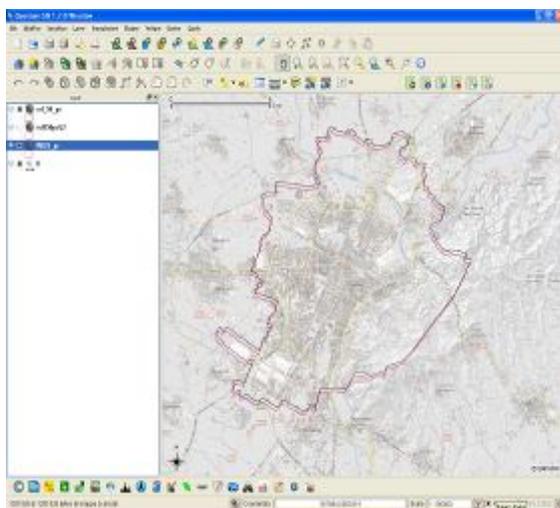
Seguendo i passaggi dall' 1) al 6) è possibile convertire un dato vettoriale (con un sistema di riferimento associato) in un altro sistema geodetico di riferimento.



Sistemi di riferimento spaziali

Conversione tra Sistemi geodetici di riferimento in Qgis

Scala di visualizzazione: 1:100.000



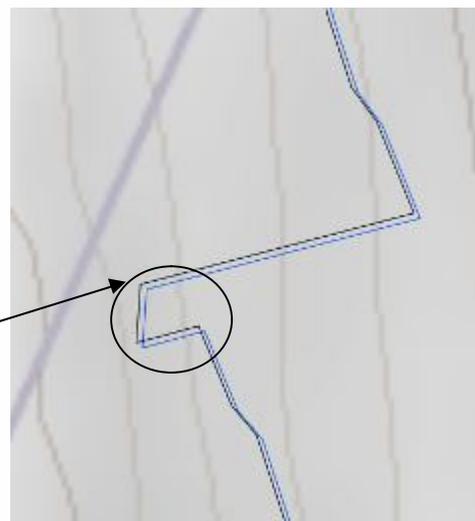
Limiti amministrativi comunali di Torino: WGS84-UTM – Linea ROSSA

Limiti amministrativi comunali di Torino: UTM - ED50(riproiezione con Qgis, linea NERA e Verto GIS, Linea BLU)

Scostamento di
circa 218 m



Scala di visualizzazione: 1:5.000



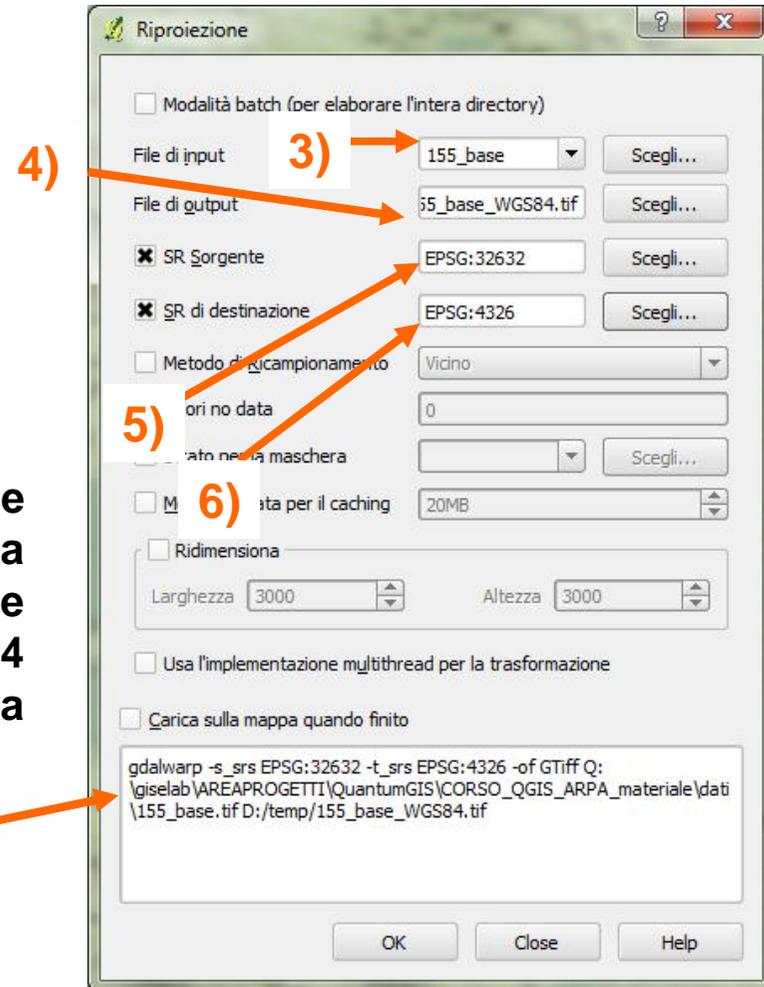
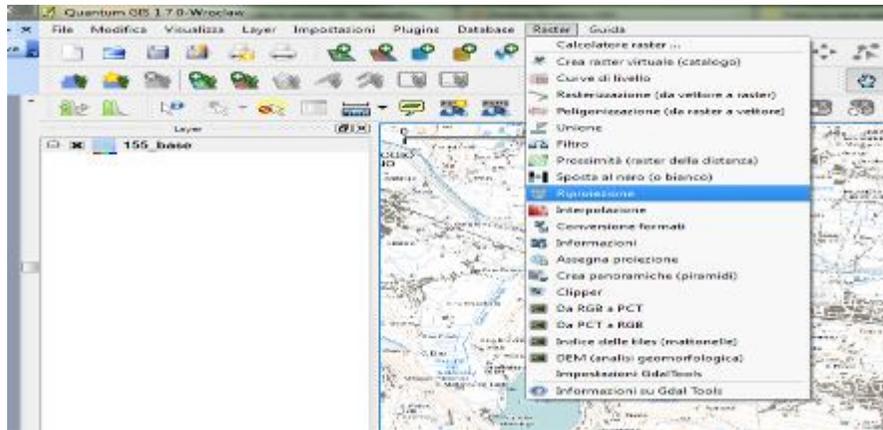
Scala di visualizzazione: 1:1.000

La differenza misurata è di circa 2 m. E' la differenza reale tra la riproiezione con VertoGis e la riproiezione con Qgis. N.B. al 10.000 l'errore di graficismo è compreso tra i 2 e i 4 m (0.2 – 0.4 mm grafici alla scala della carta).



Sistemi di riferimento spaziali

Convertire dati raster tra diversi sistemi geodetici di riferimento con Qgis



Seguendo i passaggi dall' 1) al 6) è possibile convertire un dato raster in un altro sistema geodetico di riferimento. Nell'esempio viene effettuata la conversione di un raster da WGS84 UTM a WGS84 geografiche cioè da EPSG:32632 a EPSG:4326. (N.B. serve il P.I. GdalTools).

<http://www.gdal.org/>
http://www.gdal.org/gdal_utilities.html



Sistemi di riferimento spaziali VertoGIS



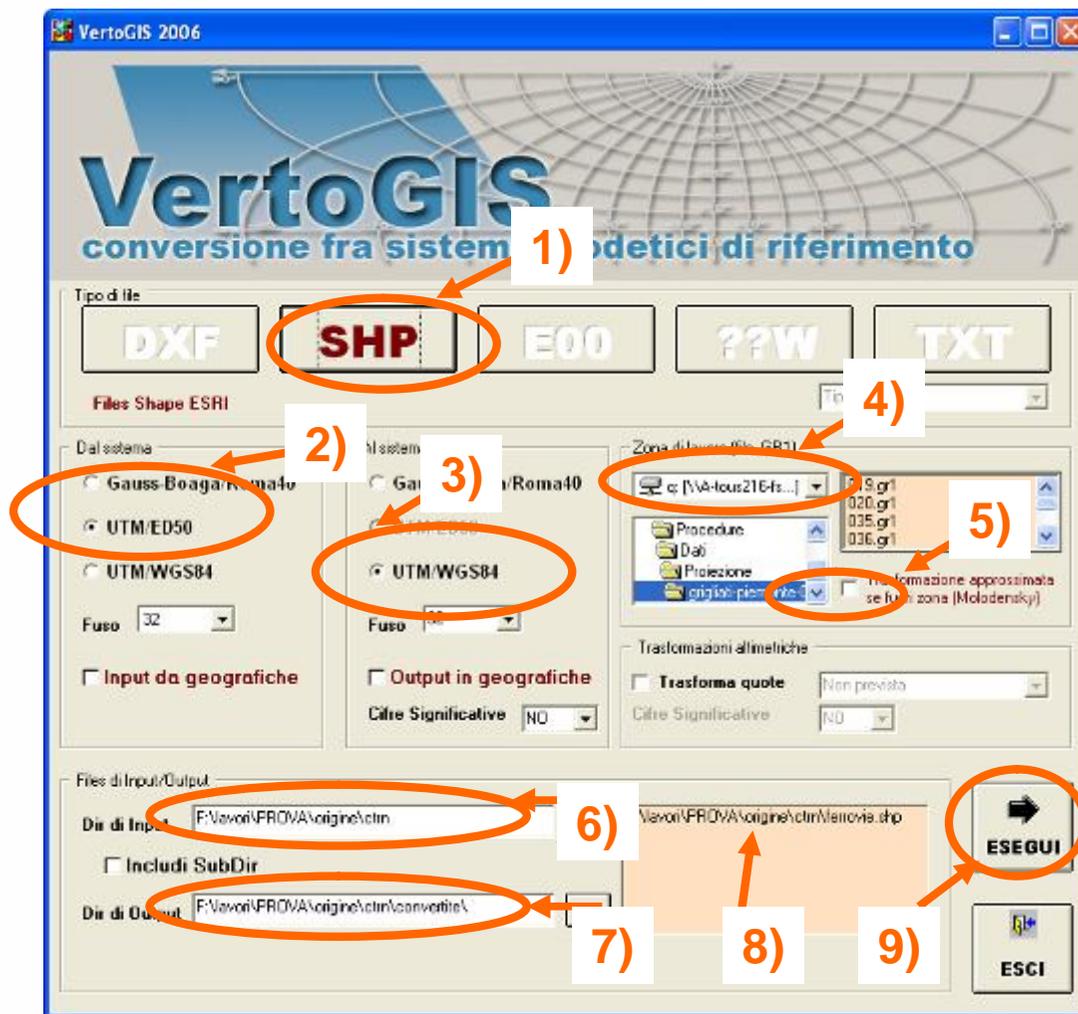
Il software **VertoGIS** consente di eseguire la conversione di posizioni espresse in coordinate geografiche e cartografiche fra i Sistemi Geodetici di Riferimento più comunemente utilizzati oggi in Italia (*Roma40, ED50 e WGS84(ETRS89)*) in tutte le possibili combinazioni per interi files cartografici nei seguenti formati: DXF, SHP, E00, TFW, TXT.

Nel programma sono memorizzati gli algoritmi necessari ad eseguire le trasformazioni; i dati necessari devono essere acquistati separatamente dall'IGM come porzioni di grigliato corrispondenti alla superficie di ciascuno dei Fogli della carta d'Italia alla scala 1:50.000, memorizzati in file del tipo *.gr1.



Sistemi di riferimento spaziali

Conversione tra diversi sistemi geodetici di riferimento con VertoGIS



- 1) Selezionare il tipo di dato da convertire
- 2) Selezionare il sistema di riferimento del dato di partenza
- 3) Selezionare il sistema di riferimento in cui si vuole convertire il dato
- 4) Inserire il percorso relativo ai grigliati
- 5) Mettere il check se non si possiedono i grigliati nell'area in cui ricadono i dati da convertire. (N.B. la precisione diminuisce).
- 6) Inserire il percorso relativo alla folder contenente i dati da convertire.
- 7) Inserire il percorso relativo alla folder in cui verranno salvati i dati convertiti.
- 8) Verificare la presenza dello/degli shape da convertire
- 9) Avviare la procedura



Sistemi di riferimento spaziali

Convertire dati vettoriali tra diversi sistemi geodetici di riferimento con VertoGIS

VertoGIS consente di effettuare delle conversioni con precisioni che sono quelle dichiarate dall'IGM per la validità dei grigliati [Per la parte planimetrica il programma fornisce risultati omogenei con quelli convenzionalmente adottati dall'IGM. Le coordinate geografiche sono fornite al decimillesimo di secondo sessagesimale, corrispondente a circa 3 mm.]

Consente inoltre di convertire i file di georiferimento delle immagini (es. tfw) effettuando una traslazione dell'immagine stessa agendo sul punto di ancoraggio del pixel in alto a sinistra.

Per approfondimenti consultare il manuale di VertoGIS.

Dal sito della [Regione Piemonte](#) è possibile scaricare il [manuale](#) di VertoGIS e [il programma VertoGIS](#) (versione del 2007).



Sistemi di riferimento spaziali

Convertire dati vettoriali tra diversi sistemi geodetici di riferimento con VertoGIS

Per il funzionamento di VertoGIS **sono indispensabili i grigliati** acquistati da Arpa Piemonte su tutto il territorio piemontese (è possibile effettuare la conversione all'interno del territorio piemontese anche con un solo grigliato relativo ad un qualsiasi foglio al 50.000). N.B. Non funziona bene sui sistemi operativi Windows Vista e Windows Seven.

Arpa Piemonte ha acquistato, al fine di un utilizzo esclusivamente interno ad ARPA i grigliati relativi ai Fogli della carta d'Italia alla scala 1:50.000 ricadenti in Piemonte.

Sono scaricabili al seguente link:

<http://aws037566.ad.arpa.piemonte.it/pub/grigliati-piemonte-gr1.zip>

Esistono anche altre alternative come [Traspunto](#) sviluppato dal [Ministero dell'Ambiente](#) ([secondo link](#)). Traspunto non usa i grigliati.



Sistemi di riferimento spaziali

Bibliografia

<http://www.gisetelerilevamento.com/2010/04/superfici-di-riferimento-e-coordinate/>

<http://plone.itc.nl/geometrics/index.html>

www.wikipedia.org

<http://147.162.229.63/Web/index.php> (Rete GPS Veneto)

Corso di Cartografia – Arpa Piemonte 2002.

Corso di Topografia – Università degli Studi di Perugia – Prof. Aurelio Stoppini, Prof. Fabio Radicioni

La georeferenziazione dell'informazione spaziale – Fabio Lucchesi

Il sistema di riferimento del DbT – Marco Scaioni