

# ***Approccio integrato all'agricoltura di precisione nella moderna azienda cerealicola pugliese***

## ***Acronimo: AdP4Durum***

Modulo 2 Lettura delle informazioni dai satelliti  
Incontro «Fondamenti di GIS e applicazione»



# AdP4 DURUM



REGIONE PUGLIA

Progetto realizzato con finanziamento della  
Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
"Avviso pubblico per la presentazione di Progetti  
pilota per la promozione e lo sviluppo  
dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto

HORT@  
From research to field

CAIONE  
La Quercia Soc. Coop. Agricolo

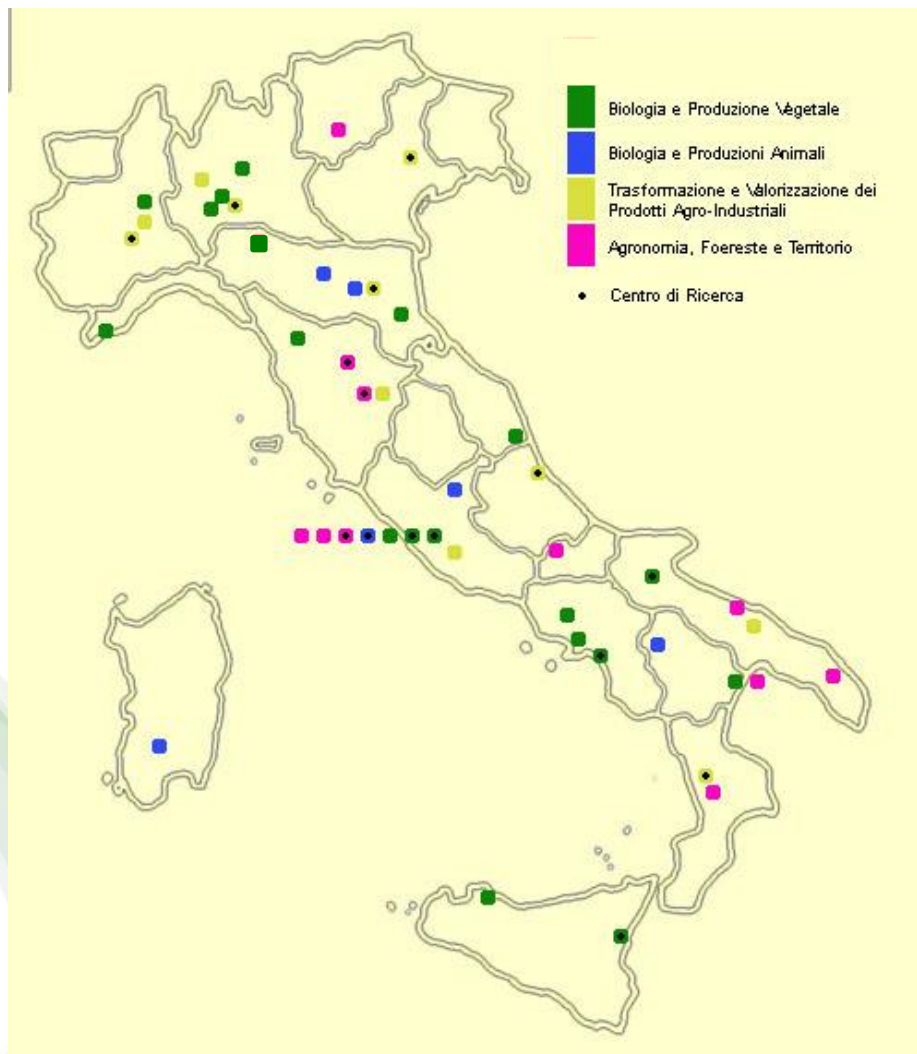
CON.CER  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Fondamenti di GIS e applicazioni

- Concetti fondamentali dei Sistemi Informativi
- Sistemi di riferimento
- Software per la gestione dell'informazione geografica
- Vettori, Raster e loro applicazioni in agricoltura
- Riepilogo

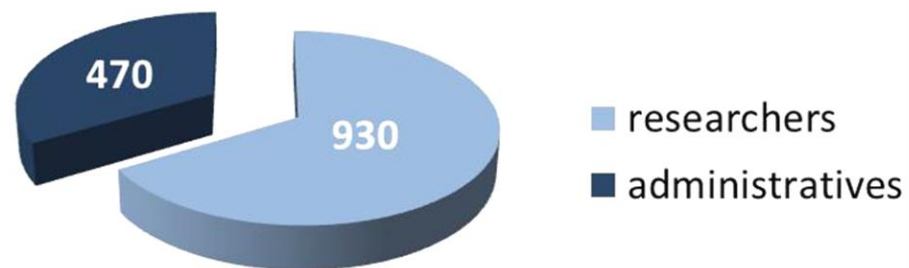
# Il CREA - Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria



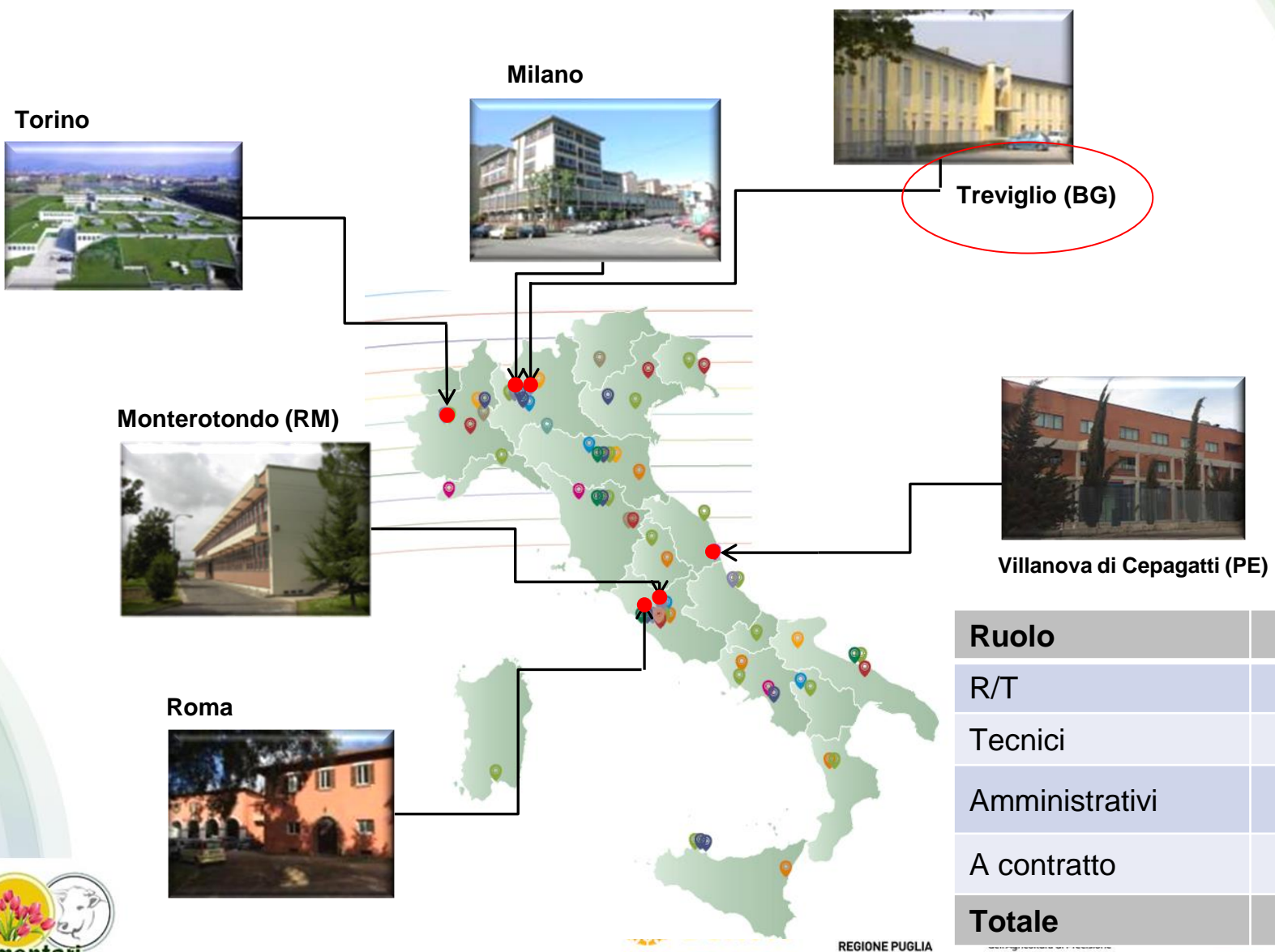
➤ Il più grande Ente pubblico italiano di ricerca in agricoltura

➤ La terza Istituzione pubblica di ricerca

- 47 Centri ed Unità di ricerca
- 5300 ha di aziende sperimentali
- 1400 dipendenti

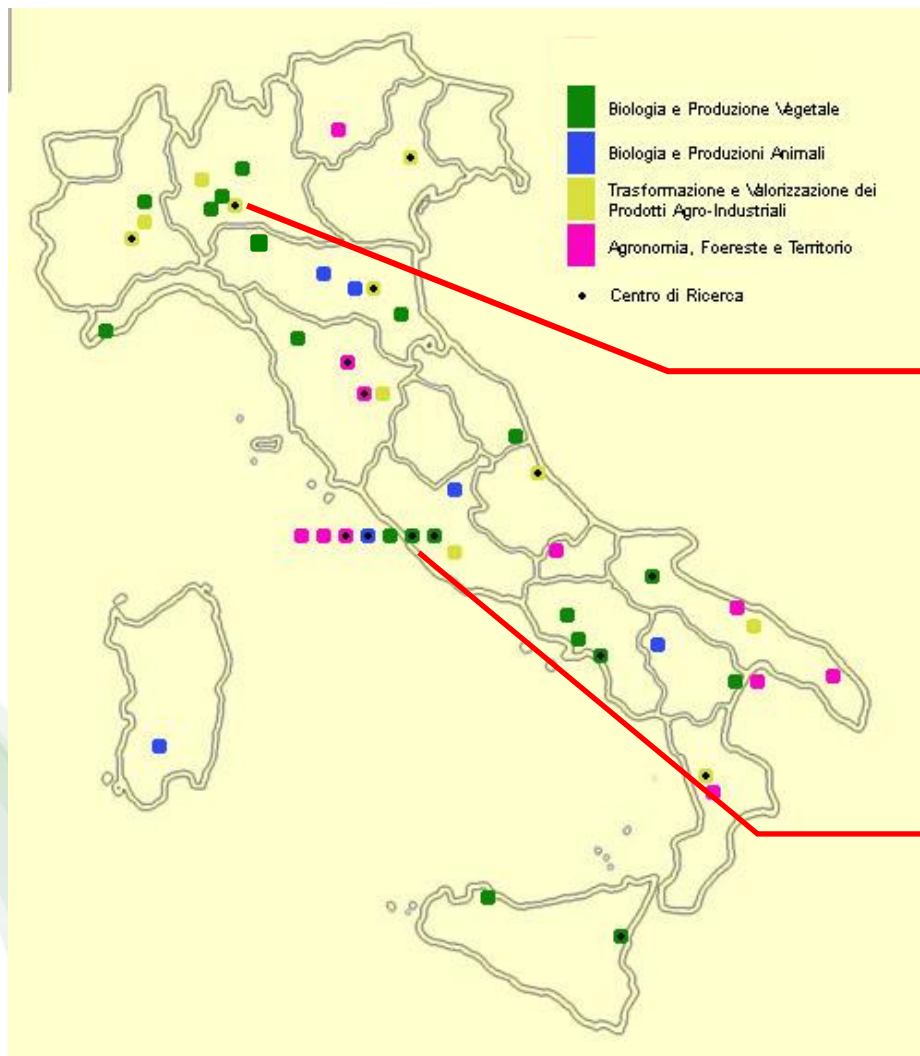


# Il Centro di ricerca ingegneria e trasformazioni agroalimentari



Ruolo	N.
R/T	65
Tecnici	58
Amministrativi	20
A contratto	10
<b>Totale</b>	<b>153</b>

# L'Unità di ricerca per l'ingegneria agraria CREA-IT



## Laboratorio di Treviglio (BG)



## Sede di Monterotondo (RM)



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018 "Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"

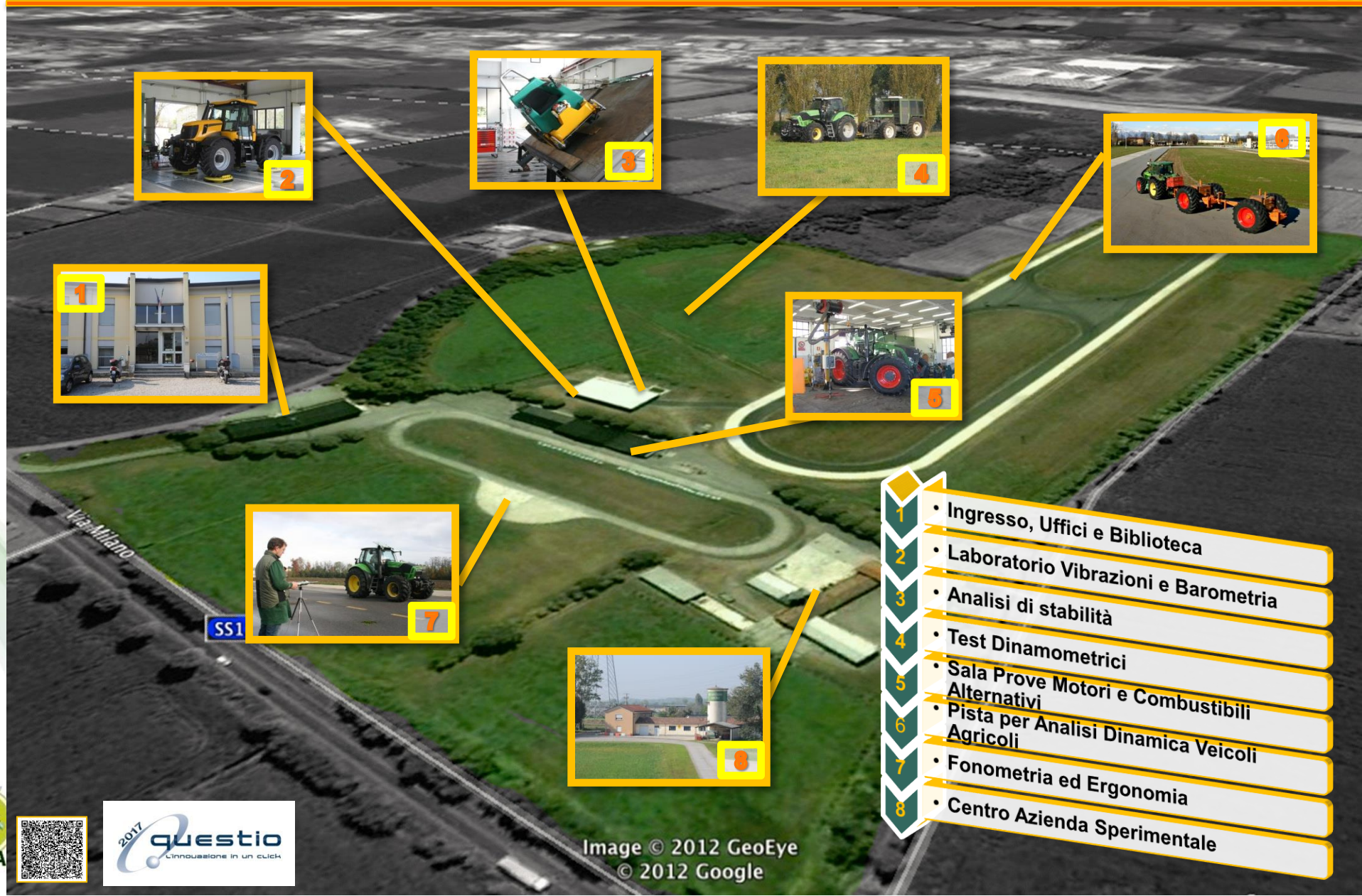


Partner di progetto

La Quercia Soc. Coop. Agricola

ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI

crea



- 1 • Ingresso, Uffici e Biblioteca
- 2 • Laboratorio Vibrazioni e Barometria
- 3 • Analisi di stabilità
- 4 • Test Dinamometrici
- 5 • Sala Prove Motori e Combustibili Alternativi
- 6 • Pista per Analisi Dinamica Veicoli Agricoli
- 7 • Fonometria ed Ergonomia
- 8 • Centro Azienda Sperimentale



# La sede di Treviglio, le origini

1920: nasce l'ISMA a Milano, la **transizione** verso l'introduzione delle macchine in agricoltura  
1957: trasferimento a Treviglio nella nuova sede, la **transizione** verso la ricerca sulle macchine e l'ergonomia  
1990-2017: riforme varie fino alla creazione del CREA, la **transizione** verso l'economia circolare e il digitale



# Ricerche su trattori e OCSE



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018 "Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"

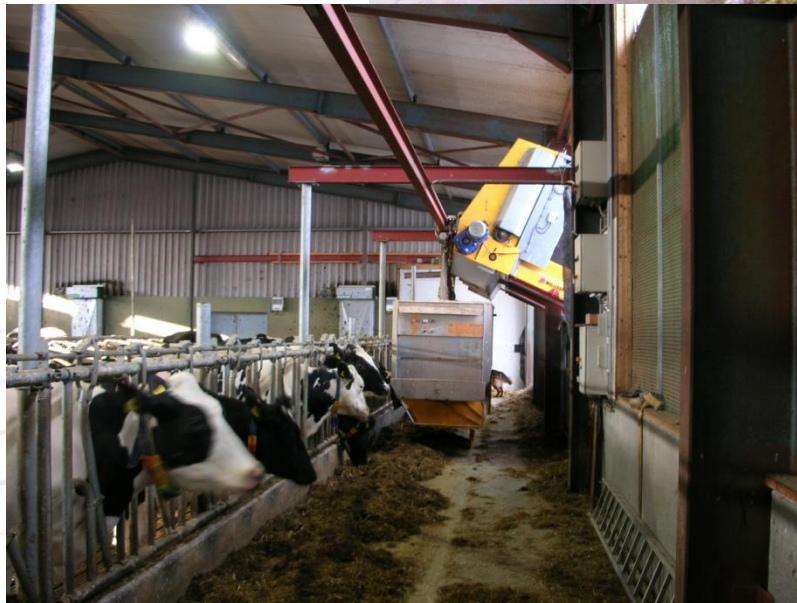


Partner di progetto









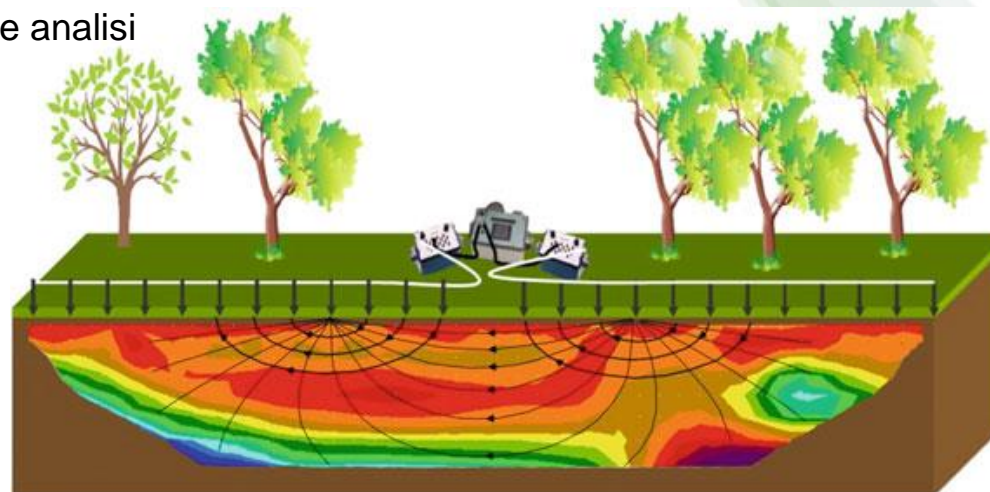


# Robotizzazione



# L'agricoltura 4.0 e il suolo

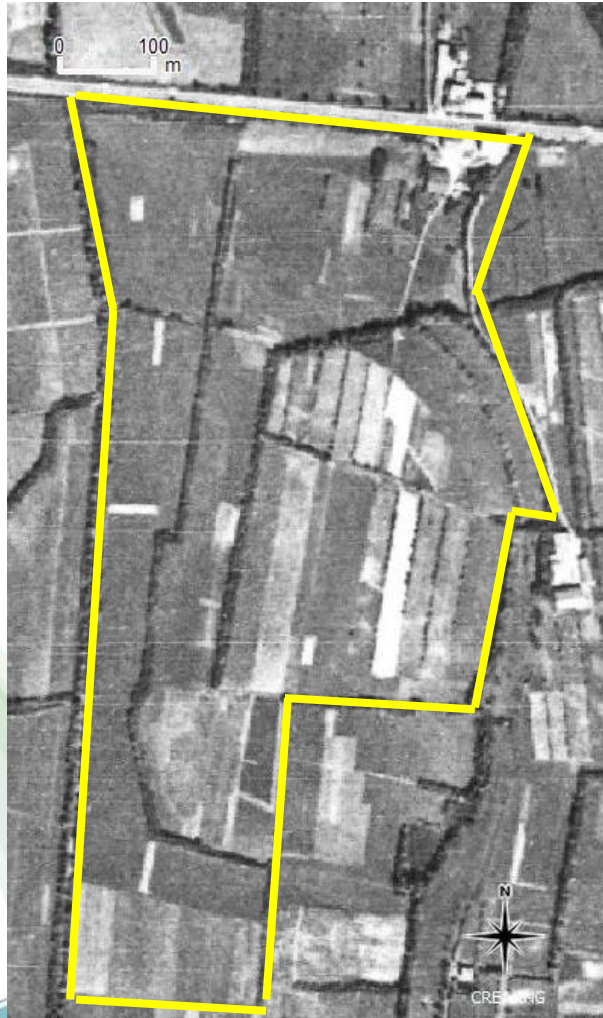
**Transizione:** dalle analisi del suolo «medie» alle analisi georeferenziate



Progetto  
Regionale  
"Avviso P  
pilota per la promozione e lo sviluppo  
dell'Agricoltura di Precisione

# Cosa è successo a Treviglio?

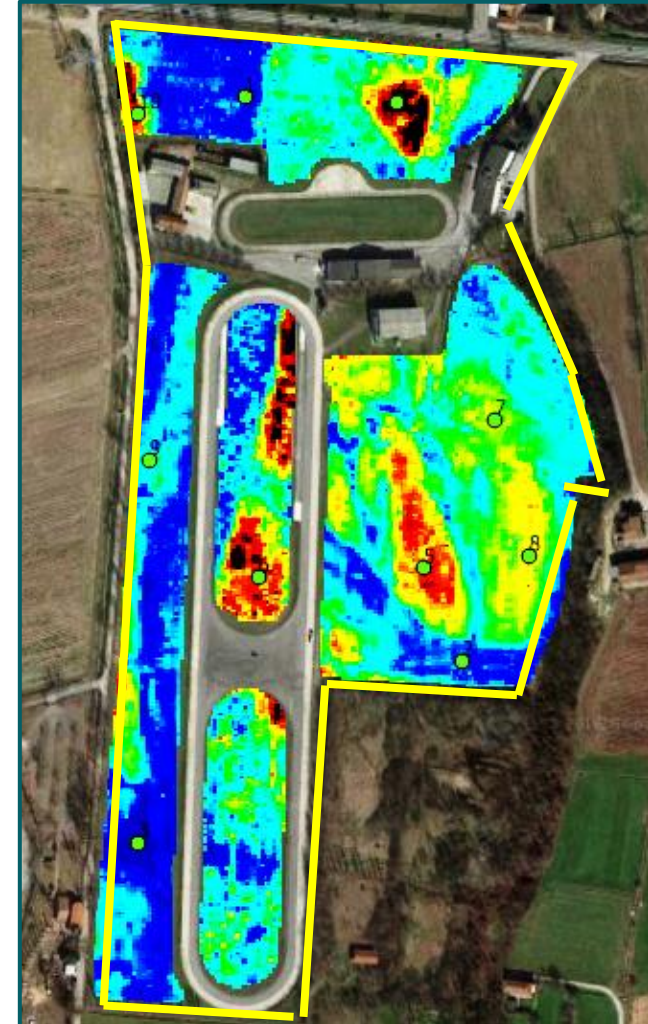
1954



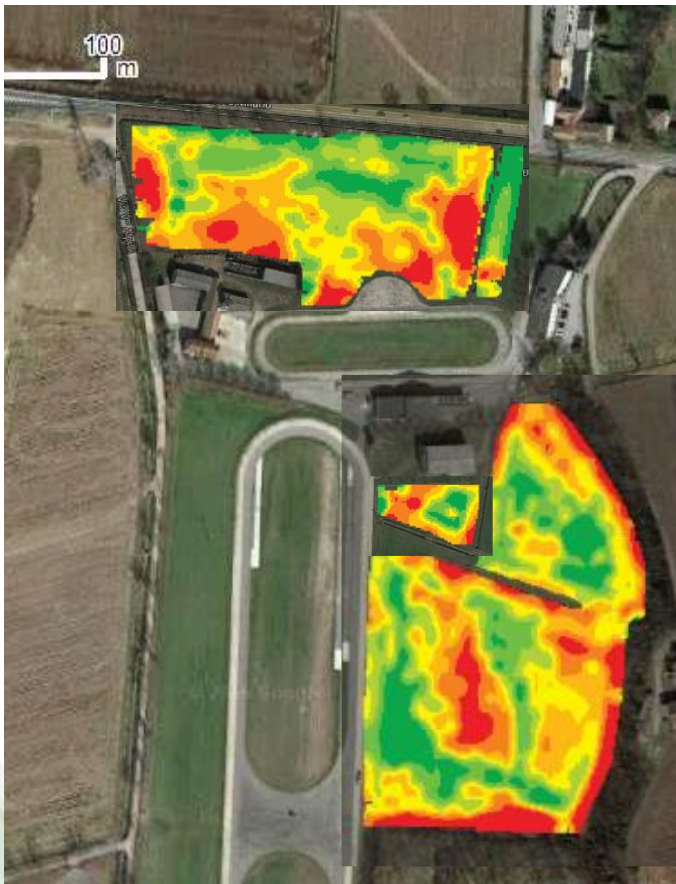
2014



2016

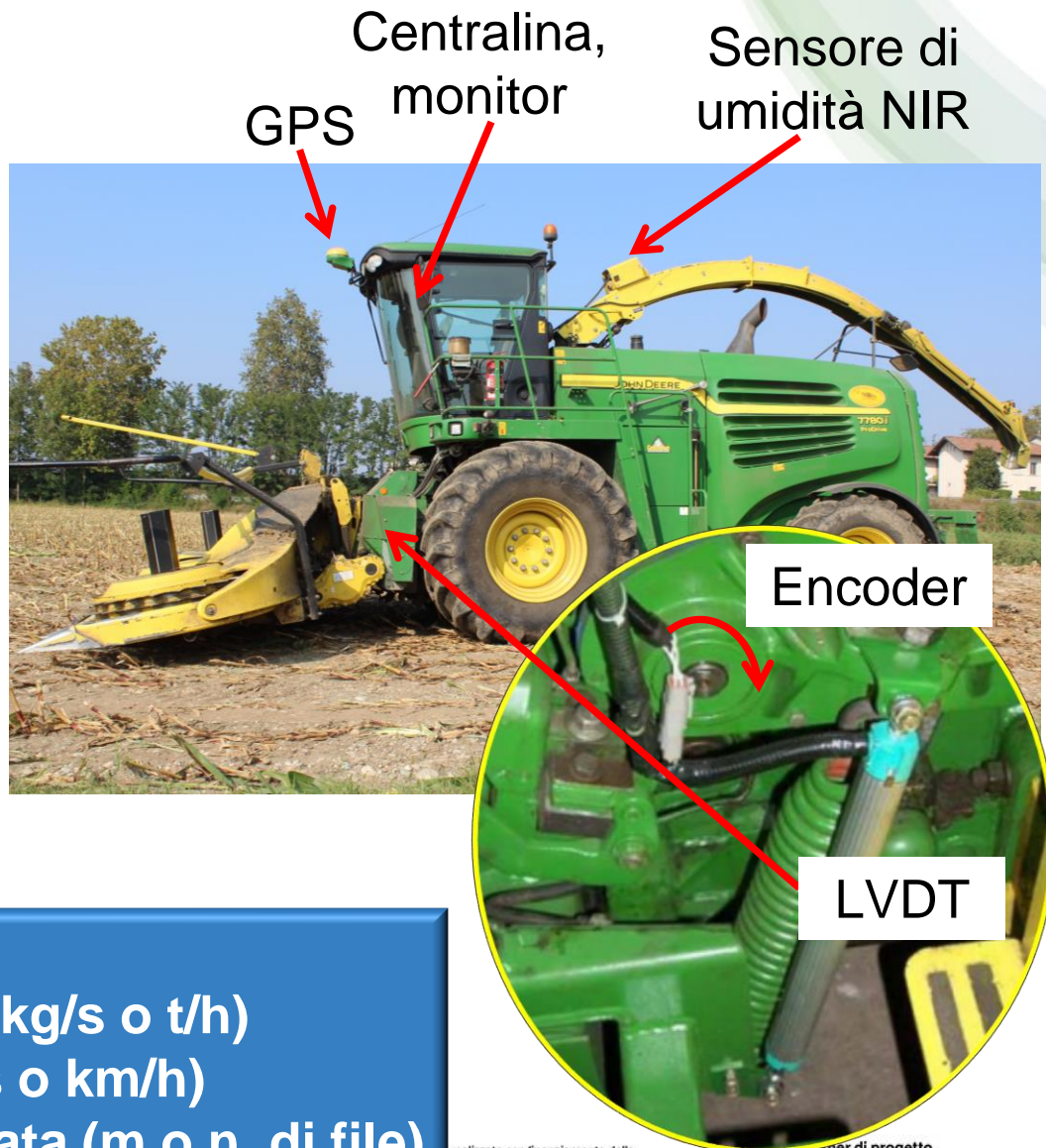


# Le mappe di produzione



## COSA MISURARE

- ✓ entità del flusso di prodotto (kg/s o t/h)
- ✓ velocità di avanzamento (m/s o km/h)
- ✓ larghezza di lavoro della testata (m o n. di file)
- ✓ umidità (%)



realizzato con finanziamento della Puglia - Legge regionale n. 55/2018 pubblico per la presentazione di Progetti per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

# Sistemi informativi territoriali

I sistemi informativi territoriali permettono di analizzare il territorio raccogliendo moltissimi dati di diversa natura.

Sono utilizzati per la gestione e la pianificazione del territorio, con notevole sviluppo nell'urbanistica, unendo conoscenze relative alla geografia, alla statistica e alla progettazione.



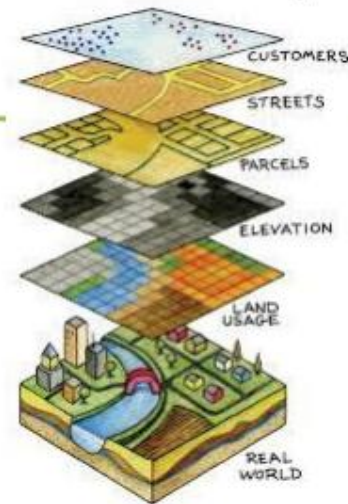
## Definizione di SIT e GIS

Un Sistema Informativo Territoriale (**SIT**) può essere definito come “...una potente serie di strumenti per acquisire, memorizzare, estrarre a volontà, trasformare e visualizzare dati spaziali dal mondo reale” (Burrough, 1986).

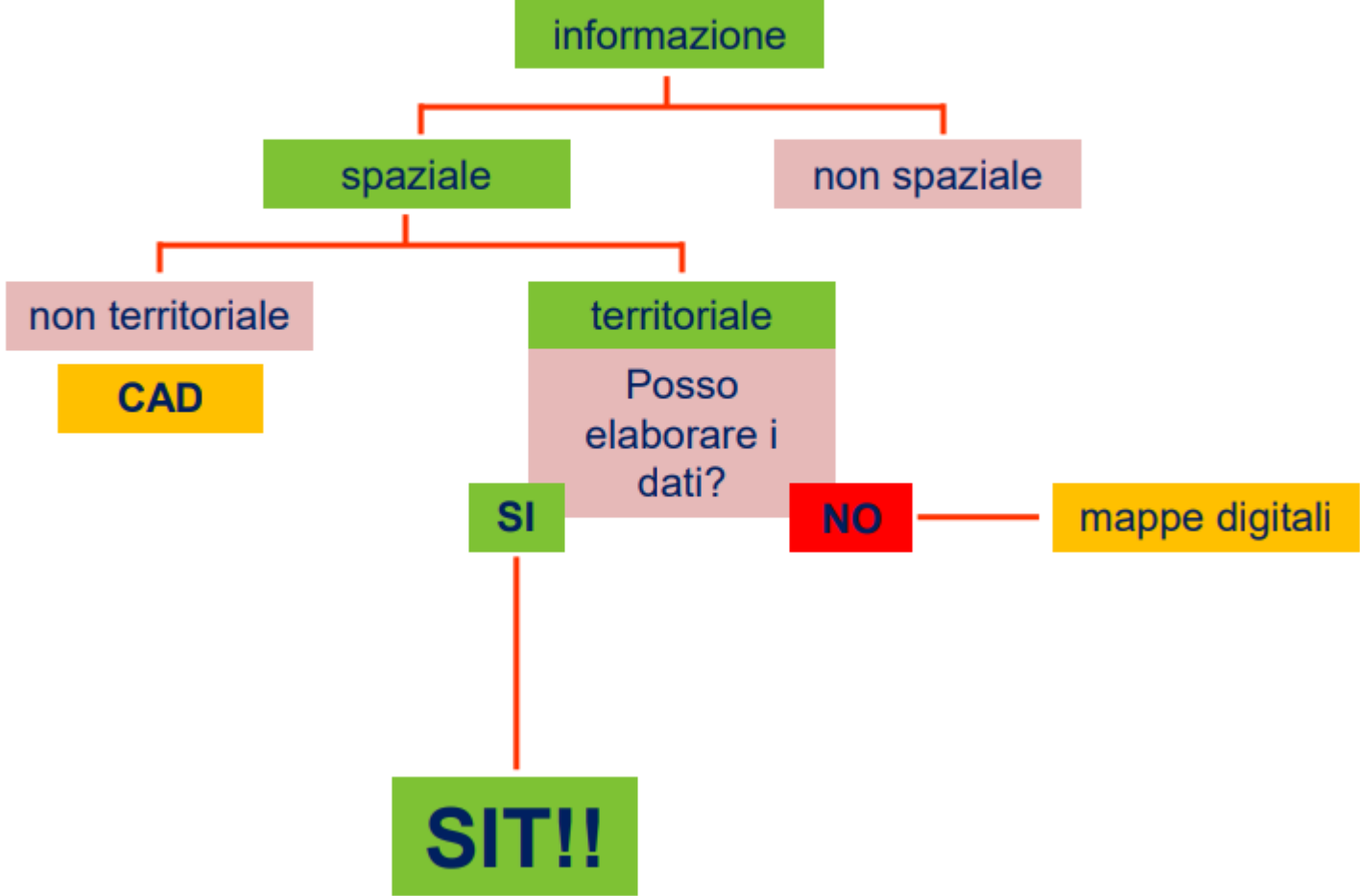
### Le componenti fondamentali di un SIT sono:

- le *informazioni* (dati, da archiviare, elaborare, analizzare);
- la *tecnologia* (hardware/software necessario);
- il *contesto organizzativo* (risorse umane e loro organizzazione);

Nel mondo anglosassone l'equivalente di SIT è **GIS** (Geographic Information System), in Italia si tende a indicare come SIT l'intero sistema, e come GIS il software che lo veicola.



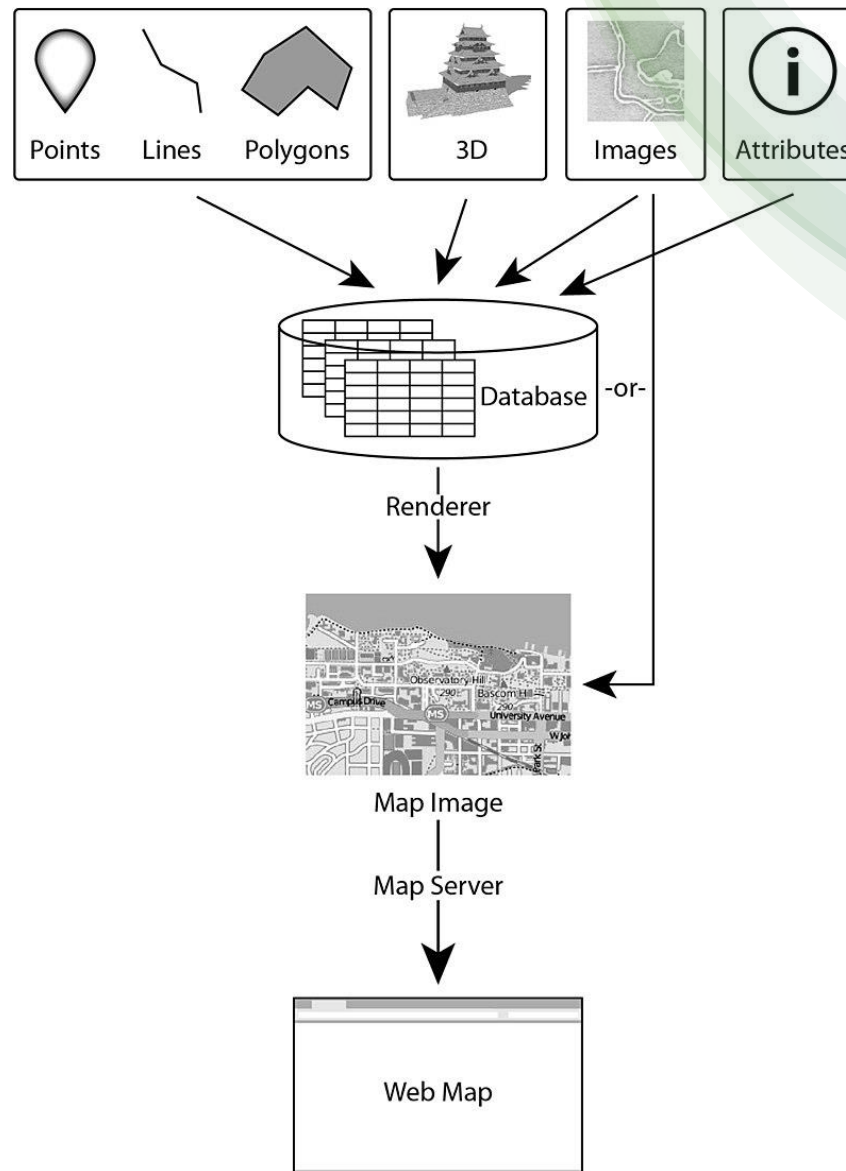
# Tipo di informazione in un SIT



Si tratta di un sistema che permette:

- acquisizione,
- registrazione,
- analisi,
- visualizzazione,
- restituzione,
- condivisione,
- presentazione

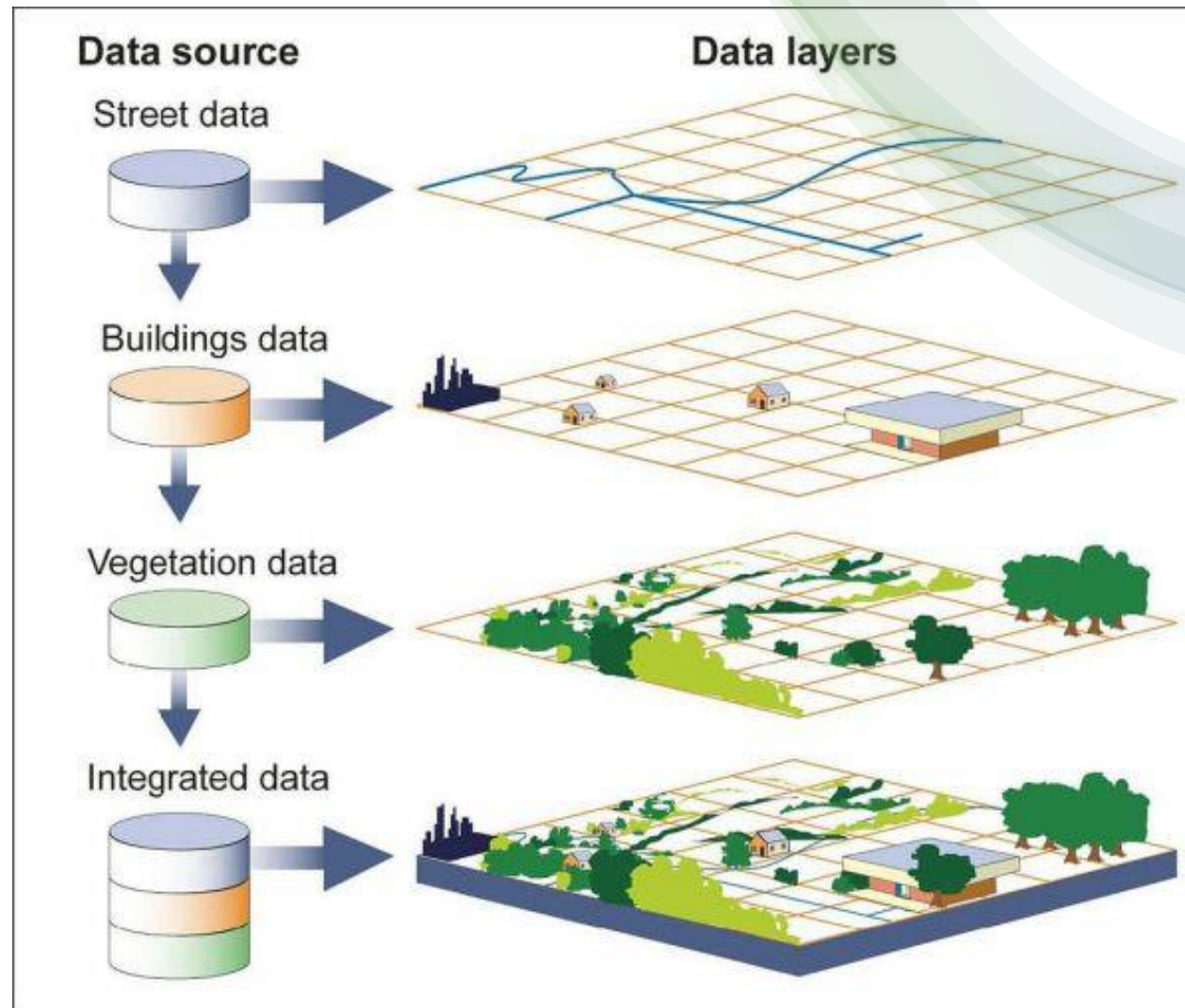
di informazioni derivanti da dati geografici.



# GIS

È quindi un sistema informativo in grado di associare dei dati alla loro posizione geografica sulla superficie terrestre e di elaborarli per estrarne informazioni.

Il suo principale utilizzo è nella cartografia digitale e nello studio di fenomeni umani e naturali terrestri.



Fonte: National Geographic

# Database, Raster, Vettori

La tecnologia GIS integra in un unico ambiente le più comuni operazioni legate all'uso di database (interrogazioni e analisi statistiche) con l'analisi geografica consentita dalle cartografie numeriche, sia raster che vettoriali.

I GIS permettono di analizzare una entità geografica sia per la sua completa natura geometrica (e simbolica) sia per il suo totale contenuto informativo. Ciò è reso possibile dall'integrazione di due sistemi prima separati: i sistemi di disegno computerizzato (CAD-Computer Aided Design) e i database relazionali (DBMS-Data Base Management System).

L'implementazione del GIS avviene tramite i sistemi informativi territoriali (SIT).



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
"Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE** CON.CER  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



## Cenni di geodesia: le dimensioni della Terra

- ❑ Come è noto (ma spesso ce ne dimentichiamo), che la Terra non fosse piatta era ritenuto fortemente probabile (per non dire certo) già dagli scienziati e sapienti antichi, molto prima di Galileo, Copernico, Colombo ecc...
- ❑ Una geniale e affascinante misurazione della circonferenza terrestre fu compiuta dallo scienziato/filosofo greco Eratostene (III secolo a.c.), misurando un arco di **meridiano** che congiungeva le città di Assuan e Alessandria lungo una strada carovaniere, a piedi, e misurando l'angolo disegnato dall'ombra del sole nel giorno del solstizio d'estate.

## L'affascinante esperimento di Eratostene

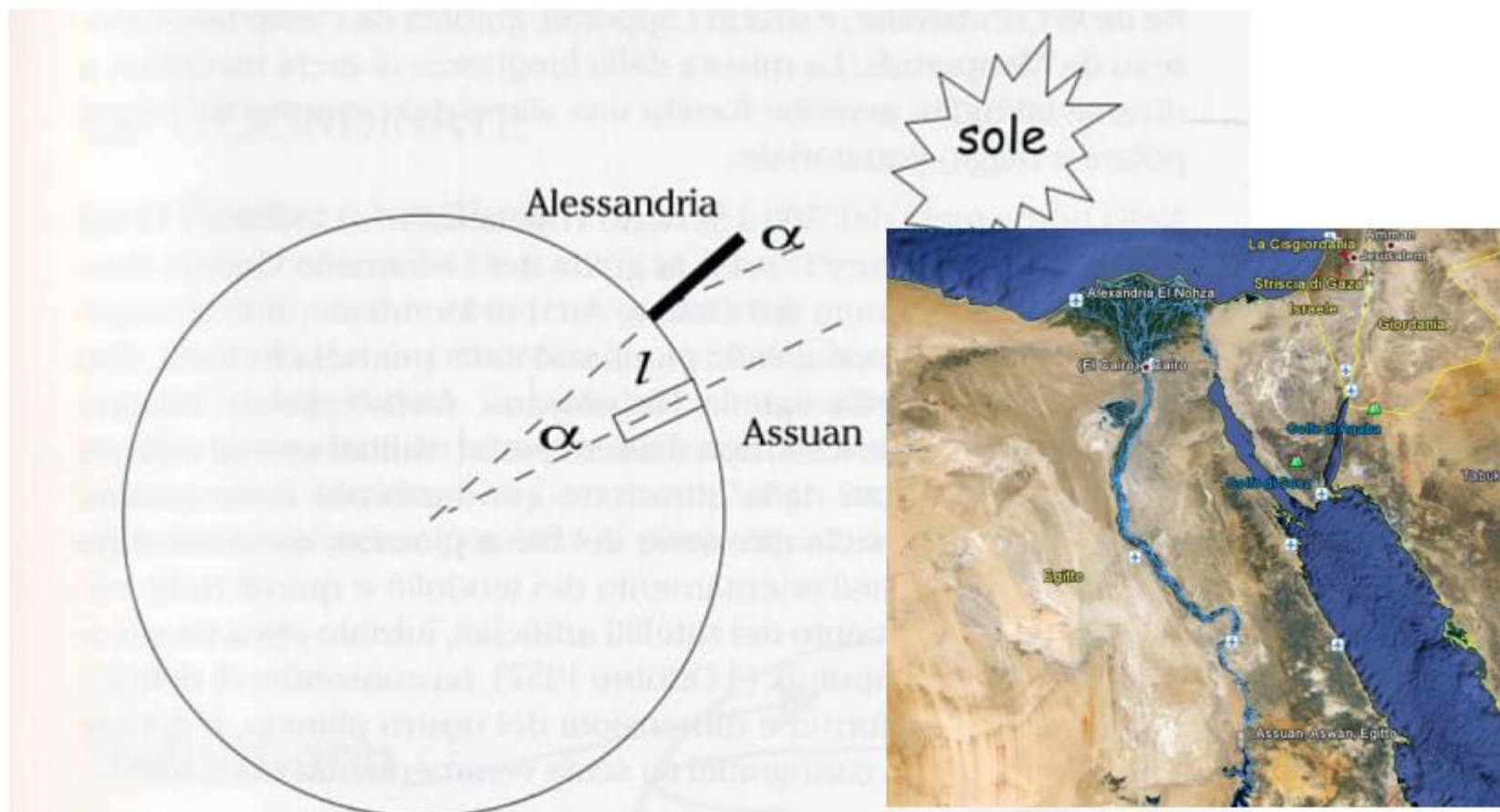


Figura 3. Il metodo di Eratostene per stimare il raggio terrestre  $R$ : l'angolo al centro  $\alpha$  viene determinato misurando l'ombra sotta da un'asta, quando il sole si riflette sul fondo di un pozzo a distanza nota  $l$  lungo il meridiano.

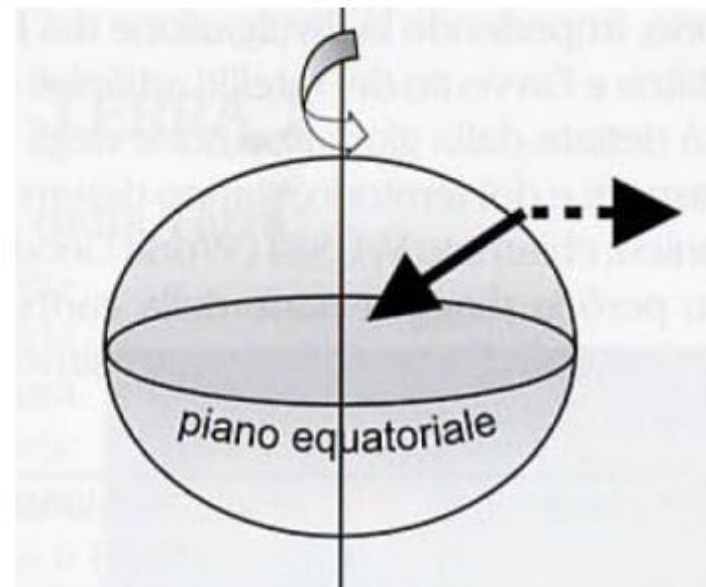
## La misura della Terra nei secoli

- ❑ Si pensi che con questo “rudimentale” sistema Eratostene calcolò una circonferenza della Terra di 46.300 km, solo il 15% in più del valore “vero” che oggi conosciamo.
- ❑ Tanto per avere un paragone, ai tempi di Cristoforo Colombo (1700 anni dopo) gli scienziati credevano che la terra avesse una circonferenza molto più piccola! Se Colombo ne avesse conosciuto il valore vero non sarebbe mai partito, e se non avesse trovato l’America si sarebbe disperso nelle immensità degli oceani.
- ❑ Fino all’800 i metodi per misurare la Terra sono rimasti più o meno gli stessi, solo con mezzi più sofisticati. Dal ‘900 in poi abbiamo il fondamentale aiuto dei satelliti e delle tecnologie spaziali.



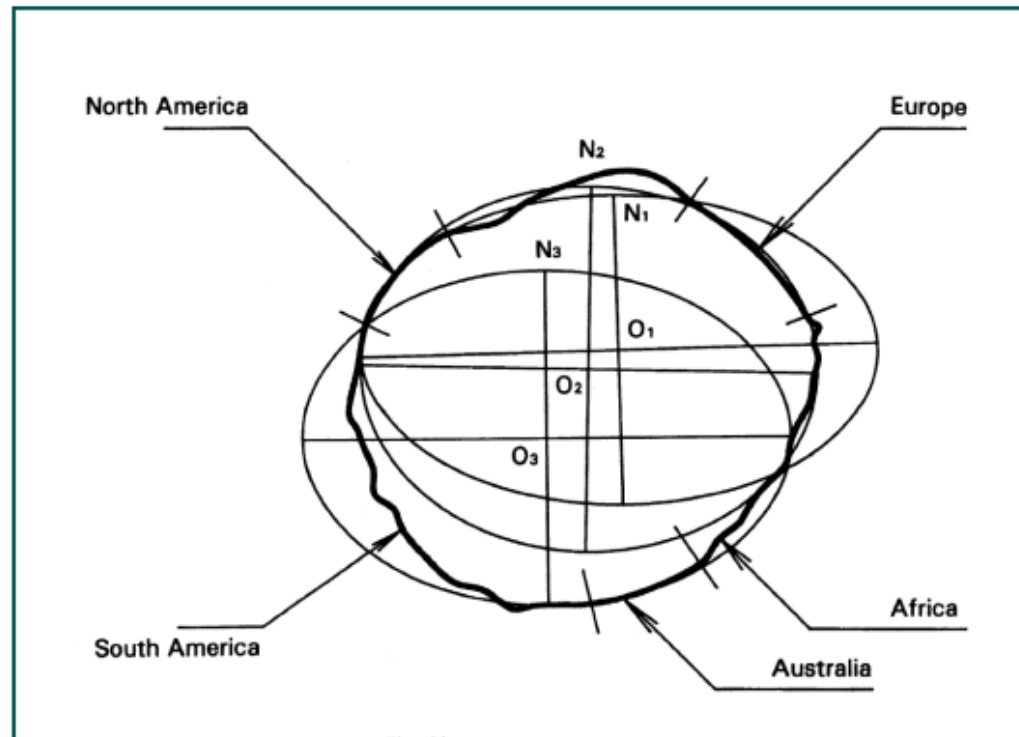
## Cenni di geodesia: la forma della Terra

- ❑ La forma fisica della Terra è simile a quella di una patata tondeggiante, e viene definita **GEOIDE**, corrispondente alla superficie di equilibrio degli oceani.
- ❑ Per i calcoli geografici, topografici, astronomici ecc... è necessaria una forma regolare, descrivibile attraverso opportune equazioni matematiche.
- ❑ La migliore approssimazione della patata/geoide è un **ellissoide** di rotazione descritto dai suoi due assi (maggiore e minore) e, di conseguenza, dal **coefficiente di schiacciamento**.



## Cenni di geodesia: la forma della Terra

Uno stesso ellissoide matematico può essere fatto aderire alla patata/Terra in corrispondenza di regioni terrestri diverse. La conseguenza è che esso “funzionerà” meglio in quelle regioni piuttosto che in altre. E' per questo motivo che continenti diversi usano modelli ellissoidici diversi, pur se basati sullo stesso ellissoide.



## Il Datum

Quindi, definito un ellissoide di rotazione (dimensione assi e parametro di forma), se ne stabilisce l'origine (punto di emanazione e azimuth), realizzando così un **Datum**: modello matematico della Terra usato per calcolare le **coordinate geografiche** dei punti.

In pratica, un Datum planimetrico è costituito da: 8 parametri geometrici (due di forma dell'ellissoide e 6 di posizione e orientamento), e una rete compensata di punti estesa su tutta l'area di validità del Datum.

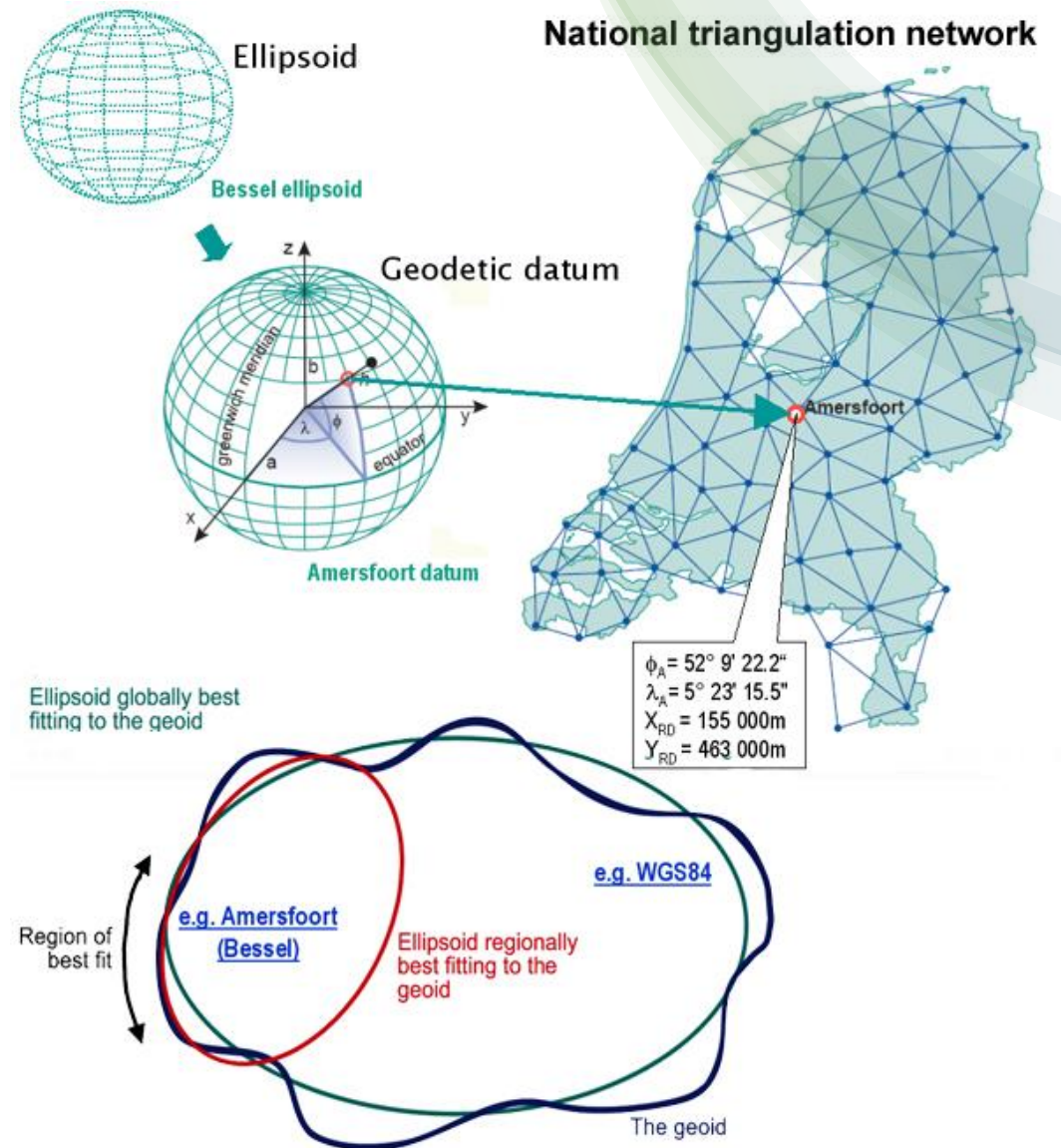
Definito il Datum, è automaticamente istituito un sistema di coordinate geografiche (**latitudine** e **longitudine**).

Successivamente utilizzando una determinata equazione di rappresentazione cartografica si ottiene un sistema di **coordinate piane** (metriche, ad esempio Nord ed Est).

# Datum

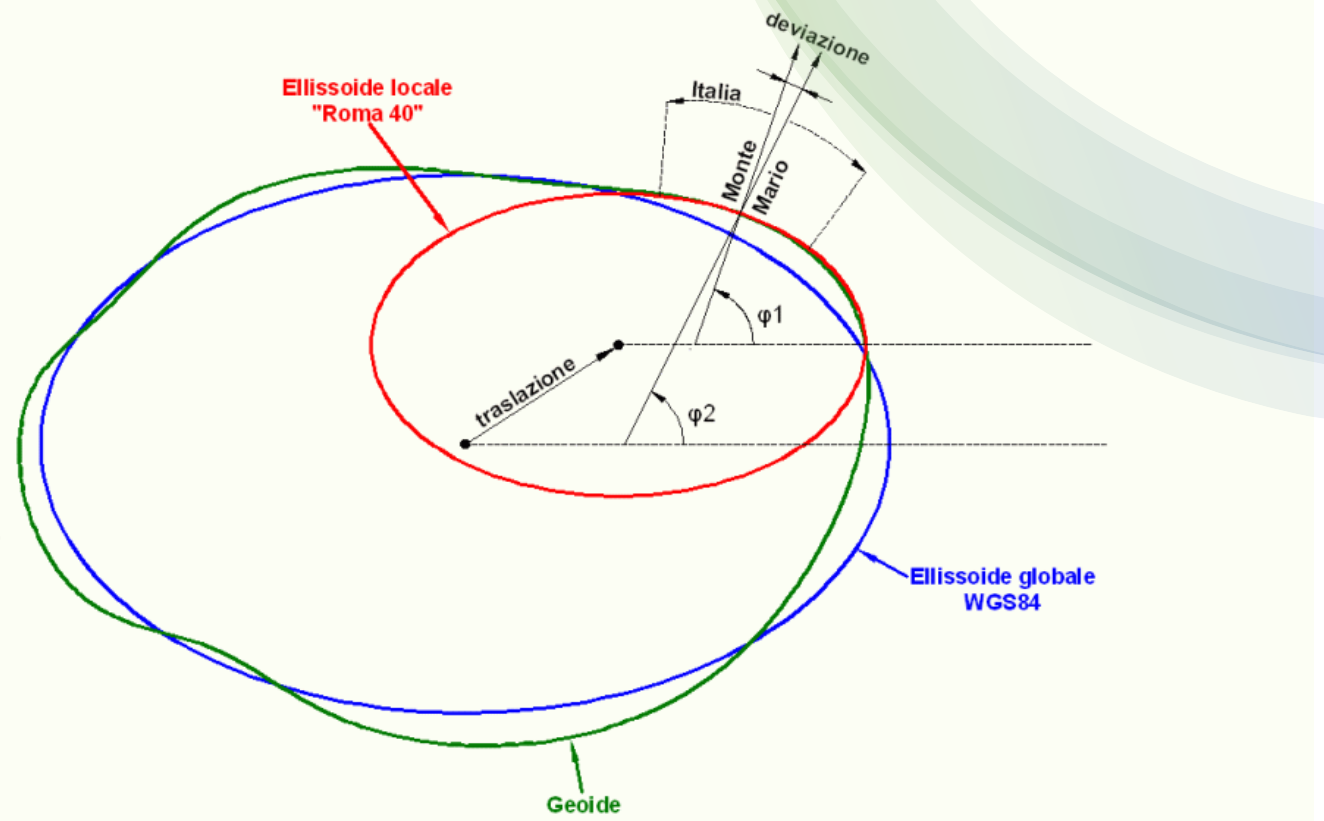
Quando si assume che, per la rappresentazione cartografica di una porzione di superficie terrestre (come il territorio italiano), si utilizza uno specifico ellissoide, traslato ed opportunamente ruotato per adattarsi al meglio alla Terra (in quella zona), si definisce un **datum geodetico**, o semplicemente un **datum**.

Un **datum** è quindi un modello generato da **due parametri di forma** (i valori dei semiassi dell'ellissoide) e da **sei parametri di orientamento** (tre parametri per la traslazione e tre parametri per la rotazione dell'ellissoide). Attenzione! Un Datum non è un sistema di riferimento!



# Datum

- Un *datum* molto utilizzato in Italia, a partire dal 1948, è il **ROMA40**.
- L'ellissoide di rotazione scelto è quello di *Hayford*, l'orientamento avviene a **Roma Monte Mario** ed il meridiano che passa di lì è quello fondamentale per la definizione delle longitudini dei punti. Questo *Datum* è stato usato per la produzione cartografia dell'IGM fino alla fine degli anni '80.
- la legge italiana lo ha dismesso da qualche anno (dal 2011) ma è largamente usato nella Cartografia Tecnica Regionale (CTR).



# Datum geocentrici – WGS84

I *datum* geocentrici (e i sistemi di riferimento globali che ne derivano) hanno iniziato ad assumere particolare importanza con lo sviluppo del rilievo satellitare.

Un ellissoide geocentrico approssima abbastanza bene tutta la superficie della Terra.

Nel confronto con un ellissoide locale, quello geocentrico perde per accuratezza di rappresentazione nella zona ma si adatta trasversalmente a tutte le altre parti della Terra.

Il più *famoso* ellissoide geocentrico è il **WGS84** – *World Geodetic System*.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE** La Quercia Soc. Coop. Agricoli  
**CON.CER** ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



## Il Datum WGS84

**WGS84** – World Geodetic System definito nel 1984 (e suoi aggiornamenti) è di gran lunga il datum più usato a scala mondiale.

WGS84 è un datum geocentrico (punto di origine nel centro della Terra), con orientamento degli assi su Equatore (orizzontale) e Polo Nord (verticale).

A differenza dei datum “locali” (europei, nordamericani ecc...), esso spalma la sua imprecisione in misura uniforme su tutto il pianeta, quindi consente di usare una cartografia unica senza creare “fratture” tra regioni terrestri diverse.

E' perfettamente congruente con le modalità di calcolo delle coordinate usate nel **GPS** (anzi, il datum stesso è stato costruito a partire dal sistema GPS).

In Europa se ne usa un “adattamento” denominato **ETRS89**, che presenta differenze percepibili solo per sofisticati calcoli geodetici, ma trascurabili per l'uso corrente nei GIS.

## Cenni di geodesia: le dimensioni della Terra

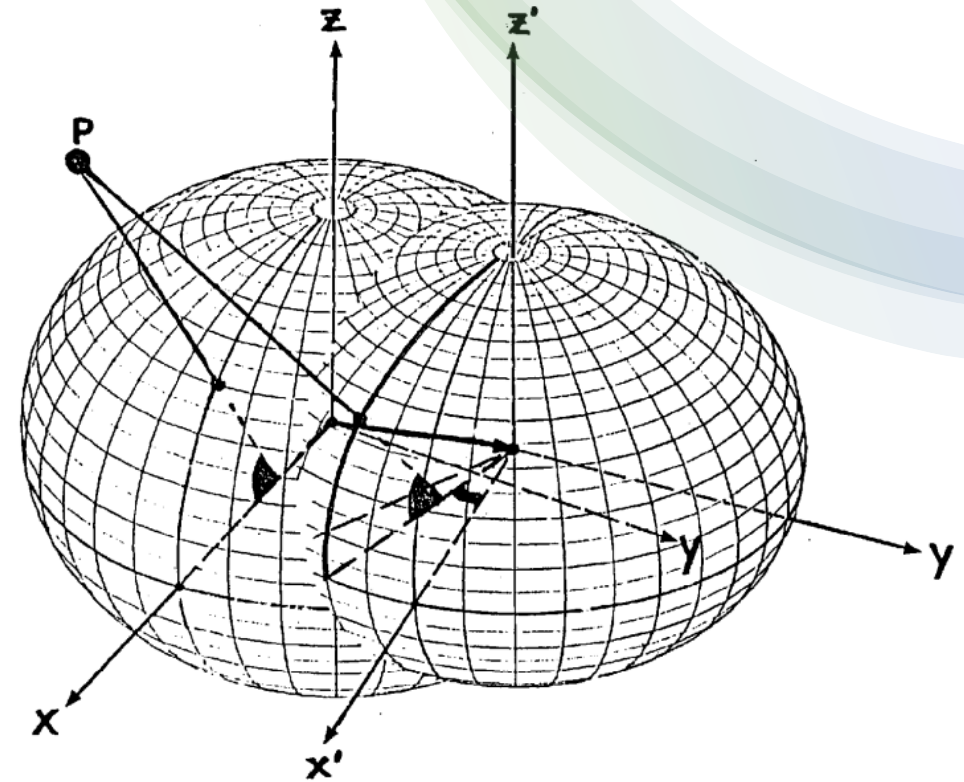
- ❑ Il semiasse maggiore dell'ellissoide WGS84 misura circa 6378 km, mentre quello minore circa 6356 km. La circonferenza della Terra all'Equatore è di circa 40000 km.
- ❑ Come possiamo vedere la differenza fra i due assi, in proporzione alle dimensioni, è veramente piccola. Ciò significa che questo ellissoide somiglia molto a una sfera (**sferoide**), e che per calcoli entro distanze non troppo elevate (~ 10 km) possiamo usare le equazioni della sfera, semplificandoci molto la vita.



# Sistema di riferimento

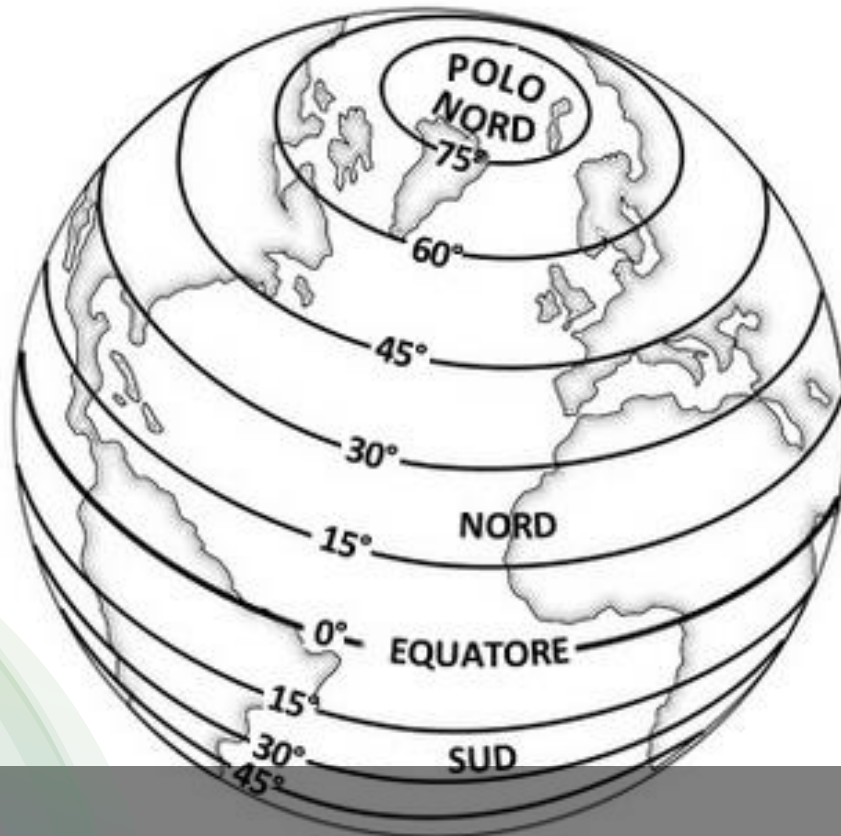
- Un Datum non è un sistema di riferimento!
- Sull'ellissoide, locale o geocentrico, si deve individuare la posizione di un punto che sta sulla superficie terrestre. Lo si fa attraverso una coppia di coordinate: **latitudine** e **longitudine**, le **coordinate geografiche**.
- Si sceglie l'**Equatore** ed il **Meridiano di Greenwich**. Solo ora è possibile conoscere **univocamente** la posizione di ogni punto sulla superficie della Terra.
- Un Sistema di Riferimento è quindi formato da un *datum geodetico* e da regole che definiscono i riferimenti per le misure delle posizioni dei punti.

- Uno stesso punto, rispetto a due diversi datum, ha coordinate diverse, come si deduce in maniera intuitiva dalla seguente figura (da Beutler):
- Tali differenze sono in genere di entità notevole, anche di centinaia di metri, per cui è per una corretta georeferenziazione è indispensabile specificare esattamente il datum a cui si riferiscono le coordinate date
- Considerando l'entità dei raggi di curvatura alle nostre latitudini si ottiene  $1'' = \text{circa } 30 \text{ m}$  (latitudine) , circa  $20 \text{ m}$  (longitudine)

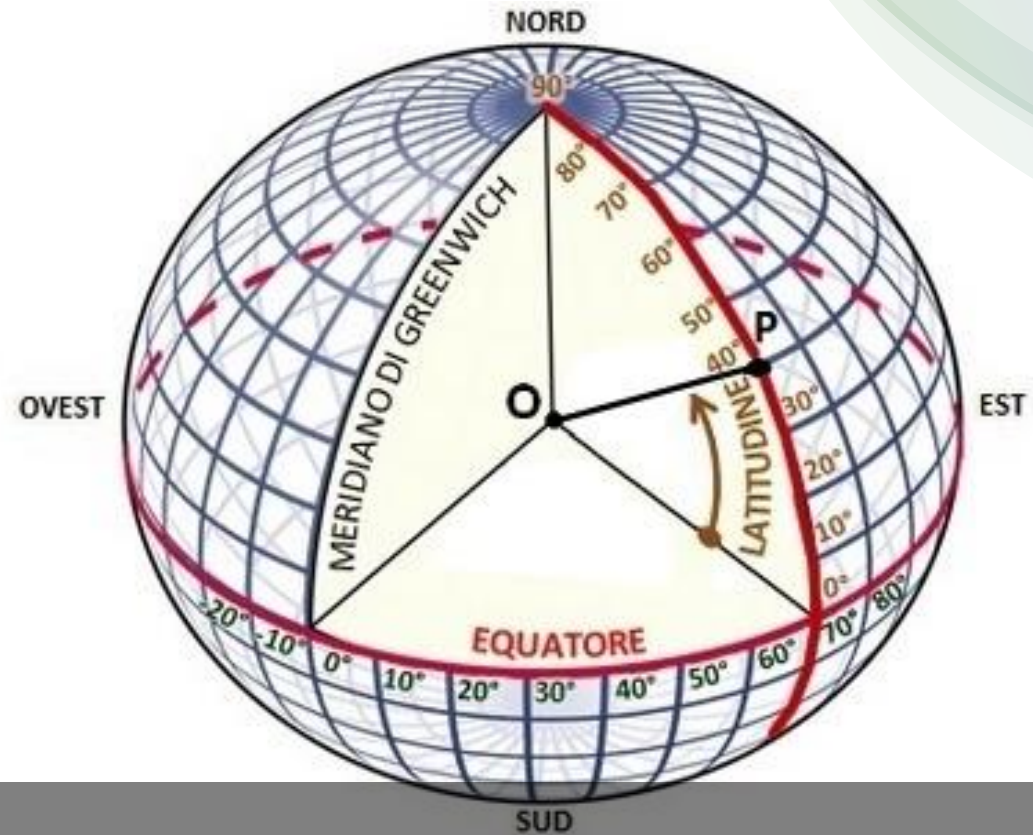


Ellissoide	Hayford	Hayford	WGS84
Orientamento	Monte Mario	Medio Europeo	Geocentrico
Coordinate geografiche			
Meridiano di riferimento longitudine	Monte Mario	Greenwich	Greenwich
Riferimento latitudine	Equatore	Equatore	Equatore
Coordinate cartografiche	Gauss- Boaga	UTM- ED50	UTM- WGS84
Fusi, meridiani centrali, false origini, fattore di contrazione	Ovest ed Est 9° e 15° E Greenwich 1500 e 2520 Km. K=0.9996	32, 33 e parte nel 34 9°, 15° e 21° E Greenwich Sempre 500 Km. K=0.9996	32, 33 e parte nel 34 9°, 15° e 21° E Greenwich Sempre 500 Km. K=0.9996

# Sistemi di coordinate



PARALLELI



LATITUDINE

# Sistema di riferimento (SR)

- Con l'aiuto dei sistemi di riferimento di coordinate (SR) ogni luogo sulla Terra può essere identificato da un insieme di tre numeri, definite coordinate.
- In generale, i SR possono essere suddivisi in **sistemi di riferimento di coordinate proiettate** (chiamati anche sistemi di riferimento di coordinate cartesiane o rettangolari) e **sistemi di riferimento di coordinate geografiche**.
- L'utilizzo dei Sistemi di Riferimento è molto comune. Essi usano i gradi di latitudine e longitudine per descrivere una posizione sulla superficie terrestre.

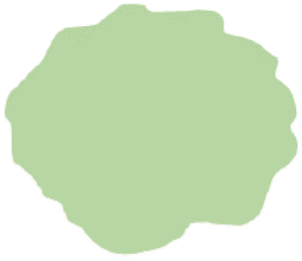
# Sistema di coordinate terrestri

- Un **sistema di coordinate terrestri** è un insieme di parametri uniti a formare una terna di funzioni di punti sufficientemente regolari  $X_i(P)$  ( $i=1,2,3$ ), grazie alla quale si identificano in maniera univoca gli oggetti sulla superficie terrestre. La posizione degli oggetti viene espressa mediante un sistema di coordinate riferite ad un opportuno sistema geodetico di riferimento (Datum). I sistemi di coordinate sono molti e tra loro equivalenti, è possibile passare da uno all'altro mediante l'utilizzo di opportune formule matematiche. Ogni sistema di coordinate può essere materializzato solo attraverso misurazioni che legano fisicamente gli elementi caratteristici del sistema di coordinate con i punti oggetto di rilievo.

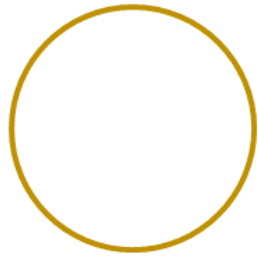
# Sistema di coordinate terrestri

- Il sistema di coordinate geografiche consente di individuare in maniera precisa e biunivoca ogni punto della superficie terrestre, la sua corrispondente rappresentazione sulla carta e viceversa. Esso è individuato dalla latitudine, dalla longitudine e dall'altitudine. La latitudine si definisce come il valore angolare dell'arco di meridiano compreso fra il punto e l'equatore, la longitudine è il valore angolare dell'arco di parallelo compreso fra quel punto e un meridiano di riferimento, infine l'altitudine o quota è definita rispetto ad un livello di riferimento, quello medio del mare, nei cui confronti può assumere valori positivi e negativi.

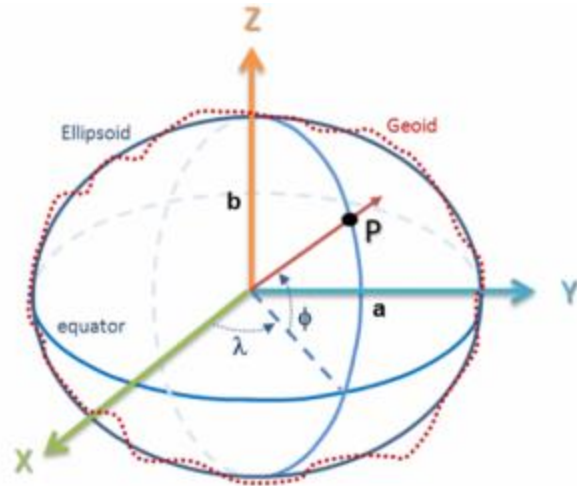
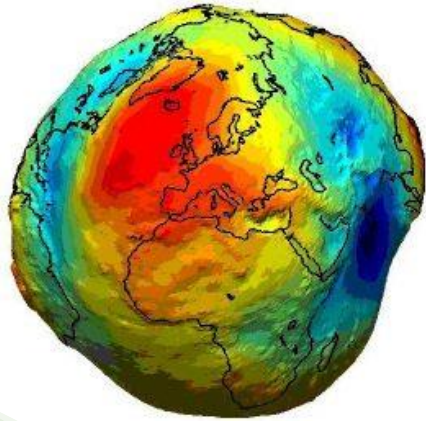
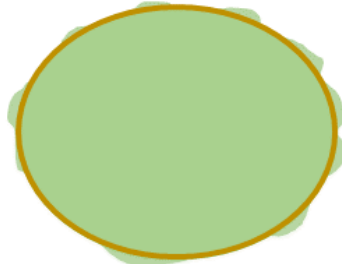
Planet earth



Spheres



WGS84



BIH-Defined Zero Meridian (1954.0)

$X_{WGS\ 84}$

BIH-Defined CTP (1984.0)

$Z_{WGS\ 84}$

$\omega$

Earth's Center of Mass



$Y_{WGS\ 84}$

WGS 84 Reference Frame

# WGS84 - World Geodetic System 1984



# Ellissoidi

- Bessel (1841)
- Clarke (1866)
- Helmert (1906)
- Hayford (1910)
- Internazionale (1924)
- GRS80 (1979)
- WGS84 (1984)
- IERS (1989)



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

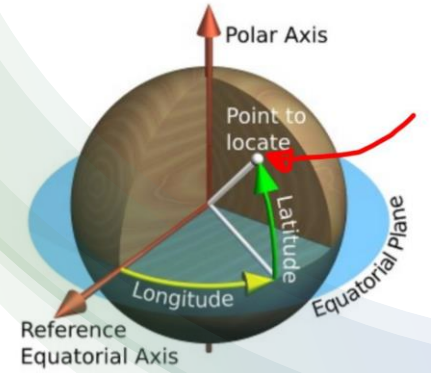


Partner di progetto  
**HORT@**  
— From research to field —

**CAIONE** **CON.CER**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Latitudine



**Le linee di latitudine** corrono parallele all'equatore e dividono la Terra in 180 sezioni da Nord a Sud (o da Sud a Nord).

La linea di riferimento per la latitudine è l'equatore e ogni **emisfero** è diviso in novanta sezioni, ciascuna di un grado di latitudine.

Nell'emisfero nord, i gradi di latitudine sono misurati da zero all'equatore a novanta al polo nord.

Nell'emisfero sud, i gradi di latitudine sono misurati da zero all'equatore a novanta gradi al polo sud.

Per semplificare la digitalizzazione delle mappe, ai gradi di latitudine nell'emisfero sud sono spesso assegnati valori negativi (da 0 a  $-90^\circ$ ). Ovunque sulla superficie terrestre, la distanza tra le linee di latitudine è la stessa (60 miglia nautiche).



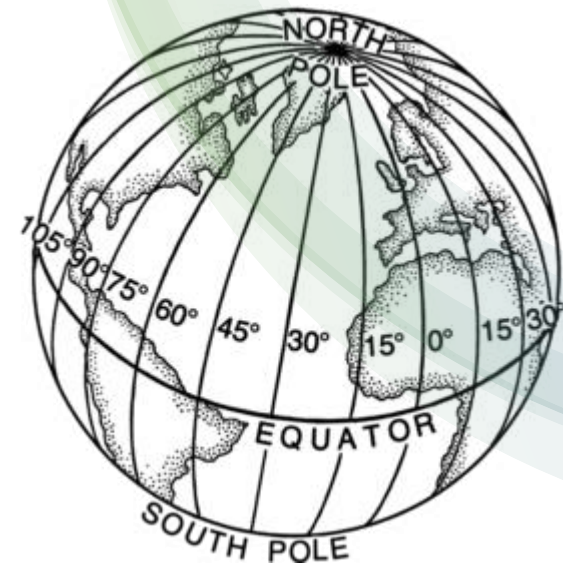
Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto



# Longitudine



La **longitudine** (dal latino *longitudo*, *longitudinis*; derivato di *longus*, "lungo") è la coordinata geografica che specifica quanto la posizione di un punto sulla superficie terrestre si trovi ad est oppure ad ovest rispetto al Meridiano di Greenwich assunto come riferimento.

Rispetto a quest'ultimo, esiste pertanto una longitudine orientale da 0° a 180° (Long E) e una longitudine occidentale da 0° a 180° (Long W).

In altri termini, la longitudine è la distanza angolare misurata in gradi, lungo l'arco di parallelo compreso tra il Meridiano fondamentale di Greenwich, e il meridiano passante per il punto considerato. Essa è definita in maniera analoga, ma riferita a differenti meridiani e piani di riferimento, anche in astronomia.

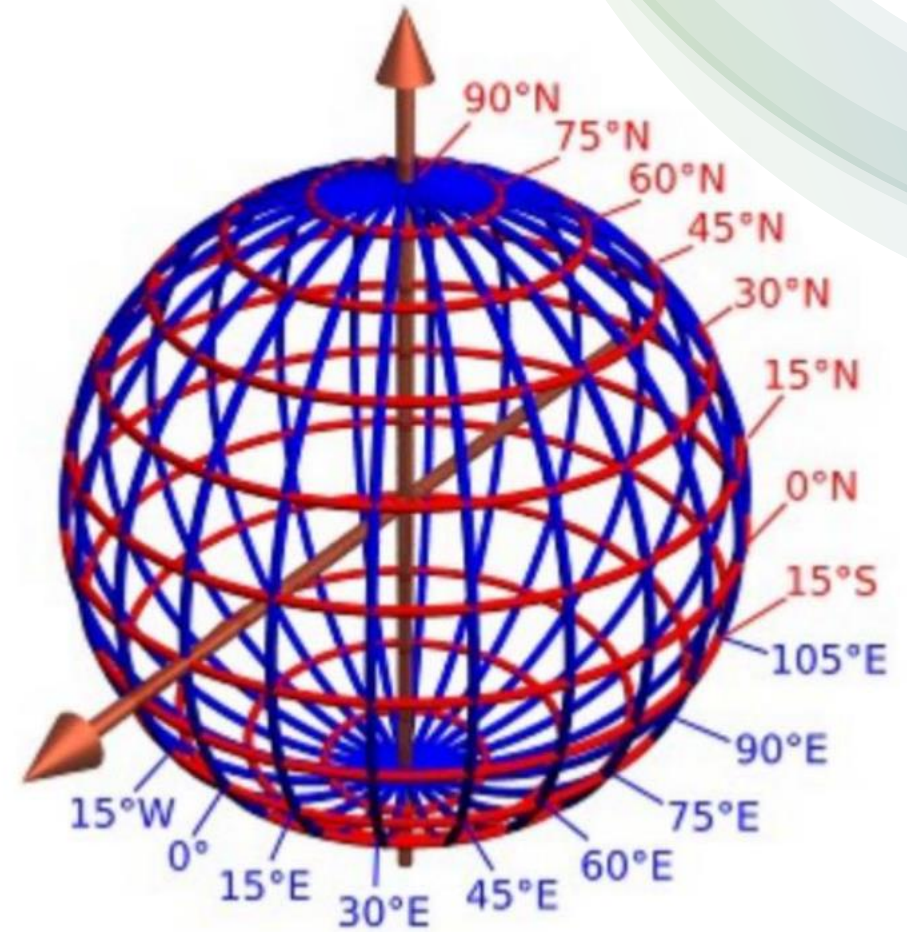
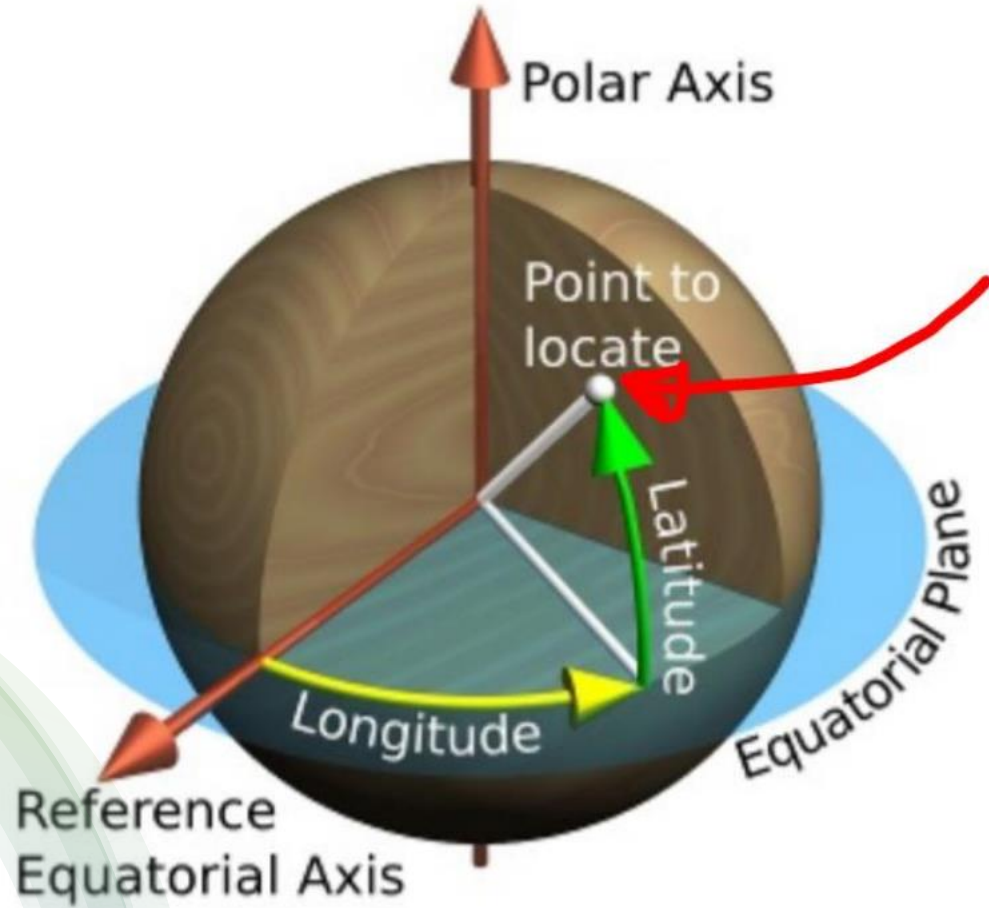


Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto





# Proiezioni cartografiche

- Le **Proiezioni cartografiche** cercano di rappresentare la superficie della terra, o una porzione della terra, su un pezzo di carta piatto o sullo schermo di un computer. In parole povere, le proiezioni cartografiche **cercano di trasformare la terra dalla sua forma sferica (3D) ad una forma planare (2D)**.
- Un **sistema di riferimento di coordinate (SR)** definisce quindi il modo in cui la mappa bidimensionale proiettata nel GIS si riferisce ai luoghi reali sulla terra. La decisione di quale proiezione cartografica e SR usare dipende dall'estensione regionale dell'area in cui si desidera lavorare, dall'analisi che si desidera eseguire e spesso dalla disponibilità dei dati.

## Proiezioni cartografiche e sistemi di riferimento

- ❑ Per rappresentare la forma e le dimensioni della Terra e di sue piccole porzioni su una carta, abbiamo il problema di trasformare una superficie curva in una piana.
- ❑ Se provate a incartare un'arancia con un foglio, per quanto cerciate di far aderire bene la carta alla buccia vi rimarranno sempre delle piccole grinze.
- ❑ E' necessario quindi introdurre delle "approssimazioni" e delle "distorsioni" per avvicinare linee e superfici curve a linee e superfici piane. Da qui il concetto di **PROIEZIONE**
- ❑ Un **Sistema di Riferimento** cartografico è costituito da un Datum (con tutti i suoi parametri) e da una proiezione.

# Proiezioni cartografiche

Le proiezioni cartografiche non sono mai delle rappresentazioni esatte della sfericità terrestre. Ogni mappa, a seguito del processo di proiezione cartografico, mostra delle distorsioni per la conformità angolare, di distanza o di superficie.

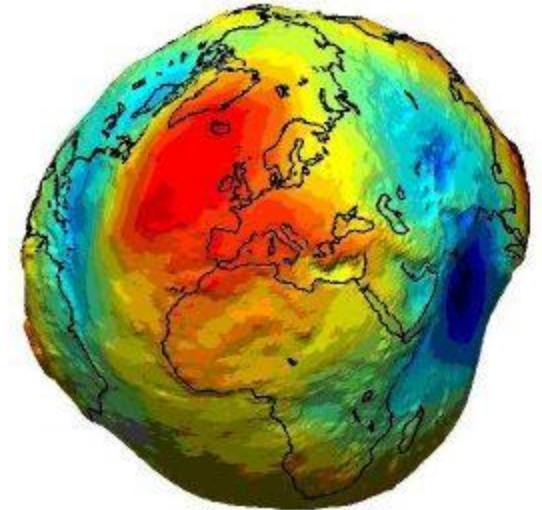
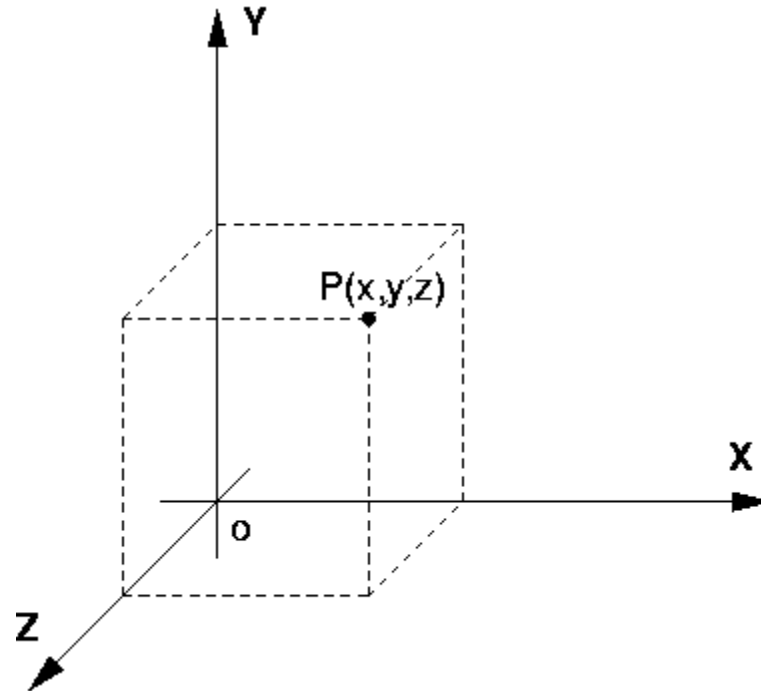
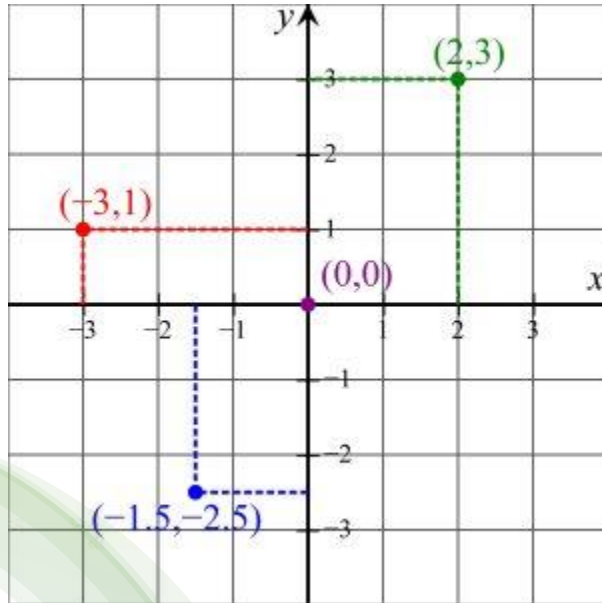
Una proiezione cartografica può combinare alcune di queste caratteristiche, o può essere un compromesso che distorce, entro un limite accettabile, tutte le proprietà di corrispondenza di superficie, distanza e posizionamento angolare.

# Coordinate cartografiche

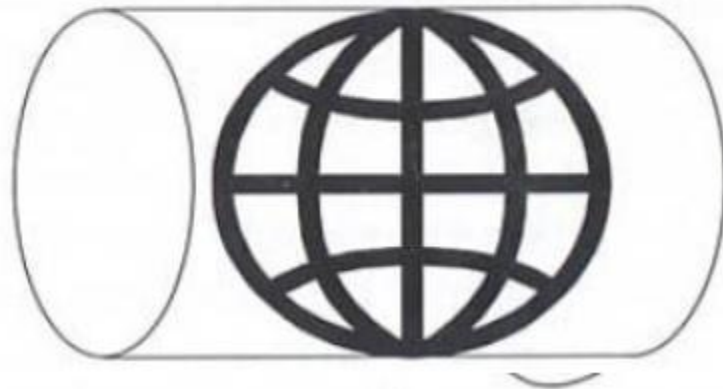
- Per rappresentare su carta la posizione di un punto della superficie terrestre, si deve passare da una superficie curva ad un piano. Si passa quindi **da coordinate geografiche a coordinate piane, o cartografiche.**



# Coordinate



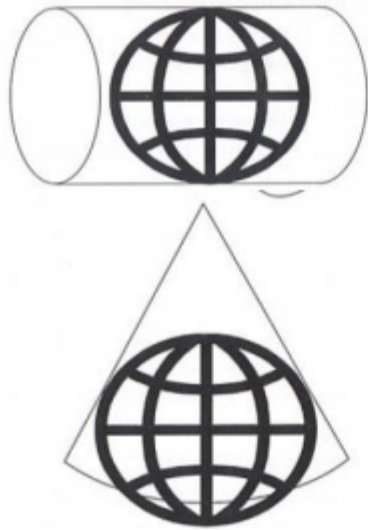
## Cenni di cartografia: le proiezioni cartografiche



Fra le proiezioni più usate vi sono quella CILINDRICA (far aderire la superficie di una sfera a un cilindro, fanno parte di questa famiglia la proiezione universale di mercatore e la Universale Trasversa di Mercatore - UTM)...

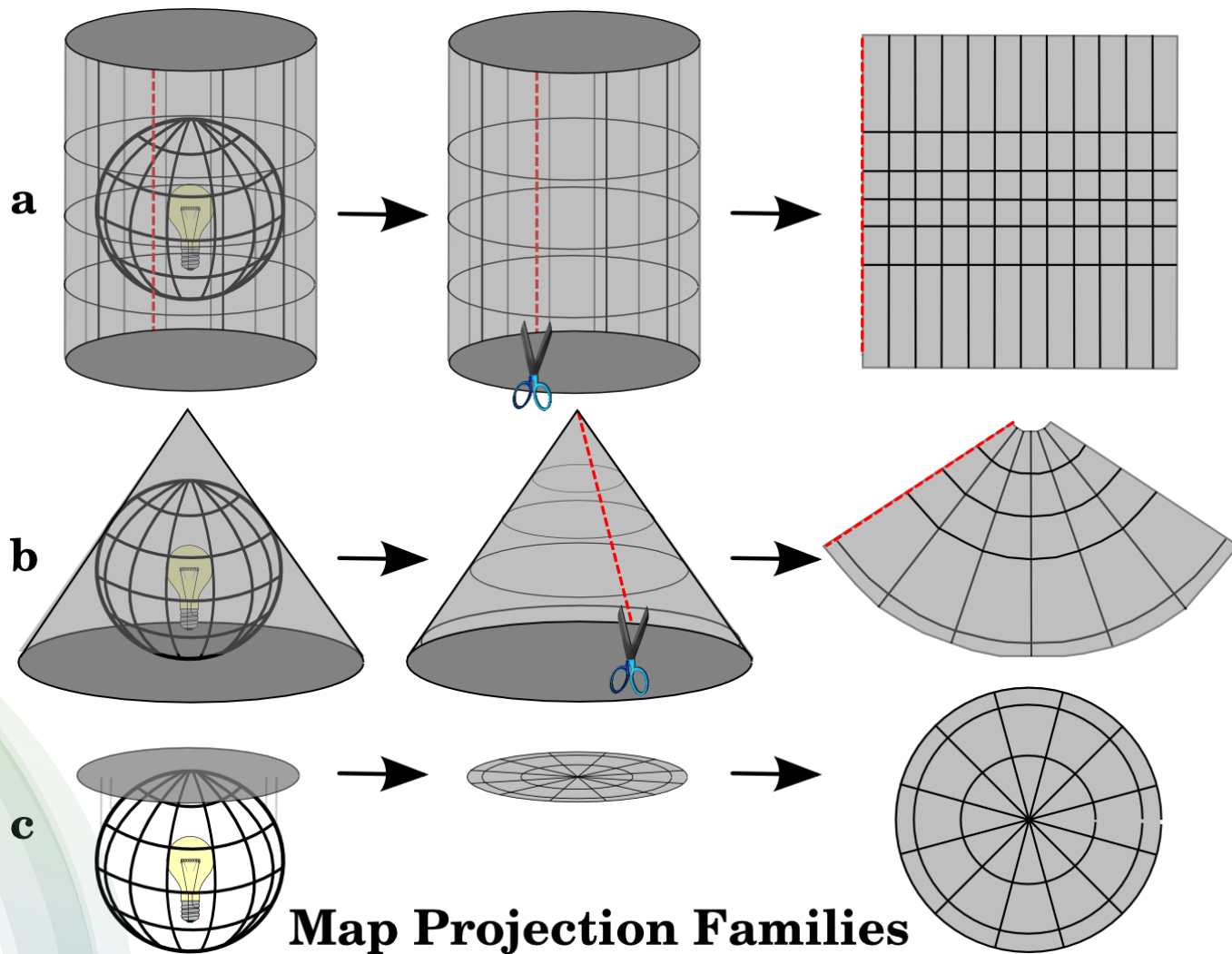
...e quella CONICA (far aderire la superficie di una sfera a un cono, fa parte di questa famiglia la proiezione conica conforme di Lambert)

## Cenni di cartografia: le proiezioni cartografiche



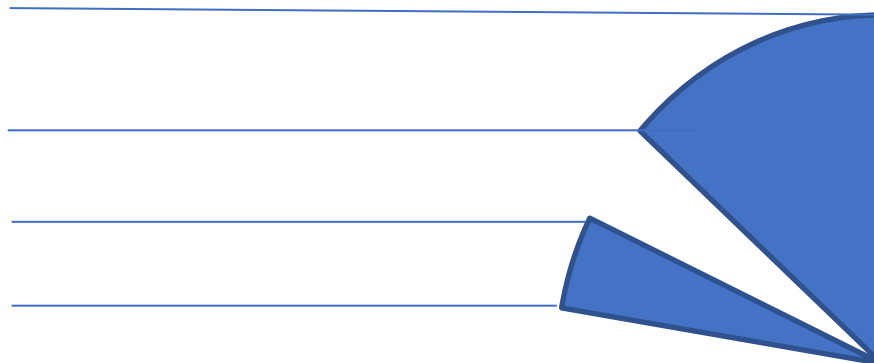
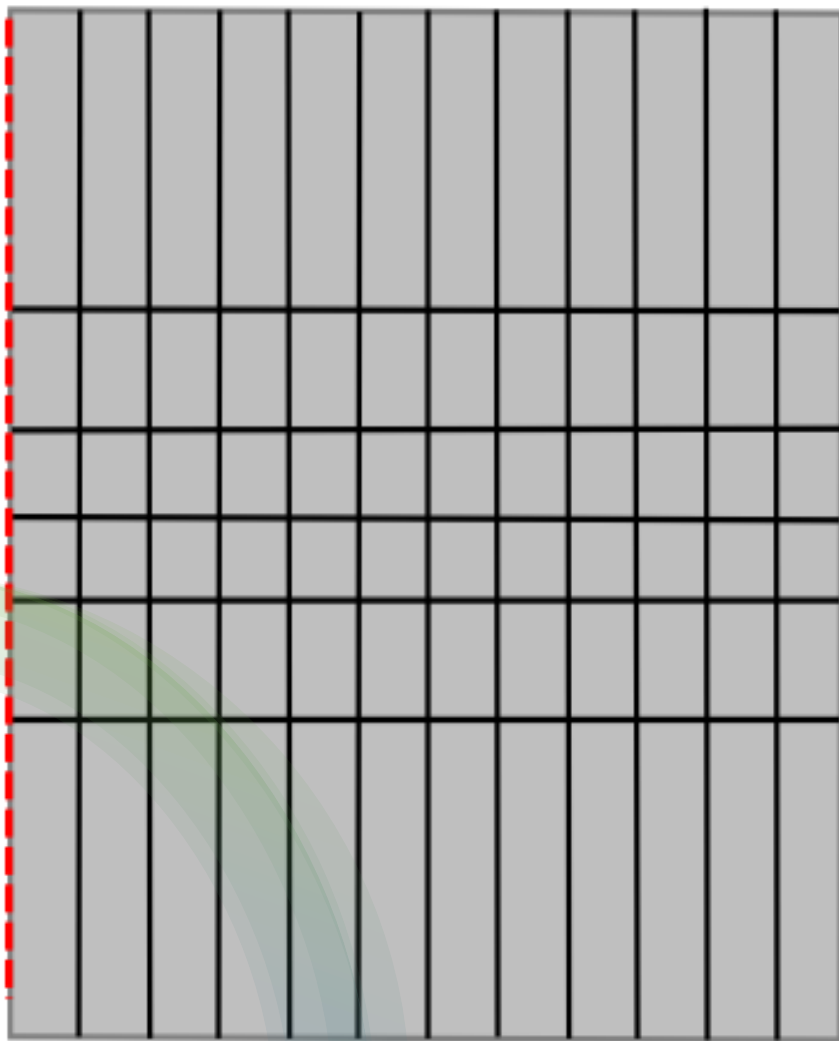
Il vantaggio di usare un cilindro o un cono è che entrambe sono forme solide che possono essere sviluppate perfettamente su un piano, quindi particolarmente adatte in cartografia.

Nel far aderire una sfera a un cilindro, si sceglie una linea di riferimento in cui l'adesione è priva di errore. Essa diventa il meridiano centrale del sistema di riferimento. Mano a mano che ci si allontana dal meridiano centrale, la distorsione tra superficie curva e superficie piana aumenta. Oltre una certa distanza l'errore diventa intollerabile per le comuni applicazioni cartografiche, e si esce dalla zona di validità di quel sistema di riferimento.



- a) proiezioni cilindriche
- b) proiezioni coniche
- c) proiezioni piane.

## Map Projection Families



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 \*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

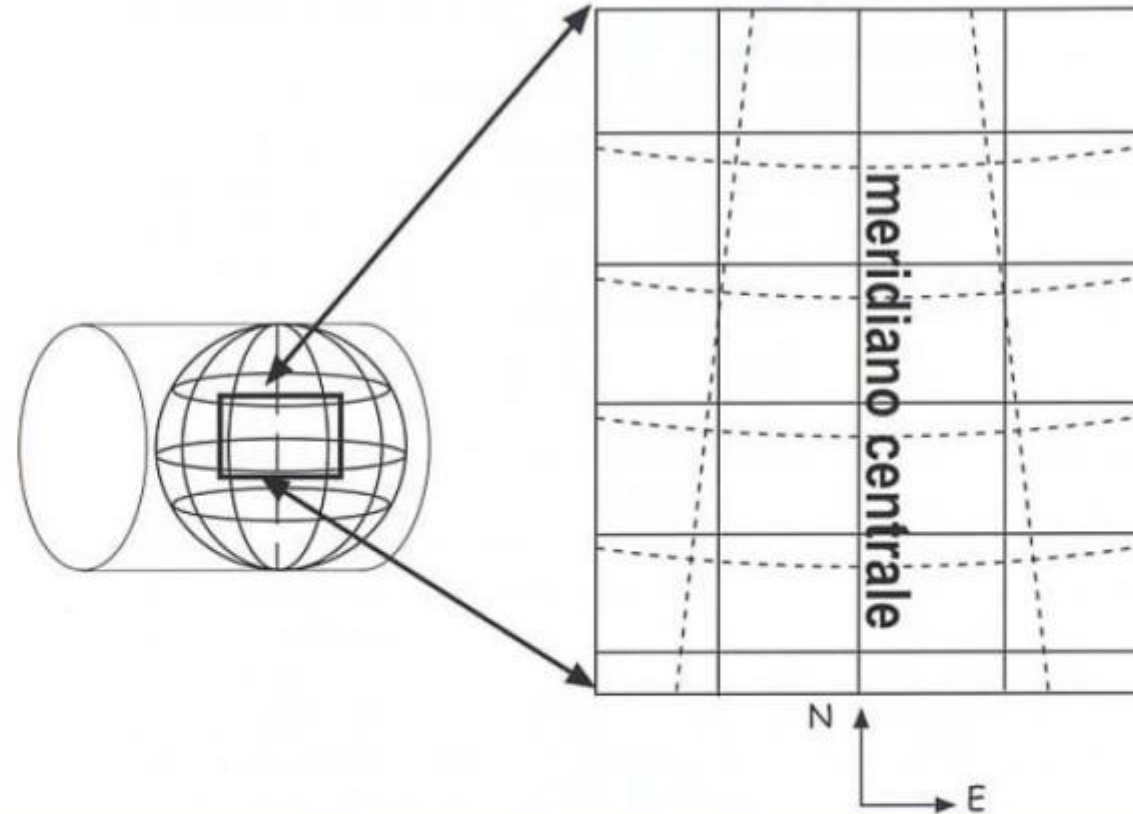


**Partner di progetto**  
**HORT@**  
 From research to field

**CAIONE CON.CER**  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



## Cenni di cartografia: la proiezione UTM



Schema della Proiezione Universale Trasversa di Mercatore. A sinistra, la superficie terrestre aderisce a un cilindro nei pressi del meridiano centrale (“di tangenza”). A destra: la rappresentazione piana della parte di superficie cilindrica in neretto. Le coordinate Est e Nord (piane) sono disegnate in linea continua, le coordinate latitudine e longitudine (geografiche) con linea a tratteggio.

## Esempi di proiezioni cartografiche

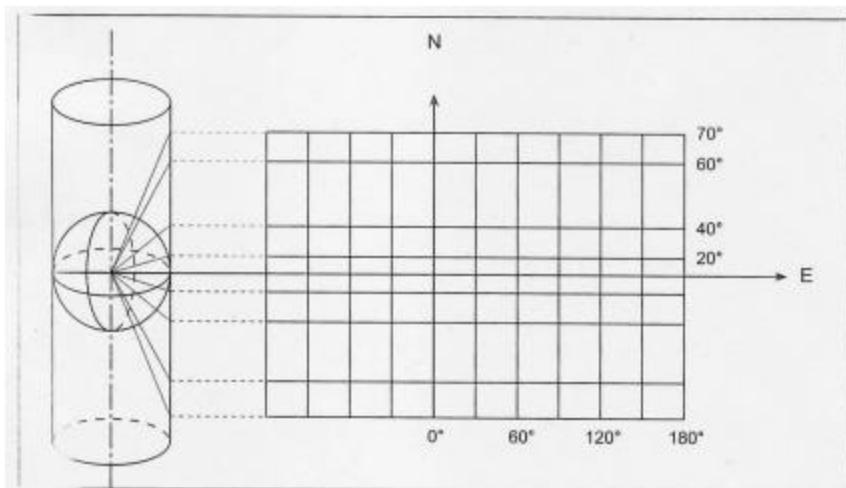


Figura 2.21 Proiezione cilindrica diretta centrale.

Il modo migliore per rappresentare su un cilindro una forma sferica è suddividerla in “spicchi”, che chiamiamo **FUSI**.

Ogni fuso ha, in corrispondenza del suo asse principale, il proprio **MERIDIANO CENTRALE** lungo il quale la corrispondenza fra sfera e cilindro è perfetta.

La proiezione cilindrica trasversa di Mercatore (UTM) si adatta particolarmente a quei paesi che hanno uno sviluppo prevalente longitudinale, come l'Italia.

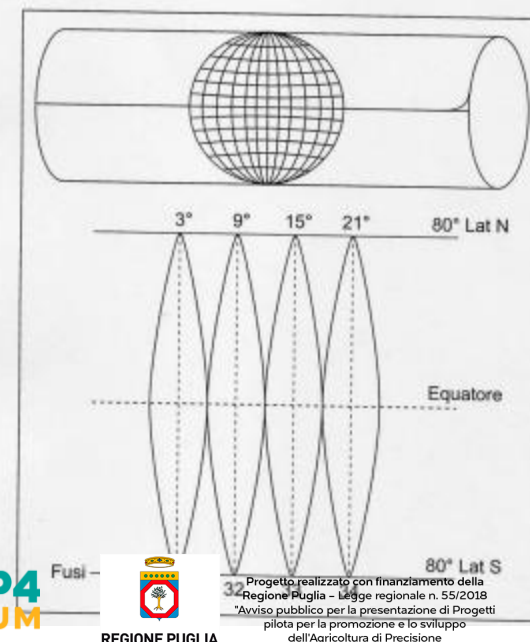


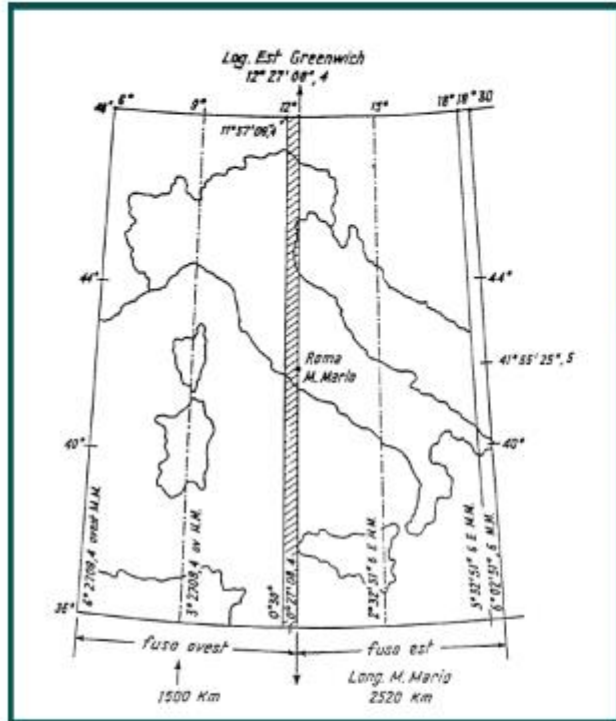
Figura 2.22 Proiezione cilindrica trasversa di Mercatore.

# SR delle coordinate Trasversali di Mercatore Universale (UTM)

- Ha la sua origine sull'**equatore** ad una specifica **Longitudine**.
- I valori Y aumentano verso Sud e i valori X aumentano verso Ovest.
- Il SR UTM è una proiezione cartografica globale.
- Maggiore è l'area (ad esempio il Sud Africa), maggiore è la distorsione della conformità angolare, della distanza e dell'area.
- Per evitare troppe distorsioni, il mondo è diviso in **60 zone uguali** che sono tutte larghe **6 gradi** in longitudine da Est ad Ovest.
- Le **zone UTM** sono numerate **da 1 a 60**, a partire dall'**antimeridiano** (**zona 1** a 180 gradi di longitudine Ovest) e procedendo verso Est fino all'**antimeridiano** (**zona 60** a 180 gradi di longitudine Est).



## Il sistema di riferimento Gauss-Boaga



Sebbene in progressivo abbandono, il sistema Gauss Boaga (basato su datum Roma40) è tuttora usato in molta cartografia prodotta nei decenni scorsi, quindi bisogna conoscerne le caratteristiche principali per usarlo, all'occorrenza, in un GIS.

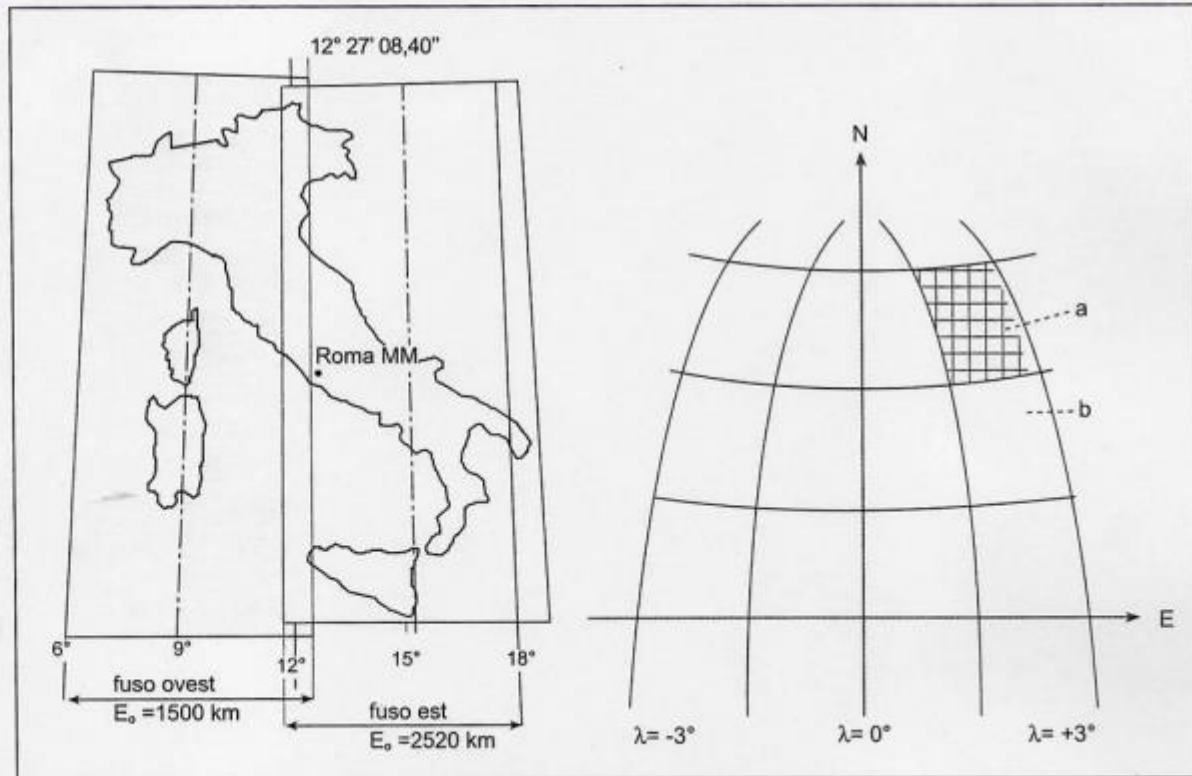


Figura 2.28 **AdP4** a: re ufficiale italiana **DS-SPRM** MM: **REGIONE PUGLIA** **ORTO** **CON.CER** **crea**

# Sistemi di riferimento



UTM WGS84 32N

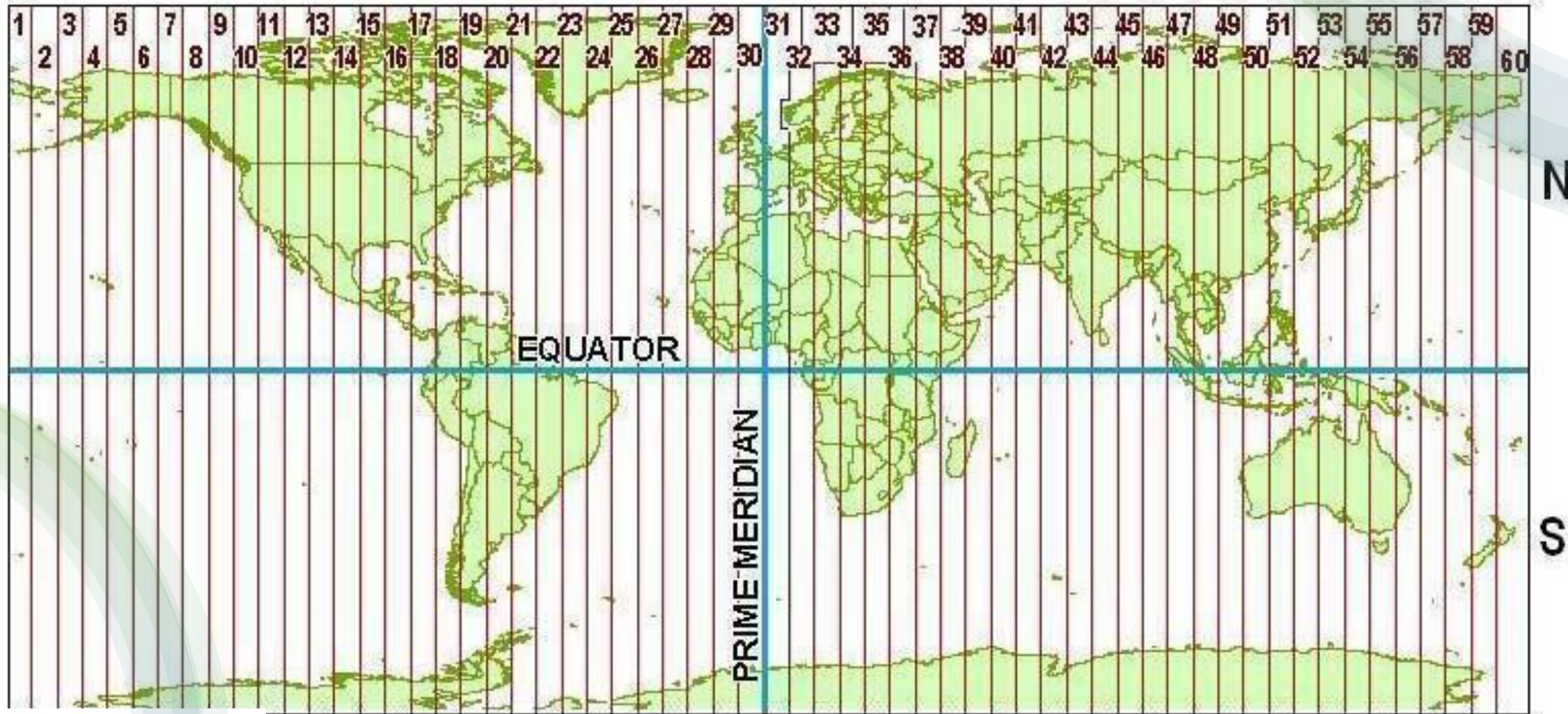
UTM WGS84 33N



L'Italia nel sistema di coordinate piane UTM WGS84 si colloca nelle zone (fusi) 32N e 33N (dove N sta per emisfero Nord).

Per i nostri esercizi useremo vettori e raster collocati geograficamente in Trentino e pertanto utilizzeremo il Sistema di Riferimento UTM WGS84 32N.

# UTM ZONE NUMBERS



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

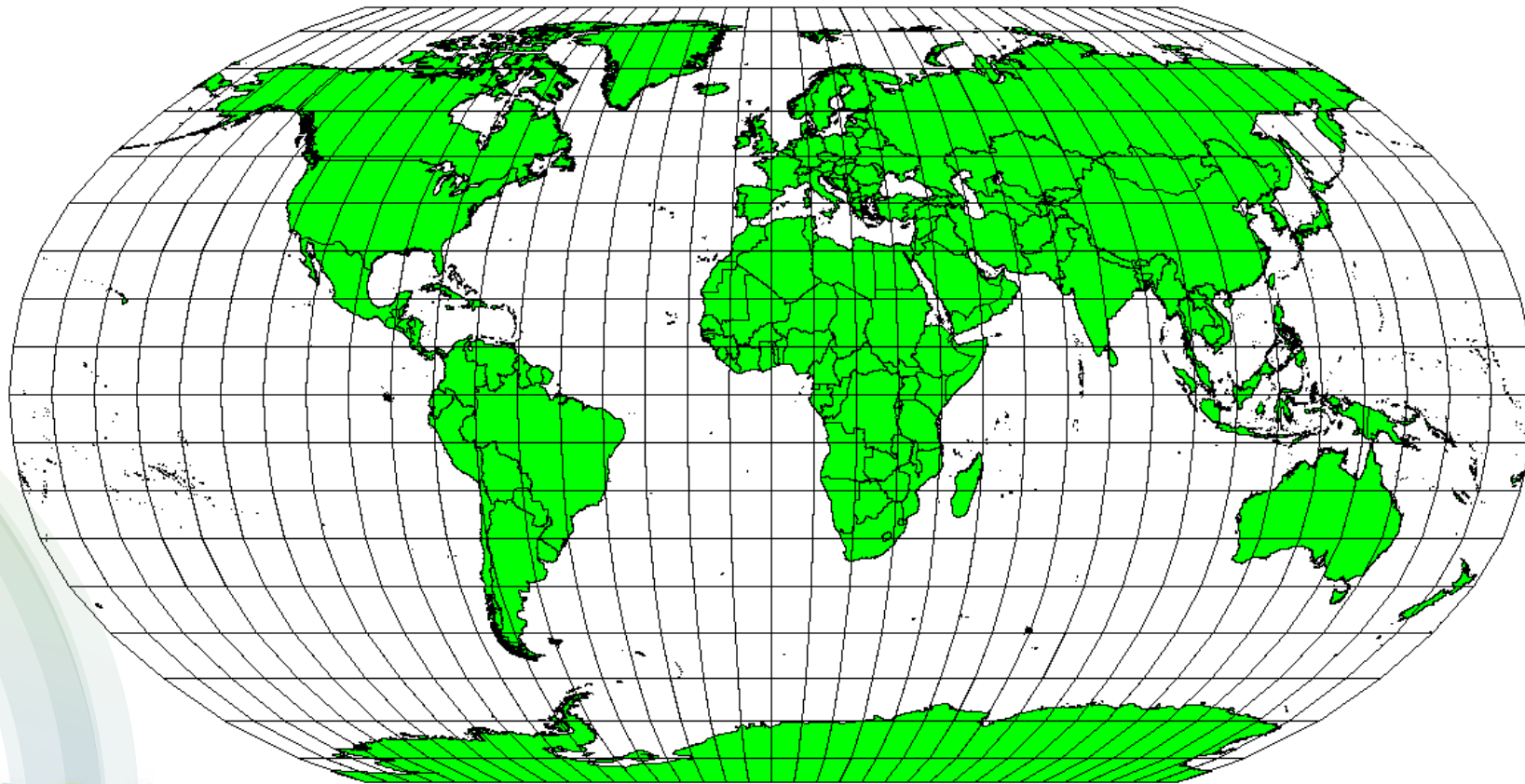


Partner di progetto  
HORT@  
From research to field

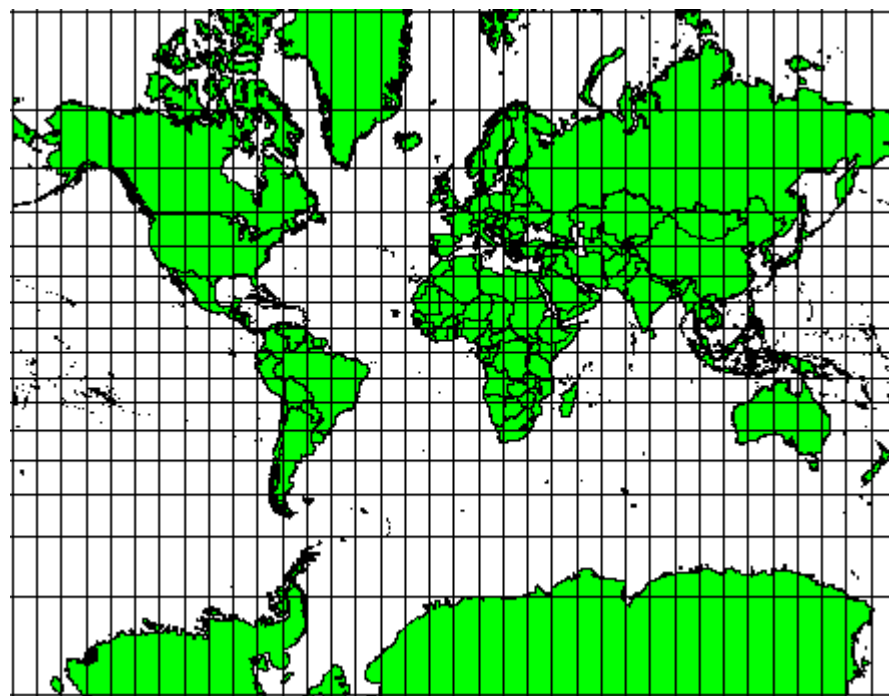
CAIONE CON.CER  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



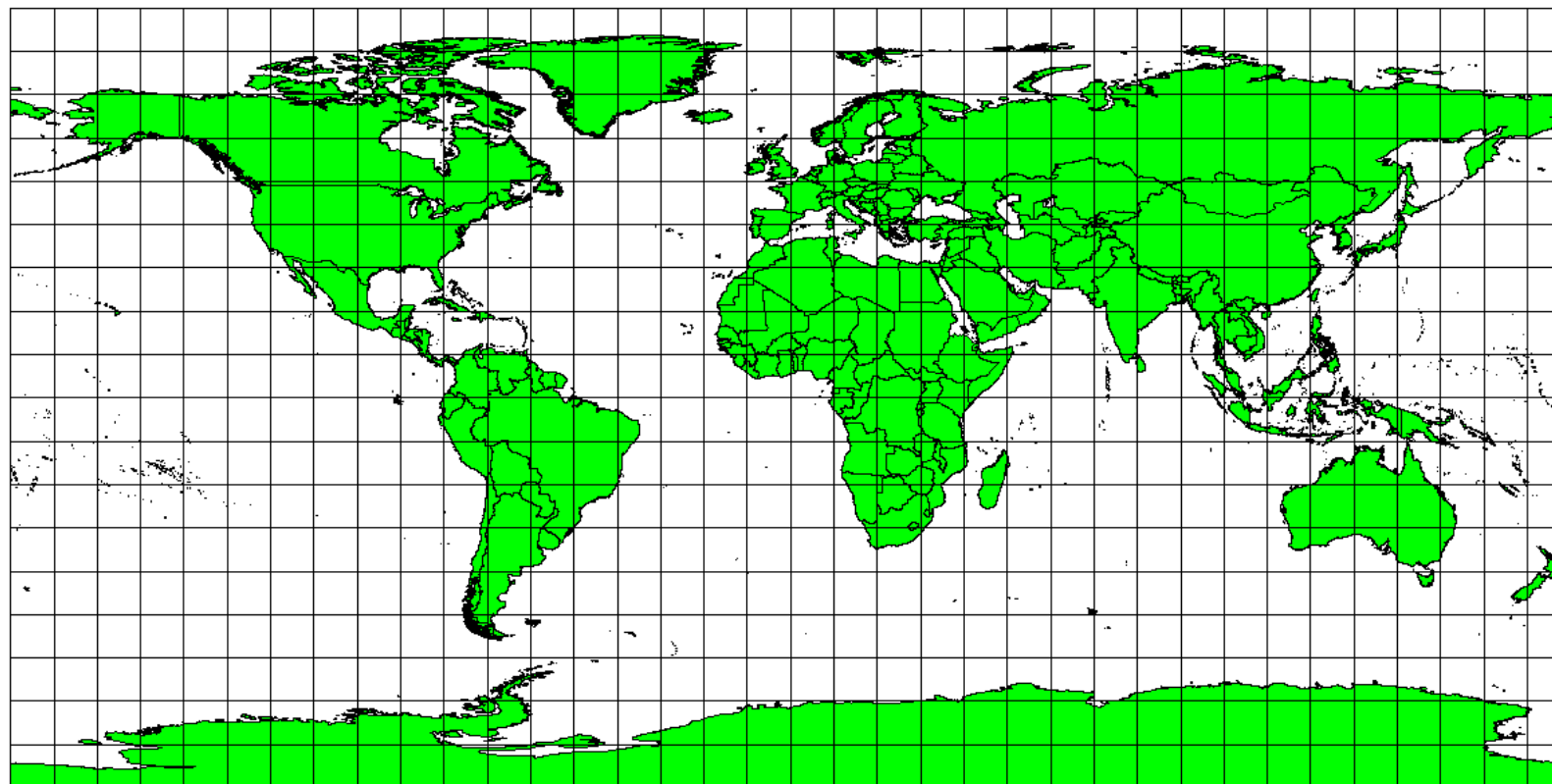
Le proiezioni cartografiche non sono mai delle rappresentazioni esatte della sfericità terrestre. Di solito è impossibile mantenere tutte le caratteristiche allo stesso tempo in una proiezione. Ciò significa che qualora si desideri effettuare operazioni analitiche accurate, sarà necessario utilizzare una proiezione cartografica che fornisca le migliori caratteristiche utili ai processi di analisi.



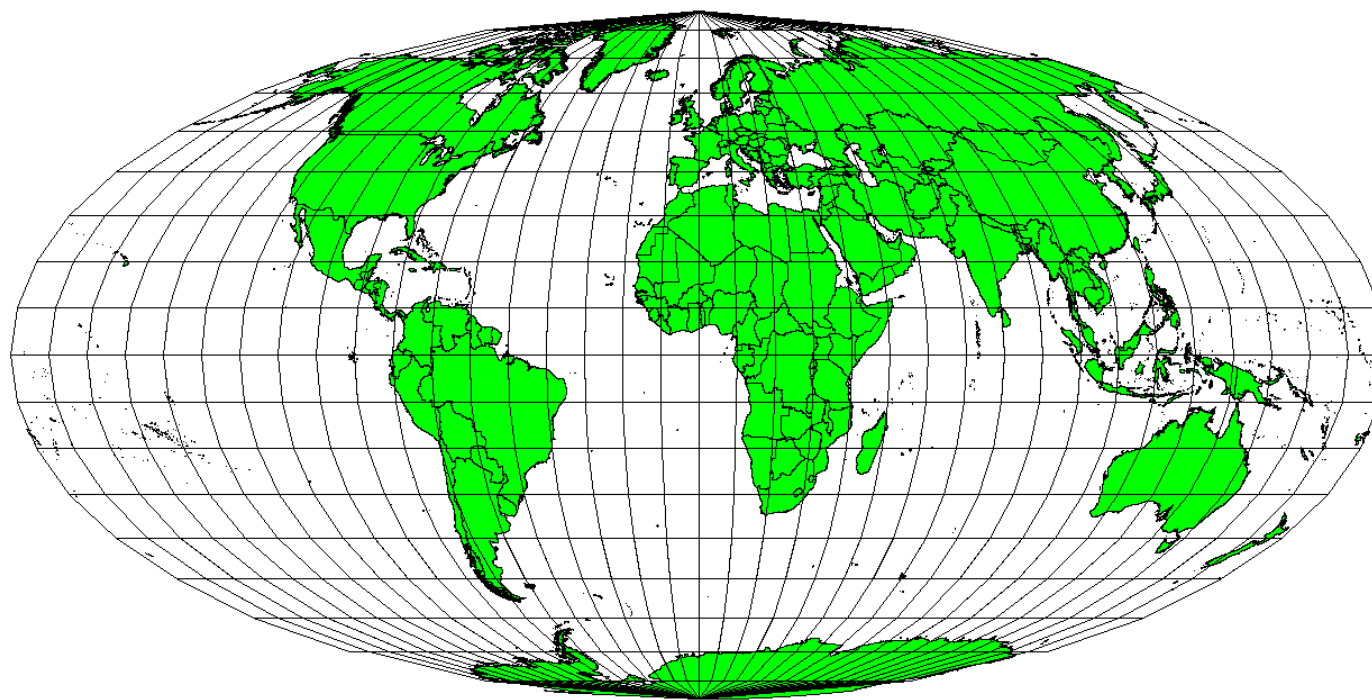
Quando si lavora con un globo, le direzioni principali sulla rosa dei venti (Nord, Est, Sud e Ovest) avranno tra di loro una distanza angolare sempre pari a 90 gradi. In altre parole, l'Est sarà sempre ad un angolo di 90 gradi rispetto al nord. Si possono mantenere delle **proprietà angolari** corrette anche in una proiezione cartografica. Una proiezione cartografica che mantiene le proprietà di conformità angolare è definita **conforme** o **proiezione ortomorfa**. Questo tipo di proiezioni è usato quando è importante la conservazione delle **relazioni angolari**. Tali proiezioni sono comunemente utilizzate per le attività di navigazione o meteorologiche. È importante ricordare che per grandi aree è difficile il mantenimento di angoli veri su una mappa e che tale sistema di proiezione dovrebbe essere eseguito solo per piccole porzioni della terra. La proiezione conforme provoca la distorsione delle aree, il che significa che se le misure delle superfici sono fatte su una mappa, esse non saranno corrette.



Se il vostro obiettivo nel proiettare una mappa è quello di misurare con precisione le distanze, sarà necessario selezionare una proiezione che sia stata progettata per preservare le distanze. Tali proiezioni, chiamate **proiezioni equidistanti**, richiedono che la **scala** della mappa sia **mantenuta costante**. Una mappa è equidistante qualora rappresenti correttamente le distanze dal centro della proiezione a qualsiasi altro punto sulla mappa. Le **proiezioni equidistanti** mantengono distanze corrette dal centro della proiezione o lungo determinate direzioni. Queste proiezioni sono utilizzate per mappature radio, per quelle sismiche e per la navigazione.



Quando una mappa ritrae aree sull'intera mappa, in modo che tutte le aree mappate abbiano lo stesso rapporto proporzionale alle aree rappresentate sulla superficie terrestre, la mappa è un **mappa equiareale**. In pratica, riferimenti generali e mappe educative spesso richiedono l'uso di **proiezioni equiareali**. Come suggerisce il nome, queste mappe sono utilizzate quando vengono fatti prevalentemente calcoli sulle aree. Se, per esempio, si sta cercando di analizzare una particolare area nella vostra città per scoprire se è abbastanza grande per un nuovo centro commerciale, proiezioni equiareali saranno la scelta migliore. Da un lato, maggiore è l'area che si sta analizzando più precise saranno le vostre misure areali, nel caso si utilizzi una proiezione equiareale piuttosto che un altro tipo. D'altra parte, una proiezione equiareale fornirà **distorsioni di conformità angolare** quando si gestiscono grandi aree. Le aree piccole saranno molto meno soggette ad avere distorsioni angolari quando si utilizza una proiezione equiareale.



**All'equatore, e solo all'equatore, la distanza rappresentata da una linea di longitudine è uguale alla distanza rappresentata da un grado di latitudine.**

- Mentre ci si sposta verso i poli, la distanza tra le linee di longitudine diventa progressivamente minore, finché, nella posizione esatta del polo, tutti i 360 ° di longitudine sono rappresentati da un singolo punto.
- Usando il sistema di coordinate geografiche a livello di **1 grado**, abbiamo una grigliato di linee che all'equatore divide la terra in quadrati che coprono circa **12363.365 chilometri quadri, quindi un quadrato di lato 111,19 km.**
- Per essere veramente utile, un grigliato della mappa deve essere divisa in sezioni abbastanza piccole in modo che possano essere utilizzate per descrivere (con un livello accettabile di accuratezza) la posizione di un punto sulla mappa.
- Per fare ciò, i gradi sono divisi in **minuti (')** e **secondi (")**. Ci sono sessanta minuti in un grado e sessanta secondi in un minuto (3600 secondi in un grado). Quindi, all'equatore, un secondo di latitudine o longitudine = 30,87624 metri (111,19 km:3600= 0,3087624 km).



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



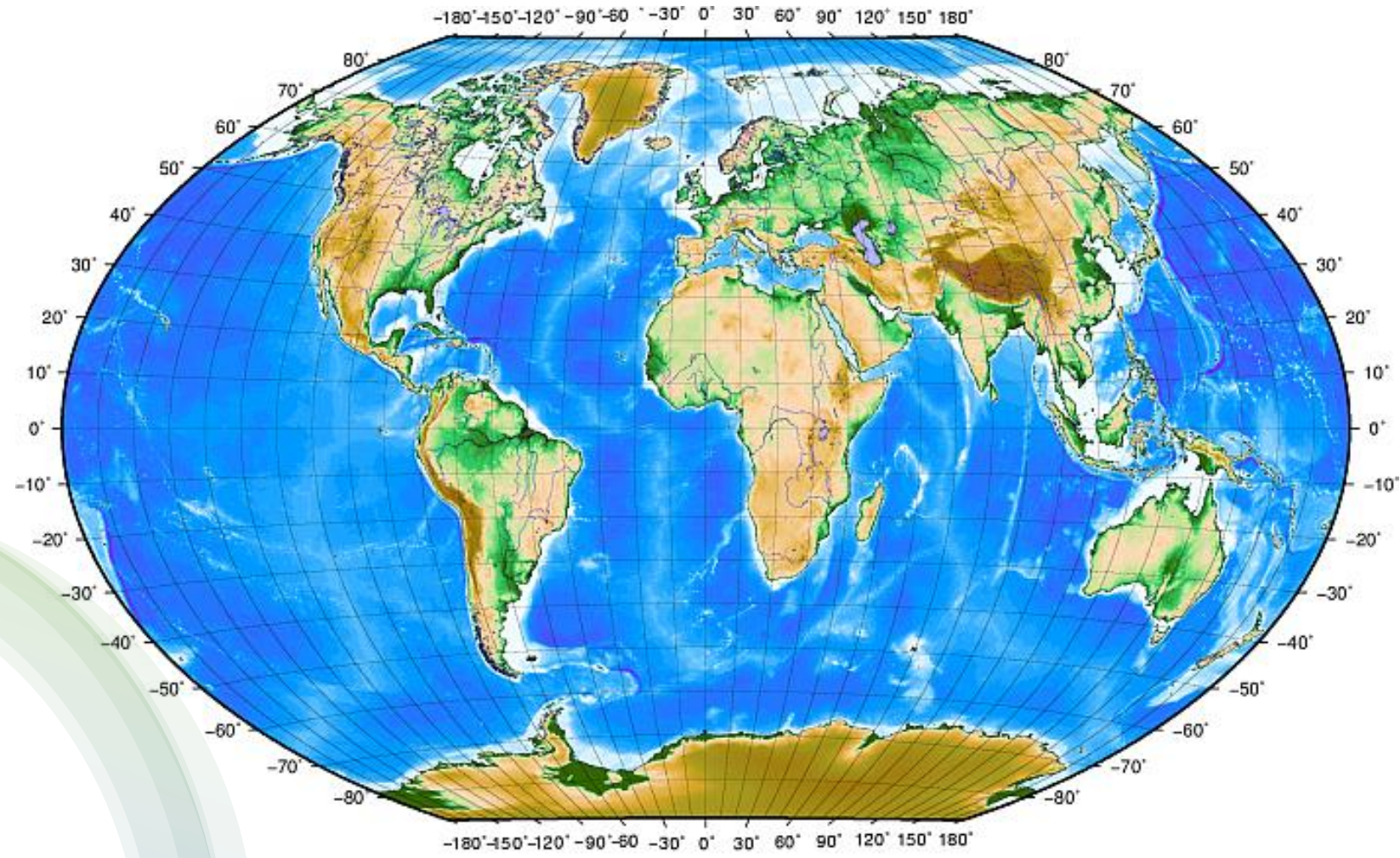
Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

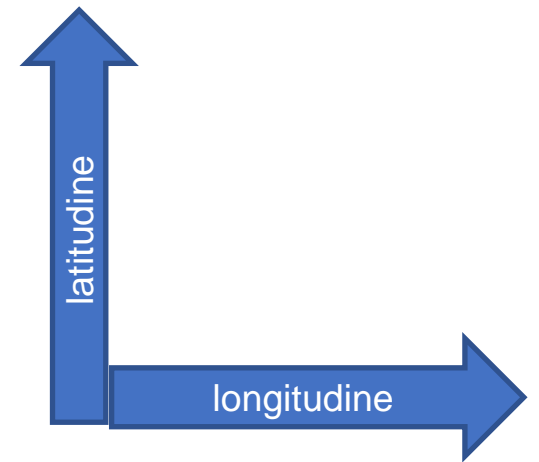
**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI







Sistema di coordinate geografiche con linee di latitudine parallele all'equatore e linee di longitudine con il meridiano principale attraverso Greenwich.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
 "Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"

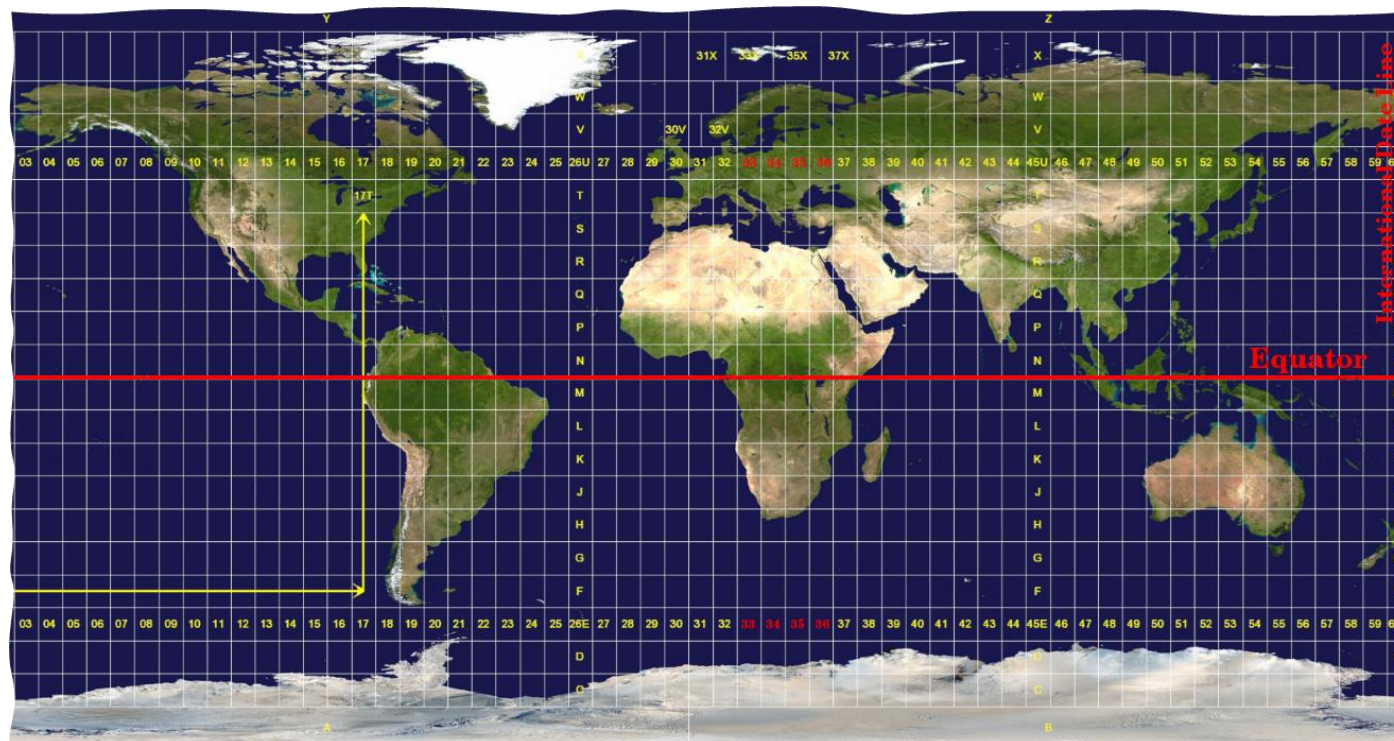


Partner di progetto  
**HORT@**  
 From research to field

**CAIONE CON.CER**  
 La Quercia Soc. Coop. Agricoli ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



Il SR delle coordinate Trasversali di Mercatore Universale (UTM) ha la sua origine nell' **equatore** ad una specifica **Longitudine**. Ora i valori Y aumentano verso Sud e i valori X aumentano verso Ovest. Il SR UTM è una proiezione cartografica globale. Ciò significa che è generalmente usato in tutto il mondo. Ma maggiore è l'area (ad esempio il Sud Africa), maggiore è la distorsione della conformità angolare, della distanza e dell'area. Per evitare troppe distorsioni, il mondo è diviso in **60 zone uguali** che sono tutte larghe **6 gradi** in longitudine da Est ad Ovest. Le **zone UTM** sono numerate **da 1 a 60**, a partire dall'**antimeridiano (zona 1 a 180 gradi di longitudine Ovest)** e procedendo verso Est fino all'**antimeridiano (zona 60 a 180 gradi di longitudine Est)** come mostrato in figura



## Trasformazioni fra sistemi di riferimento

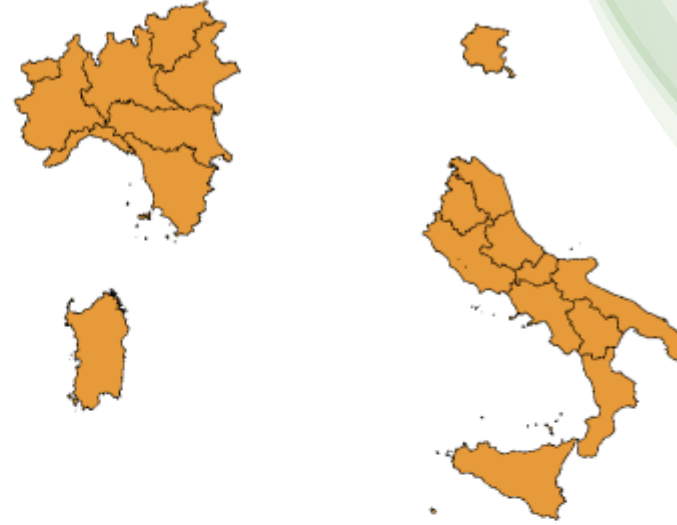
Sono possibili *conversioni* fra coordinate geografiche ( $\varphi$  (phi, lat),  $\lambda$  (lambda, long)) e planimetriche (x, y, es. N, E). Queste conversioni comportano errori minimi, trascurabili, dovuti solo alle approssimazioni matematiche durante le espressioni.

Le *trasformazioni* (passaggi fra sistemi di riferimento) sono invece più complesse, necessitano di conoscere almeno alcuni punti noti sul terreno con coordinate in entrambi i sistemi.

Da questi punti vengono calcolati dei parametri locali di trasformazione (es. delta N, delta E), che spesso possono essere ricavati anche dalle carte topografiche (di buona qualità).

Gli *errori residui* di una trasformazione, per quanto fatta bene, non possono scendere sotto determinati valori (decimetrici).

# Rappresentazione dell'Italia nelle mappe GIS



In alto a sinistra: rappresentazione geografica non proiettata (solo datum, es. WGS84). Coordinate geografiche (angolari) e continuità di rappresentazione di tutta l'Italia.

In alto a destra: rappresentazione proiettata (es. UTM), due fusi separati (es. 32 e 33), distanti fra loro della differenza di falsa origine. Coordinate piane (metriche).

In basso: rappresentazione proiettata su fuso unico, continuità di rappresentazione in tutta Italia ma coordinate errate in uno dei due fusi o in tutti e due.

# Codici EPSG

- Con decine e decine di Sistemi di Riferimento usati in tutto il mondo, con la necessità di scambiare informazioni cartografiche su scala globale e con la diffusione dei software GIS, anche open source, si è resa necessaria una catalogazione di tutte queste informazioni per evitare confusione ed errori.
- I sistemi di riferimento ed i relativi parametri di trasformazione sono stati codificati in registri mantenuti da organizzazioni mondiali. Tra tutti questi registri, il più diffuso è il registro EPSG (*European Petroleum Survey Group*) attualmente gestito dal *Comitato Geodetico dell'International Association of Oil and Gas Producers (OGP)*.
- I codici EPSG sono ormai riconosciuti come standard per la classificazione dei Sistemi di riferimento in tutto il mondo.

# CODICI EPSG PER SISTEMI GEOGRAFICI

- Monte Mario – EPSG4265 (è il nostro Roma 40);  
ED50 – EPSG 4230;  
WGS84 – EPSG 4326;  
ETRS89 – EPSG 4258;  
IGM 95 – EPSG4670;  
RDN2008 – EPSG6706



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
— From research to field —

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

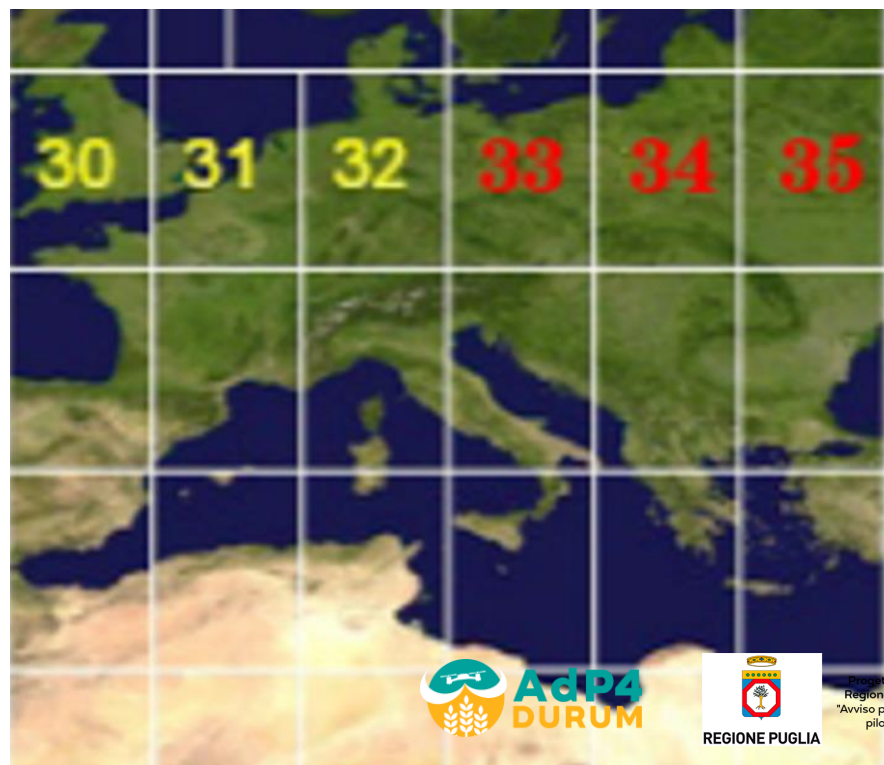
**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# CODICI EPSG PER SISTEMI CARTOGRAFICI

Monte Mario/Italy Zone 1 (fuso O) – Datum: Roma 40 – Proiezione: Gauss-Boaga – Fuso: Ovest – EPSG: 3003;  
Monte Mario/Italy Zone 2 (fuso E) – Datum: Roma 40 – Proiezione: Gauss-Boaga – Fuso: Est – EPSG: 3004;

WGS84/UTM zone 32N – Datum: WGS84 – Proiezione: UTM – Zona: 32N – EPSG: 32632;  
WGS84/UTM zone 33N – Datum: WGS84 – Proiezione: UTM – Zona: 33N – EPSG: 32633;  
WGS84/UTM zone 34N – Datum: WGS84 – Proiezione: UTM – Zona: 34N – EPSG: 32634;



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
HORT@  
From research to field

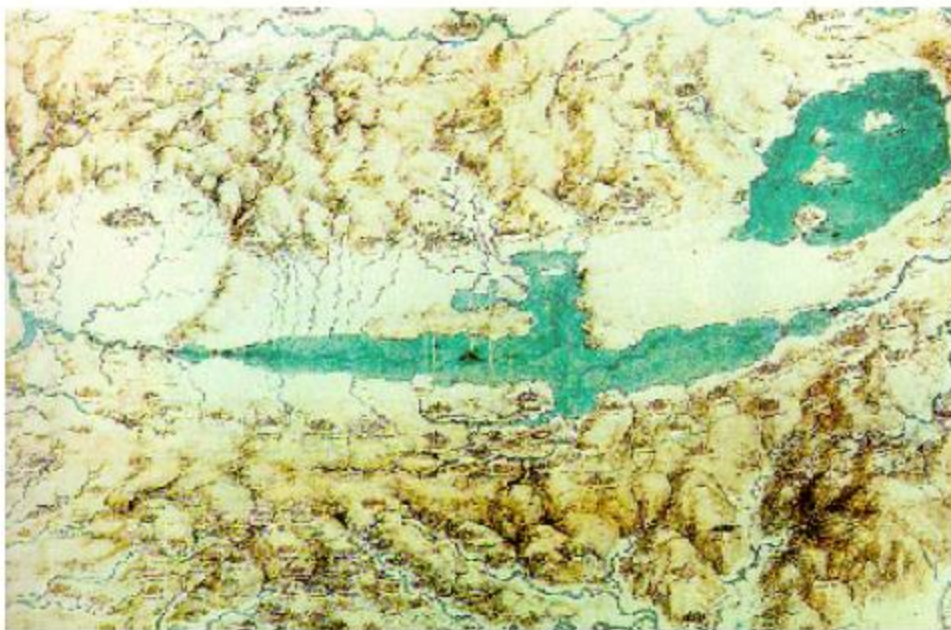
CAIONE  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

CON.CER  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



## Cenni di cartografia: esempi di carte geografiche e topografiche

Questi sono due esempi di vedute dall'alto "a volo d'uccello", cioè non osservando la superficie terrestre dalla verticale, ma guardandola con un certo angolo di inclinazione



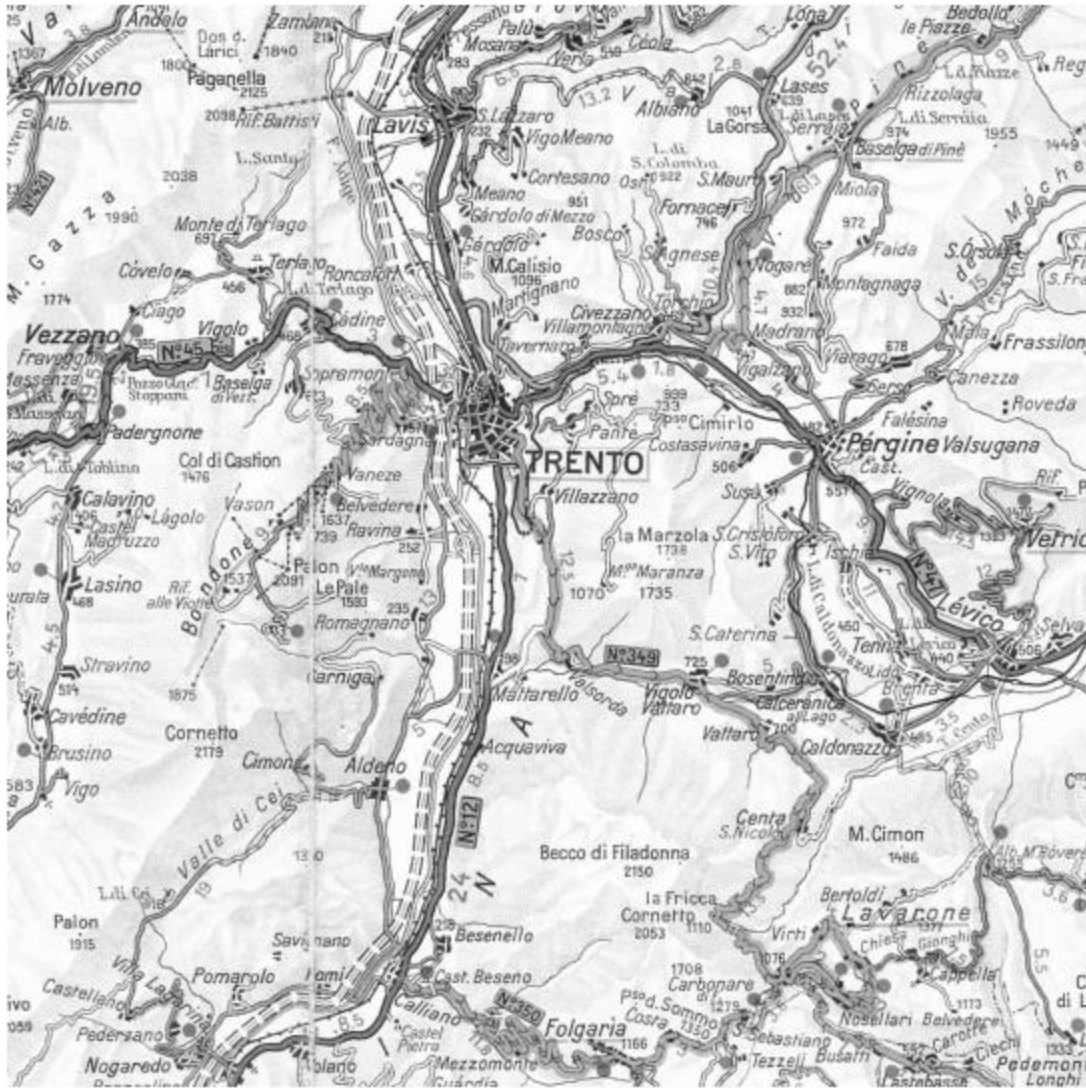
La celebre veduta a "volo d'uccello" della Valdichiana di Leonardo da Vinci (1503), Windsor Castle, Royal Library



Particolare del Dosso delle Formiche, a W di Rovereto



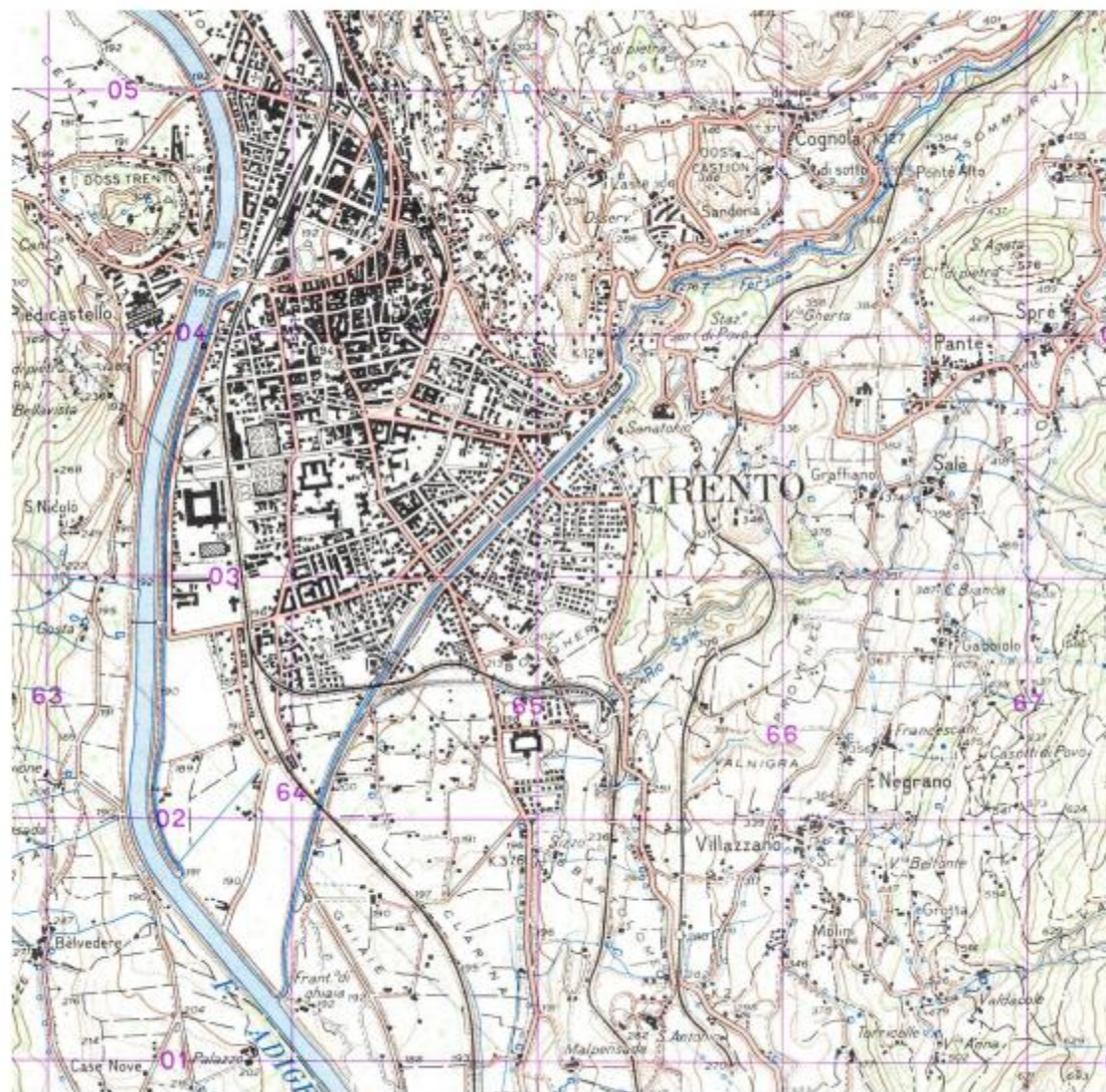
## Cenni di cartografia: esempi di carte geografiche e topografiche



In queste carte la maggior parte degli elementi grafici non sono in scala (pensiamo alla larghezza delle strade), e neppure accurati dal punto di vista posizionale (vedi simbologia dei centri urbani).

Carta stradale alle scale tipiche 1:250000 – 1:500000

## Cenni di cartografia: esempi di carte geografiche e topografiche



Alla scala 1:50.000 (e più grandi) gli elementi grafici sono in scala (anche se non tutti presenti) e accurati dal punto di vista posizionale.

Carta topografica IGM alle scale tipiche 1:25000 – 1:50000

## Cenni di cartografia: esempi di carte geografiche e topografiche



In queste carte la maggior parte degli elementi geometrici sono in scala (nei limiti del *graficismo*), e accurati dal punto di vista posizionale (nei limiti della risoluzione della mappa alla scala per cui è stata costruita).

Carta tecnica regionale (CTR) alle scale tipiche 1:10000 – 1:5000

## Cenni di cartografia: esempi di foto aeree e satellitari



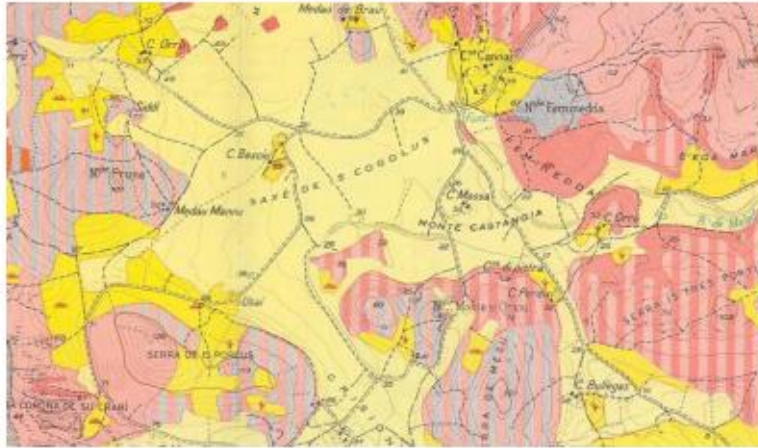
Ortofoto a colori RGB proveniente da sensori tipo Quickbird ecc...

## Cenni di cartografia: esempi di foto aeree e satellitari



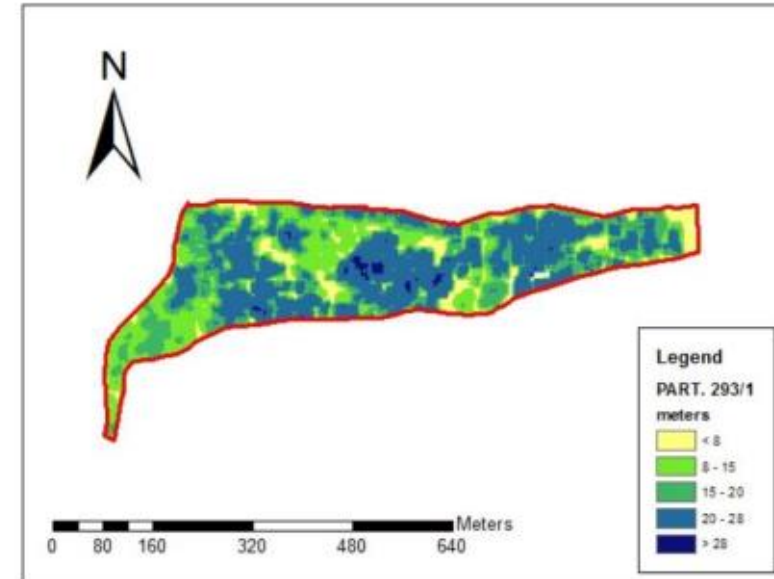
Due ingrandimenti diversi della stessa zona: è possibile osservare dettagli diversi, ma non è detto che l'ingrandimento maggiore sia sempre quello che fornisce più informazione

## Cenni di cartografia: esempi di carte tematiche



Carta della vegetazione dell'isola di S. Antioco (Sardegna).

**Che cosa manca?**



Carta dell'altezza media delle chiome arboree (una particella del PEF della Val di Rabbi - Trentino)

Due esempi di carte tematiche: ricorrendo alla classificazione e alla simbologia si mettono in evidenza le caratteristiche di maggior interesse per l'uso che se ne vuole fare.

# G.I.S.: Geographic Information System

Un Sistema Informativo Geografico (G.I.S.: Geographic Information System) è uno strumento informatico (software) in grado di mappare ed analizzare informazioni (dati) che esistono ed eventi che accadono nella realtà e sul territorio.

- Il GIS è una tecnologia che: rappresenta/visualizza in maniera tematica; gestisce; analizza; condivide dati geografici e spaziali.

Le tecnologie GIS integrano le più comuni operazioni di analisi sui database, come le query e le analisi statistiche con i benefici derivanti dall'analisi geografica e spaziale dei dati cartografati sulle mappe. Queste capacità distinguono i GIS dagli altri sistemi informativi e ne fanno uno strumento utile in un esteso campo applicativo in ambito pubblico e privato per l'interpretazione degli eventi, la predizione dei risultati e la pianificazione delle strategie future.

I GIS sono lo stato dell'arte nella gestione delle informazioni territoriali, la pianificazione territoriale e l'analisi dei fenomeni ambientali.

Uno strumento “must” per affrontare i fenomeni decisionali rivolti allo sviluppo territoriale sostenibile.



# Elementi fondamentali di un GIS

Strumenti per l'input e gestione degli elementi geografici

Un database relazionale (RDBMS)

Strumenti che supportano interrogazioni, analisi e visualizzazioni

Interfaccia utente grafica (GUI) per consentire un facile accesso



# Software GIS

- Esistono diversi software con specifiche peculiarità più adatti ad alcuni professionisti piuttosto che ad altri.
- I dati possono, ad esempio, essere vettoriali (dati semplici come linee o punti) o raster (immagini fedeli alla realtà), organizzati secondo diversi standard, essere analizzati con più o meno funzioni, esportati ed archiviati secondo differenti procedure.



# I principali software GIS

Software proprietari:

- ArcGIS
- Global Mapper
- Field - Map
- AutoCAD MAP 3D



Software open source sono:

- GRASS GIS
- QGIS (in precedenza Quantum Gis)
- gvSIG
- Orfeo toolbox



# QGIS

- Dal 1998, una tappa importante della diffusione degli strumenti GIS è stata il rilascio di [GRASS GIS](#) da parte dall'[US Army Corps of Engineers](#) (esercito degli Stati Uniti d'America), di pubblico dominio nel 1996, e dal 1999 rilasciata sotto [GNU General Public License](#). GRASS GIS, nel suo sistema di visualizzazione, lettura e modifica vettoriale ha implementato anche la possibilità di uso dello standard .shp.
- Il punto di svolta per la comunità Free Libre and Open Source Software ([FLOSS](#)) si ha con la programmazione di Quantum Gis (dal 2013 [QGIS](#)), programmato da Gary Sherman inizialmente come visualizzatore dei layer del potente [DBRMS PostgreSQL](#) nella sua estensione [PostGIS](#).
- Il [web 2.0](#) e lo sviluppo collaborativo hanno fatto nascere nel 2006 l'Open Source Geospatial Foundation [OSGeo](#), organizzazione non-profit finalizzata al sostegno e alla promozione di tecnologie aperte e dati geospaziali. OSGeo nel 2007 riconosce Quantum GIS (QGIS) che nell'ultimo decennio è divenuto il software GIS più diffuso e utilizzato al mondo.

# Tipologie dei dati geografici

I dati possono essere correlati alla loro posizione geografica in due tipi principali: [vettoriali](#) e [raster](#).

- I dati vettoriali sono costituiti da elementi semplici quali punti, linee e poligoni, codificati e memorizzati sulla base delle loro coordinate. Un punto viene individuato attraverso le sue [coordinate](#) reali ( $x1, y1$ ); una linea o un poligono attraverso la posizione dei suoi nodi ( $x1, y1; x2, y2; \dots$ ). A ciascun elemento è associato un [record](#) del [database](#) che contiene tutti gli attributi dell'oggetto rappresentato.
- Il dato raster permette di rappresentare il mondo reale attraverso una matrice di celle, generalmente di forma quadrata o rettangolare, dette [pixel](#). A ciascun pixel sono associate le informazioni relative a ciò che esso rappresenta sul territorio. La dimensione del pixel (detta anche *pixel size*), generalmente espressa nell'unità di misura della carta (metri, chilometri, etc.), è strettamente relazionata alla precisione del dato.
- I dati vettoriali e i dati raster si adattano ad usi diversi. La cartografia vettoriale è particolarmente adatta alla rappresentazione di dati che variano in modo discreto (ad esempio l'ubicazione dei cassonetti dei rifiuti di una città o la rappresentazione delle strade o una carta dell'uso del suolo), la cartografia raster è più adatta alla rappresentazione di dati con variabilità continua (ad esempio un [modello digitale di elevazione](#) o una carta di acclività del versante).

# Formato vettoriale .shp

- Tra le società di sviluppo software interessate allo sviluppo del settore GIS, alla sua diffusione e alla commercializzazione nel mondo vi è la [ESRI](#); questa azienda, nel Luglio 1998, ha sviluppato il formato vettoriale geometrico non topologico chiamato [Esri shapefile](#) e ha permesso il suo utilizzo anche ai software sviluppati da terze parti.
- La licenza del formato .shp è ancora oggi proprietà della Esri sebbene molti dei componenti che formano lo standard abbiano [licenze open](#) come ad esempio il formato file .dbf utilizzato sia dallo shapefile che da altri programmi, come ad esempio [LibreOffice](#), per amministrare le informazioni in semplici database tabellari.
- Il rilascio del formato shapefile è centrale per la diffusione nel mondo dei sistemi GIS che hanno riscontrato un incremento di utilizzo, sviluppo e applicazione da parte di altre case software e singoli gruppi di programmazione

# Caratteristiche del file .shp

```
> VULG
class      : SpatialPolygonsDataFrame
features   : 3
extent     : 15.48964, 15.49419, 41.51758, 41.52366 (xmin, xmax, ymin, ymax)
coord. ref.: NA
variables  : 1
names      : Clopyr_Ag_
min values :      1
max values :      3
```

```
List of 2
 $ shp      :List of 3
 ..$ :List of 8
 .. ..$ record      : int 1
 .. ..$ content.length: int 80
 .. ..$ shape.type   : int 5
 .. ..$ box          : Named num [1:4] 15.5 41.5 15.5 41.5
 .. ..$ attr(*, "names")= chr [1:4] "xmin" "ymin" "xmax" "ymax"
 .. ..$ num.parts    : int 1
 .. ..$ num.points   : int 7
 .. ..$ parts        : int 0
 .. ..$ points       : 'data.frame': 7 obs. of 2 variables:
 .. ..$ X: num [1:7] 15.5 15.5 15.5 15.5 15.5 ...
 .. ..$ Y: num [1:7] 41.5 41.5 41.5 41.5 41.5 ...
```

```
> VULG3@polygons[[2]]@Polygons[[1]]@coords
```

```
      [,1]      [,2]
[1,] 15.49183 41.52208
[2,] 15.49299 41.52211
[3,] 15.49303 41.52131
[4,] 15.49196 41.52107
[5,] 15.49153 41.52149
```

È pertanto possibile modificare anche una singola coordinata per ottenere forme di distribuzione diverse

```
..$ :List of 8
 .. ..$ record      : int 2
 .. ..$ content.length: int 546
 .. ..$ shape.type   : int 5
 .. ..$ box          : Named num [1:4] 15.5 41.5 15.5 41.5
 .. ..$ attr(*, "names")= chr [1:4] "xmin" "ymin" "xmax" "ymax"
 .. ..$ num.parts    : int 2
 .. ..$ num.points   : int 65
 .. ..$ parts        : int [1:2] 0 61
 .. ..$ points       : 'data.frame': 65 obs. of 2 variables:
 .. ..$ X: num [1:65] 15.5 15.5 15.5 15.5 15.5 ...
 .. ..$ Y: num [1:65] 41.5 41.5 41.5 41.5 41.5 ...
```

```
..$ :List of 8
 .. ..$ record      : int 3
 .. ..$ content.length: int 1046
 .. ..$ shape.type   : int 5
 .. ..$ box          : Named num [1:4] 15.5 41.5 15.5 41.5
 .. ..$ attr(*, "names")= chr [1:4] "xmin" "ymin" "xmax" "ymax"
 .. ..$ num.parts    : int 4
 .. ..$ num.points   : int 127
 .. ..$ parts        : int [1:4] 0 55 62 66
 .. ..$ points       : 'data.frame': 127 obs. of 2 variables:
 .. ..$ X: num [1:127] 15.5 15.5 15.5 15.5 15.5 ...
 .. ..$ Y: num [1:127] 41.5 41.5 41.5 41.5 41.5 ...
```



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Asd4 Regionale n. 53/2016  
 Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
 HORTO

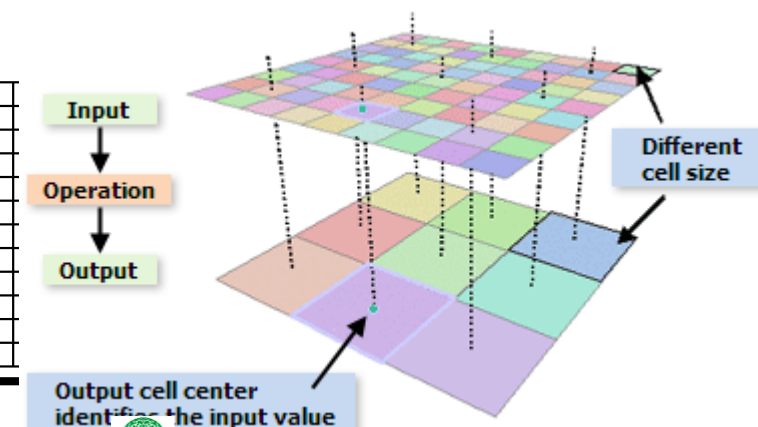
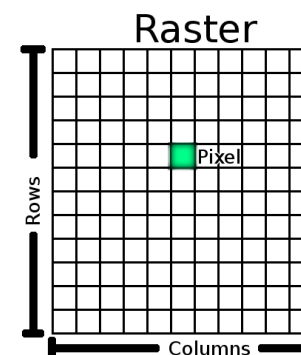
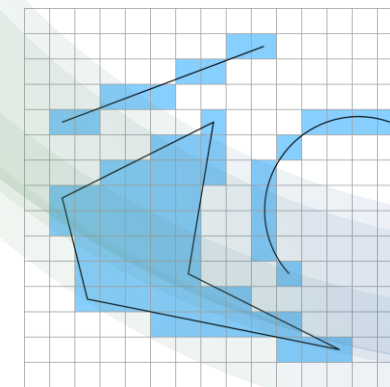
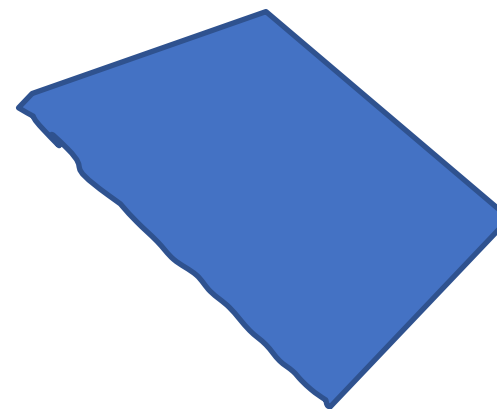
CAIONE

CON.CER



# Vettori e Raster

- Il **vettore** è qualsiasi forma geometrica presente sul piano e che rappresenta, in forma simbolica, un elemento della realtà. Contiene in se tutte le istruzioni ed i parametri per disegnarlo. Quindi contengono gli attributi in forma di testo o numero da cui sono descritti. Una rappresentazione vettoriale di un'immagine è l'insieme delle istruzioni e dei parametri per disegnare l'immagine finale, elemento per elemento, a partire da quelle che vengono definite primitive geometriche come linee, curve, poligoni, e testo.
- Un'immagine raster è quindi costituita da una griglia rettangolare di pixel. Ogni pixel è un campione di informazione in un'area finita di una sorgente grafica spazialmente continua, centrato in una particolare posizione geometrica sul piano.



# Dati RASTER

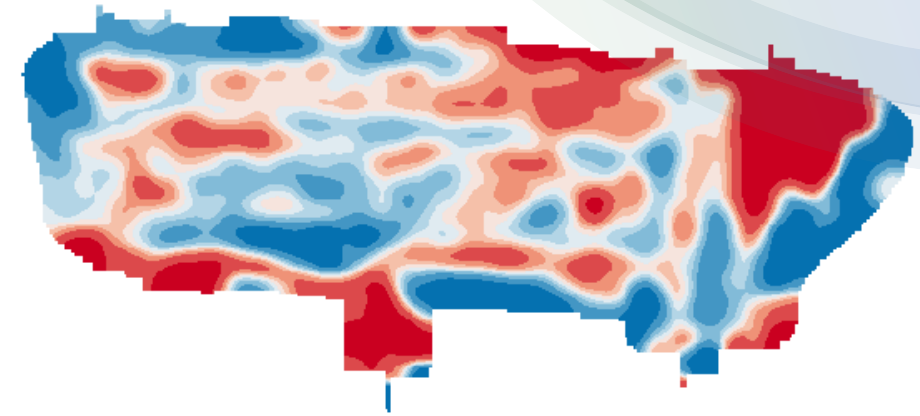
I dati raster possono essere classificati in due categorie principali:

- IMMAGINI (da scanner, fotocamere digitali, sensori installati su satelliti o UAV)
- GRID (da conversione Vector-raster)



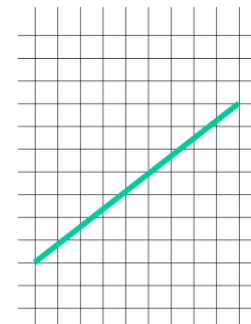
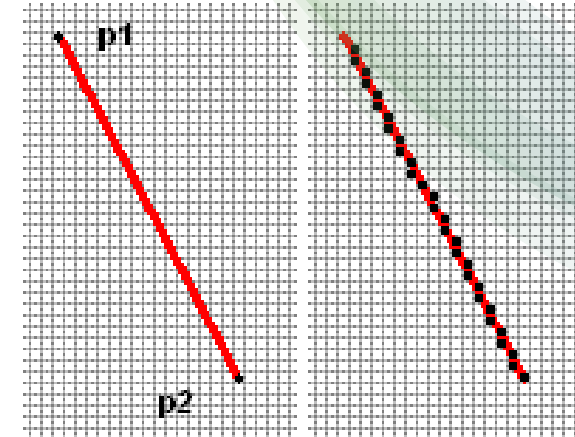
# Raster o Vettore

- La scelta tra l'utilizzo delle tecniche vettoriali e quelle raster è influenzata dalla tipologia dei dati di input e delle variabili da gestire.
- I dati **raster** sono idonei per la rappresentazione di **fenomeni che variano in modo continuo nello spazio** (ad esempio precipitazioni medie annue, elevazione sul livello del mare, ecc.), spesso con archiviazione nelle celle di valori numerici decimali (floating grid), mentre quelli **vettoriali** risultano più adatti a rappresentare **fenomeni categorizzati** (ad esempio uso del suolo, geologia).

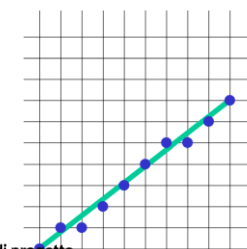


# Conversioni vettoriale-raster (rasterizzazione)

- Questo tipo di conversione genera una matrice, con risoluzione spaziale definita dall'utente, in cui **ogni cella prende il valore di un attributo numerico dell'oggetto vettoriale che insiste sulle stesse coordinate della cella.**
- È quindi necessario che nella struttura di database del layer vettoriale sia presente un campo significativo che permetta di rasterizzarlo in base a uno specifico parametro



❖ L'algoritmo di rasterizzazione di un segmento di retta deve calcolare le coordinate dei pixel che giacciono sulla linea ideale o che sono il più vicino possibile ad essa



## I tipi di dati in un GIS

Non esiste un sistema univoco per memorizzare l'informazione spaziale.

All'interno di un GIS possiamo distinguere tre tipi di dati:

- Dati **vettoriali**
- Dati **raster**
- Dati alfanumerici

I formati dei dati possono essere proprietari (criptati o aperti) oppure open source

Formati più comuni:

- vector: (ESRI) shapefile, coverage, Idrisi vct, kml, ...
- raster: Ascii, TIFF / geoTIFF, JPEG, Grid, Ecw, MrSid, kmz, ecc...

## Il dato vettoriale

Il modello **vettoriale** è definito “lo spazio della scrittura”: un insieme di oggetti, dotati di caratteristiche, all’interno di uno spazio vuoto.  
I dati vettoriali sono costituiti da elementi geometrici semplici quali **punti**, **linee** e **poligoni**, codificati e memorizzati sulla base delle loro coordinate.

Un **punto** viene individuato in un sistema informativo geografico attraverso le sue coordinate  $(x_1, y_1, (z_1))$ .

Una **linea** o un **poligono** attraverso la posizione dei suoi vertici

$(x_1, y_1, (z_1); x_2, y_2, (z_2); \dots x_n, y_n, (z_n))$ .

Nel poligono i valori  $x_n, y_n$ , devono coincidere con  $x_1, y_1$ .

La coordinata  $z$  (altezza o quota) è facoltativa.



## Le primitive vettoriali

### Un oggetto può essere *modellato come punto* se:

- è semanticamente un punto;
- è un punto alla scala a cui operiamo;
- è un punto per l'applicazione e le finalità che ci proponiamo;

### Un oggetto può essere modellato come *linea* se:

- è semanticamente una linea;
- è una linea alla scala a cui operiamo;
- è una linea per l'applicazione e le finalità che ci proponiamo;

### Un oggetto può essere modellato come *poligono* se:

- è semanticamente un poligono;
- è un poligono alla scala a cui operiamo;
- è un poligono per l'applicazione e le finalità che ci proponiamo;

## Esempio di mappa GIS vettoriale



- punti\_fiduciali\_000
- viabilita\_stradale\_000
- corsi\_acqua\_000
- catasto\_000
- uso\_suolo\_000
  - Case singole
  - Corsi di acqua naturale
  - Frutteti e frutti minori
  - Prati stabili
  - Reti stradali
  - Tessuto urbano discontinuo
  - Vigneti

In questo esempio di mappa GIS sono visualizzati elementi vettoriali dei tre tipi geometrici: punti (punti fiduciali), linee (corsi d'acqua), poligoni (uso del suolo con edifici).

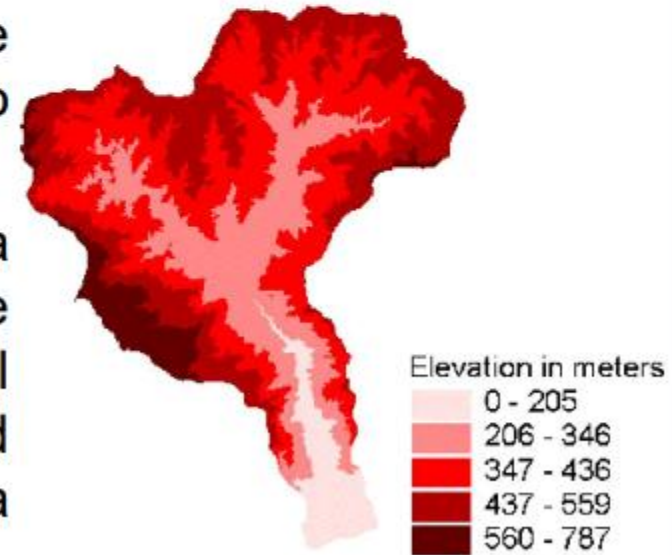
## Il dato raster

Il dato raster permette di rappresentare il mondo reale attraverso una matrice di celle, generalmente di forma quadrata o rettangolare, dette pixel.

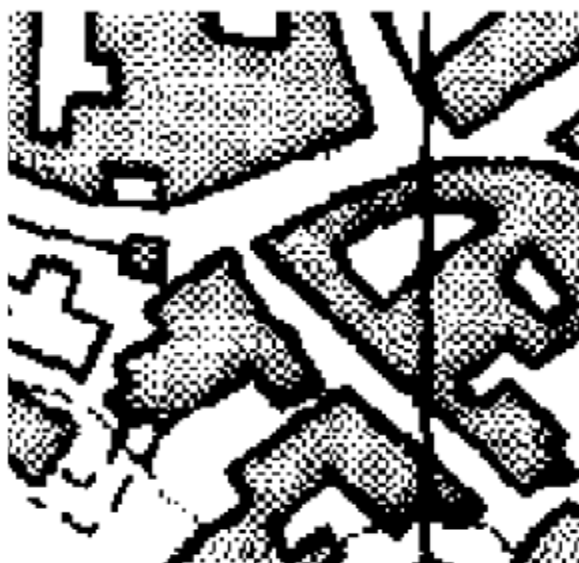
Il modello raster è definito anche “spazio del mosaico”: esistente in quanto tale, tassellato e dotato di un proprio sistema di localizzazione (riga,colonna).

A ciascun “tassello”, o **pixel**, sono associate le informazioni relative a ciò che esso rappresenta sul territorio.

La dimensione del pixel, generalmente (ma non sempre) espressa in metri, è strettamente relazionata alla precisione del dato; non ha senso rappresentare ad altissima risoluzione informazioni rilevate a risoluzione grossolana.



## Esempio di griglia raster



Porzione di CTR raster di  
100x100 m

```

1 ncols          153
2 nrows          153
3 xllcorner      659899.884322193680
4 yllcorner      5086800.457359595200
5 cellsize       0.654061296955
6 NODATA value   0
7 255 255 255 0 255 255 0 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0 0 0 0 255 255 255 255 255
8 255 0 255 255 255 0 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0 0 0 255 255 255 255 0 2
9 255 0 255 255 0 0 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
10 255 255 255 0 255 255 0 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 2
11 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0
12 255 0 255 255 0 0 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
13 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 2
14 255 255 0 0 255 255 0 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
15 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 2
16 255 0 255 255 0 0 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 2
17 255 255 255 0 255 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0
18 255 255 255 0 255 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0
19 255 0 255 255 0 0 255 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0
20 255 0 255 255 0 0 255 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
21 255 255 255 0 255 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0
22 255 255 255 0 255 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0
23 255 0 255 255 0 0 255 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0
24 255 0 255 255 0 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0
25 255 255 0 0 255 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0
26 255 0 255 255 0 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0
27 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 2
28 0 255 255 0 0 255 255 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
29 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
30 255 0 0 255 255 0 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
31 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
32 0 255 255 0 0 255 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
33 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 0
34 255 0 0 255 255 0 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
35 0 255 255 0 0 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
36 0 255 255 0 0 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
37 255 0 0 255 255 0 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
38 255 255 0 255 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
39 0 255 255 0 0 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
40 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255
    
```

“header” del file, con info su dimensioni, risoluzione e georeferenziazione

Matrice numerica Ascii corrispondente (dettaglio parziale)



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018 "Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto HORT@ From research to field

CAIONE CON.CER ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





## Esempio di risoluzione di un raster



## Formati di file raster

### **Formati mutuati da altri contesti** (“bitmaps”: TIFF, JPG, BMP...)

Non includono la **georeferenziazione**: serve un “world file” esterno, di solito un piccolo file di testo con estensione simile al rispettivo raster: tfw, jgw ...

### **Formati ad hoc** (ecw, geoTIFF, BIL, BSQ, MrSID...)

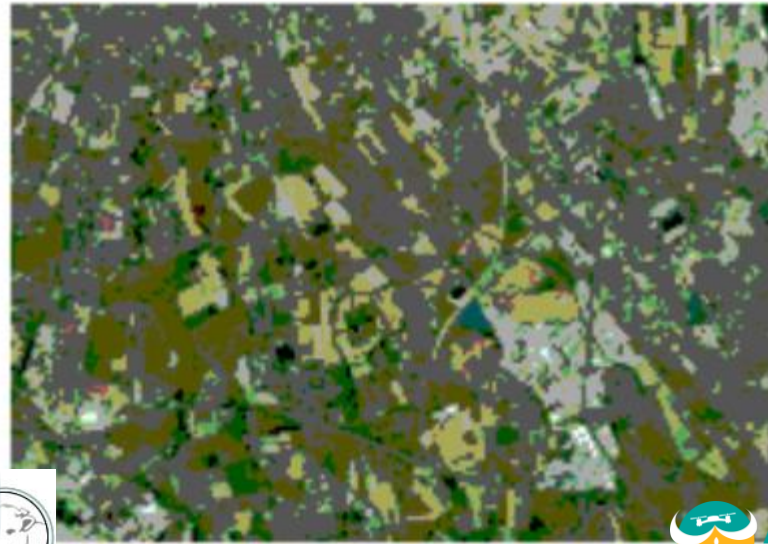
Includono georeferenziazione dei dati

Alcuni sono strettamente proprietari (ecw, MrSID)

## Esempi di immagini raster



**Immagini fisiche:** restituiscono la realtà fisica così come essa è, anche se necessariamente filtrata e modellata in base al tipo di sensore usato per l'acquisizione (immagini nel visibile, infrarosso, ecc...);



**Immagini classificate:** ciascun pixel viene attribuito a una classe (gruppo) in base a un sistema di **classificazione** opportunamente scelto (parametro di classificazione, numero di classi e loro ampiezza);

## Esempi di immagini raster



**Immagini cartografiche:** in genere binarie (bianco-nero) oppure a colori, fanno ampio ricorso a simbologia grafica; vanno distinte dalle carte “numeriche” che pur essendo ugualmente digitali sono vettoriali (per oggetti e codifiche).



**Immagini fotografiche:** non possono essere usate come veri e propri layer. Registrazione per “punti privilegiati” (dipendente dal punto di ripresa): la scala non è uniforme ma dipende dalla distanza degli oggetti rispetto al punto di ripresa;

## I dati alfanumerici e il database

### **DATABASE:**

- componente essenziale di una struttura GIS;
- struttura organizzata di dati (di tipo diverso);
- Organizzato quasi sempre in tabelle (matrici di righe e colonne);
- Nella tabella le righe rappresentano i casi (occorrenze, record) e le colonne gli attributi (caratteristiche);
- Possono essere memorizzate in tabella anche le geometrie (non sempre);
- il database associato a elementi geometrici di un GIS può essere più o meno complesso.

# I dati alfanumerici e il database - esempio di tabella attributi

Tabella degli attributi - CLC\_2006\_italia\_IVliv\_U89\_33 :: Totale degli elementi: 133524, filtrati: 133524, selezionati: 0

	ch00_06	clc00	clc06	area_ha	livello1	livello2	livello3	livello4
0	332-332	332	332	333.48000	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Rocce nude, falesie, rupi, afforam...	NULL
1	333-333	333	333	662.40200	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Aree con vegetazione rada	NULL
2	3211-3211	3211	3211	175.32500	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	Aree a pascolo naturale e praterie	Praterie continue
3	335-335	335	335	0.19303	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Ghiacciai e nevi perenni	NULL
4	335-335	335	335	286.89700	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Ghiacciai e nevi perenni	NULL
5	332-332	332	332	805.26200	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Rocce nude, falesie, rupi, afforam...	NULL
6	335-335	335	335	0.00157	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Ghiacciai e nevi perenni	NULL
7	322-322	322	322	362.67500	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	Brughiere e cespuglieti	NULL
8	333-333	333	333	98.80210	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Aree con vegetazione rada	NULL
9	3211-3211	3211	3211	403.14000	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	Aree a pascolo naturale e praterie	Praterie continue
10	332-332	332	332	1536.61000	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Rocce nude, falesie, rupi, afforam...	NULL
11	333-333	333	333	27.46240	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Aree con vegetazione rada	NULL
12	3212-3212	3212	3212	38.18530	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	Aree a pascolo naturale e praterie	Praterie discontinue
13	324-324	324	324	65.62730	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	Aree a vegetazione boschiva ed ar...	NULL
14	333-333	333	333	288.10500	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Aree con vegetazione rada	NULL
15	3212-3212	3212	3212	106.67500	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	Aree a pascolo naturale e praterie	Praterie discontinue
16	3212-3212	3212	3212	123.64200	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	Aree a pascolo naturale e praterie	Praterie discontinue
17	3123-3123	3123	3123	344.77200	Territori boscati e ambienti semi-naturali	Zone boscate	Boschi di conifere	Boschi a prevalenza di abeti (quali bia...

Estratto della tabella attributi dello shapefile Corine Land Cover (usi del suolo). In ogni riga un singolo poligono di uso del suolo, nelle colonne gli attributi (dati alfanumerici), alcuni dei quali possono essere di tipo geometrico/spaziale (coordinate, area, perimetro, ecc...). Molto importante il principio di omogeneità degli attributi: per una stessa entità (elemento, feature), gli attributi sono gli stessi.

## Il database relazionale

### DATABASE RELAZIONALE:

- Modello inventato da Codd (IBM, anni '70) basato sulla teoria degli insiemi;
- Capace di gestire strutture di dati molto complesse e in grande quantità;
- Dati diversi, anche se riferiti agli stessi oggetti, sono archiviati in *tabelle diverse*;
- Le tabelle sono collegate tramite delle *relazioni* (1-1, 1-n, n-n);
- Cuore della relazione è l'esistenza di una *chiave primaria*;

## Il geodatabase

### Veri e propri database multiutente

Oltre ai classici dati alfanumerici (attributi) gestiscono anche la componente geografica (dati vettoriali e raster).

Es. **PostGIS** (non proprietario) collegato al DBMS PostGRES-SQL

Es. **Oracle Spatial** (proprietario) collegato al DBMS Oracle



# I metadati

**METADATI:** letteralmente “dati sui dati”, ovvero quelle informazioni che costituiscono l’anagrafe dei dati. Sono fondamentali per interpretare ed elaborare correttamente i dati GIS.

- Esempi di informazioni contenute:
- Sistema di riferimento
- Scala di validità
- Dimensioni informatiche e reali della mappa
- Risoluzione spaziale e spettrale
- Formato file
- Epoca di acquisizione
- Formato dei campi
- Proprietario dei dati
- ... e molte altre...

Proprietà vettore - uso\_suolo\_000 | Metadati

**Descrizione**

Short name: A name used to identify the layer. The short name is a text string used for machine-to-machine communication.

Titolo: The title is for the benefit of humans to identify layers.

Riassunto:

Lista delle parole chiave: List of keywords separated by comma to help catalog searching.

URL dati: An URL of the data presentation. Formato: [dropdown]

**Attribuzione**

Titolo: Attribution's title indicates the provider of the data layer.

URL: Attribution's url gives a link to the webpage of the provider of the data layer.

**URL Metadati**

URL: The URL of the metadata document.

Tipo: [dropdown] Formato: [dropdown]

**LegendURL**

URL: An URL of the legend image. Formato: [dropdown]

**Proprietà**

**Generale**

Tipo di archiviazione per questo vettore:

ESRI Shapefile

Descrizione di questo sorgente dati:

ORR data provider (compiled against GDAL/OGR library version 2.0.2, running against GDAL/OGR library version 2.0.2)

Sorgente di questo vettore:

C:/Users/Antonio/Dropbox/DIDATTICA\_OIG/CORSO\_OIG\_MOODLE\_2015/MATERIALI/NUOVO\_CORSO\_2015/Progetto\_ogis\_01/shapefile\_000/uso\_solo\_000.shp

Stile: [dropdown] OK Cancel Apply Help

## Il formato vettoriale ESRI shapefile

### Shapefile:

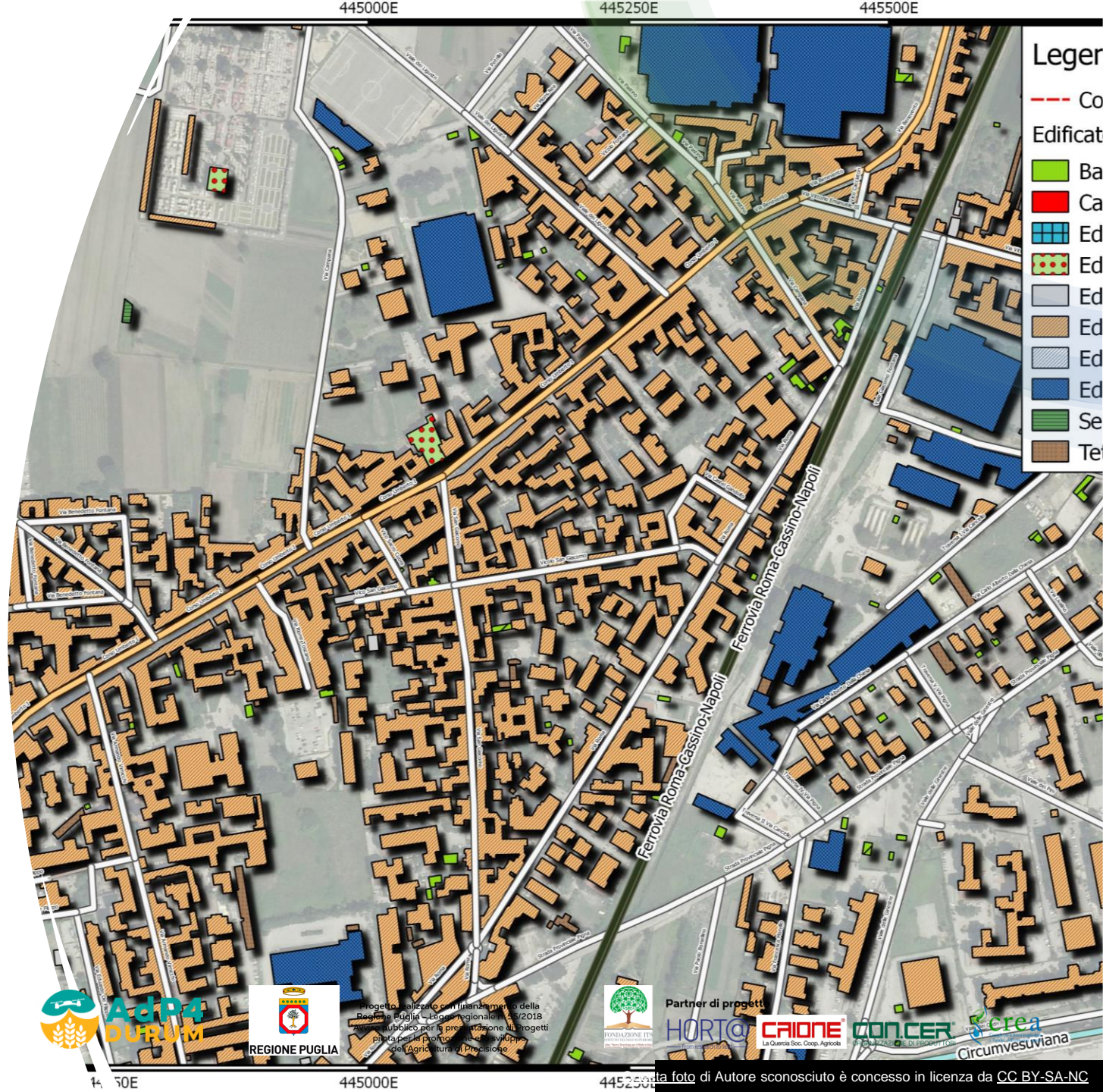
- ❑ formato vettoriale di registrazione di identità geometriche e delle loro informazioni associate;
- ❑ è il formato più diffuso nei GIS, sia commerciali che open source. Anche QGIS usa questo formato;
- ❑ NON supporta la registrazione di informazioni topologiche.
  - Pro: maggiore velocità di accesso ed elaborazione;
  - Contro: errori e incongruenze nelle geometrie;
- ❑ introdotto da ESRI con ArcView GIS v.2 all'inizio degli anni '90;
- ❑ entità geometriche e attributi in file separati;

## Il formato vettoriale ESRI shapefile

- ❑ La struttura shapefile in realtà è l'insieme di più file;
- ❑ tre file obbligatori:
  - .shp - il file che conserva le geometrie;
  - .shx - il file che conserva l'indice delle geometrie;
  - .dbf - il database degli attributi.
- ❑ nove file opzionali che conservano indici e dati accessori:
  - .sbn e .sbx - indici spaziali;
  - .fbn e .fbx - indici spaziali delle feature in sola lettura;
  - .ain e .aih - indici attributari dei campi della tabella;
  - **.prj - il file che conserva l'informazione sul sistema di coordinate (file molto importante, anche se non obbligatorio);**
  - .shp.xml - metadato dello shapefile;
  - .atx - indice attributario della tabella (file .dbf) nella forma <nome\_shapefile>.<nome\_colonna>.atx (ArcGIS 8 e superiori).
- ❑ ogni file condivide con gli altri il proprio nome (prefisso prima del punto);
- ❑ **tutti i file di uno shapefile devono essere allocati nella stessa cartella.**

# Applicazioni GIS

- I GIS offrono infinite possibilità di utilizzo per tutte le esigenze correlate a componenti geografiche.
- Dalla localizzazione di oggetti allo studio dell'evoluzione del paesaggio del tempo, i GIS permettono una dettagliata e complessa pianificazione del territorio e degli interventi da svolgere su di esso.



# Elaborazioni in GIS

I GIS presentano normalmente delle funzionalità di analisi spaziale ovvero di trasformazione ed elaborazione degli elementi geografici degli attributi. Esempi di queste elaborazioni sono:

- l'overlay topologico: in cui si effettua una sovrapposizione tra gli elementi dei due temi per creare un nuovo tematismo (ad esempio per sovrapporre il tema dei confini di un parco con i confini dei comuni per determinare le superfici di competenza di ogni amministrazione o la percentuale di area comunale protetta);
- le interrogazioni spaziali, ovvero delle interrogazioni di basi di dati a partire da criteri spaziali (vicinanza, inclusione, sovrapposizione etc.)
- il buffering: da un tema puntuale, lineare o poligonale definire un poligono di rispetto ad una distanza fissa o variabile in funzione degli attributi dell'elemento
- la segmentazione: algoritmi di solito applicati su temi lineari per determinare un punto ad una determinata lunghezza dall'inizio del tema;
- la network analysis: algoritmi che da una rete di elementi lineari (es. rete stradale) determinano i percorsi minimi tra due punti;
- l'analisi spaziale: algoritmi che utilizzando modelli dati raster effettuano analisi spaziali di vari tipi, ad es: analisi di visibilità;
- **analisi geostatistiche**: algoritmi di analisi della correlazione spaziale di variabili georeferite.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
HORT@  
— From research to field —

CAIONE  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

CON.CER.  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Possibili applicazioni del GIS

Servizi per le Emergenze -  
Protezione Civile ed  
Antincendio, Polizia e  
Sicurezza Territoriale

Servizi per la Tutela  
Ambientale -  
Monitoraggio e  
Modellazione dei  
fenomeni presenti e futuri

Business – Servizi di  
Localizzazione, Logistica e  
Consegna

Industria – Trasporti,  
Comunicazione, Opere  
Minerarie, Condotte,  
Sanità

Politica e Governo del  
Territorio, a livello Statale,  
Locale e Militare -  
Pianificazione Territoriale,  
Tributaria, eGovernment

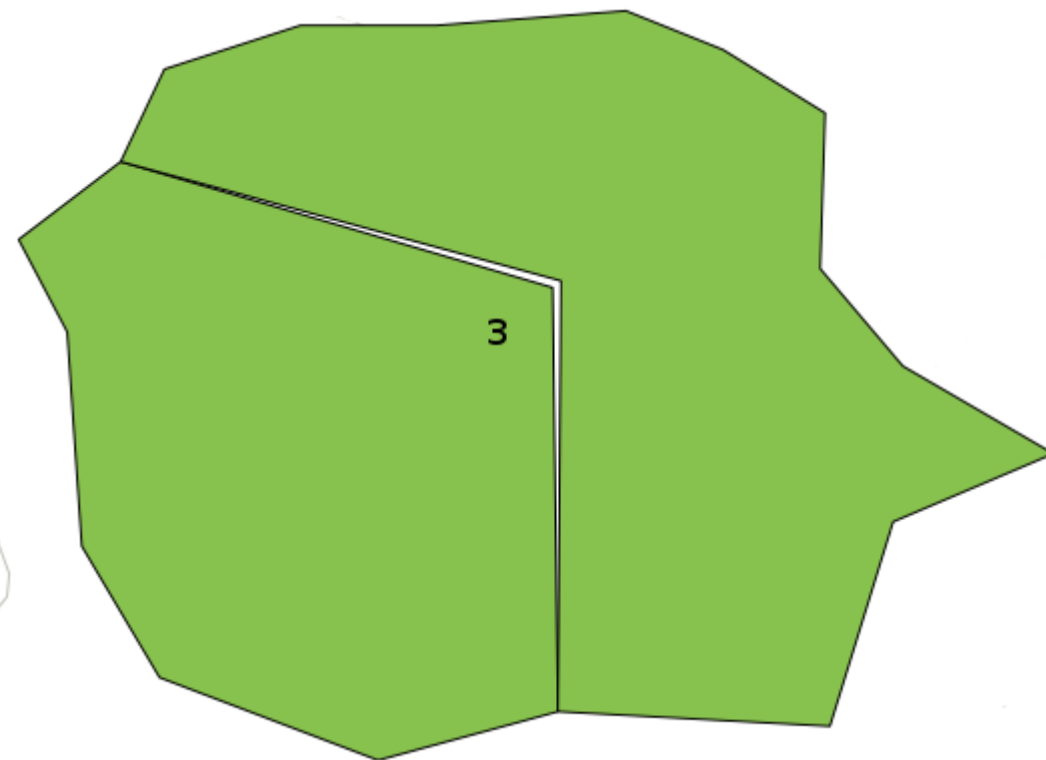
Educazione, Formazione e  
Ricerca

La maggior parte dei dati  
in qualsiasi ambito può  
essere analizzata in  
modalità "spaziale",

# Topologia

- La **topologia** esprime le relazioni spaziali tra le geometrie vettoriali (punti, polilinee e poligoni) collegate o adiacenti in un GIS. I dati topologici sono utili per individuare e correggere gli errori di digitalizzazione (ad esempio, due linee in un vettore di strade che non si incontrano perfettamente a un incrocio). La topologia è necessaria per effettuare alcuni tipi di analisi spaziale, come l'analisi di reti. Ci sono diversi tipi di errori topologici e puoi raggrupparli a seconda che le geometrie vettoriali siano poligoni o polilinee. Errori topologici con **poligoni** possono includere poligoni non chiusi, spazi tra i bordi dei poligoni o confini sovrapposti. Un errore topologico comune con **polilinee** è quando non si incontrano perfettamente in un punto (nodo). Questo tipo di errore è chiamato **difetto** nel caso di un piccolo divario tra le linee, e **eccesso** se le linee terminano oltre il punto di incontro

# Topologia



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
HORT@  
From research to field

CAIONE  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

CON.CER  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





# Buffering

Il **Buffering** di solito crea due aree: un'area che è **entro** una specificata distanza per le geometrie del mondo reale selezionate e l'altra area che è **oltre**. L'area che si trova all'interno della distanza specificata è chiamata **zona buffer**.

Una **zona buffer** è un'area che serve allo scopo di mantenere le geometrie del mondo reale distanti l'una dall'altra. Le zone cuscinetto sono spesso istituite per proteggere l'ambiente, proteggere le zone residenziali e commerciali da incidenti industriali o calamità naturali o per prevenire la violenza.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



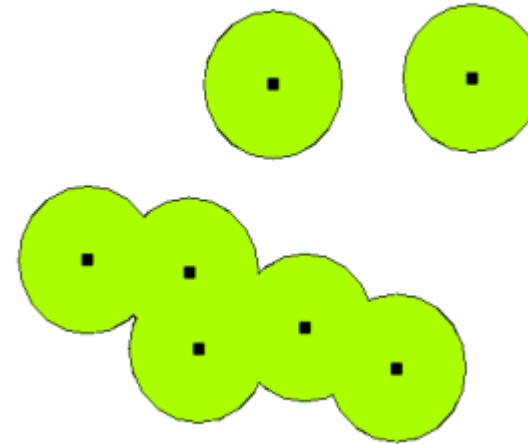
Partner di progetto  
**HORT@**  
From research to field

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



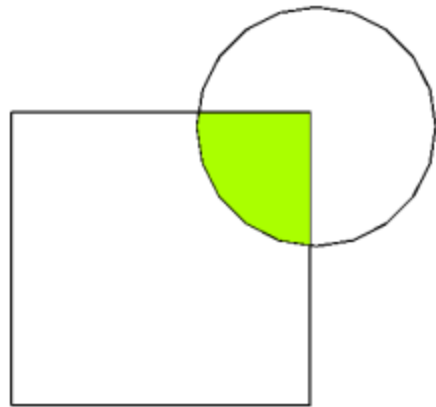
# Buffering



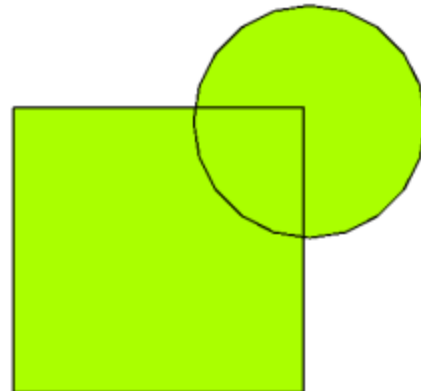
# Overlay

- L' **Overlay spaziale** è un processo che consente di identificare le relazioni tra due geometrie poligonali che condividono tutta o parte della stessa area. Il layer vettoriale di output è una combinazione delle informazioni delle geometrie di input.
- Esempi tipici di overlay spaziale sono:
- **Intersezione:** il layer di output contiene tutte le aree in cui entrambi i layer si sovrappongono (intersecano).
- **Unione:** il layer di output contiene tutte le aree dei due layer di input combinati.
- **Differenza simmetrica:** il layer di output contiene tutte le aree dei layer di input ad eccezione di quelle in cui i due layer si sovrappongono (intersecano).
- **Differenza:** il layer di output contiene tutte le aree del primo layer di input che non si sovrappongono (intersecano) con il secondo layer di input.

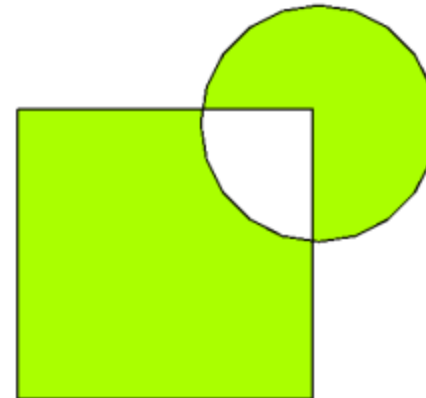
# Overlay



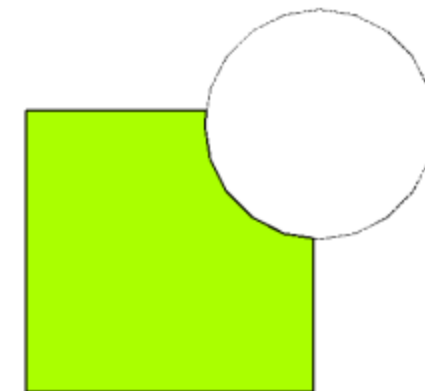
Intersection



Union



Symmetrical Difference

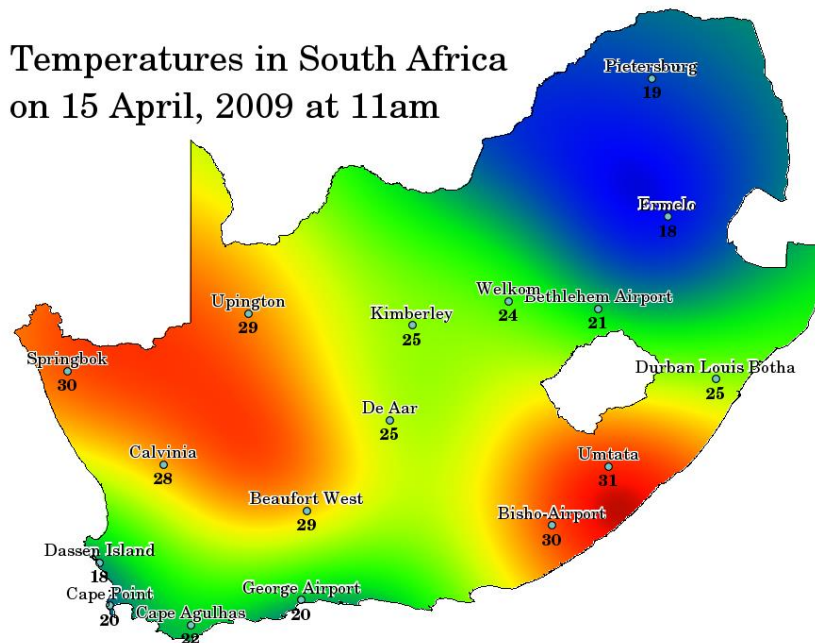


Difference

# Interpolazione

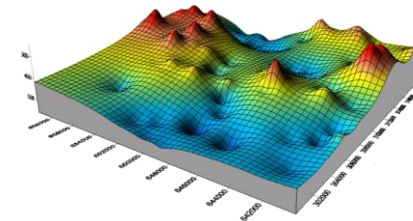
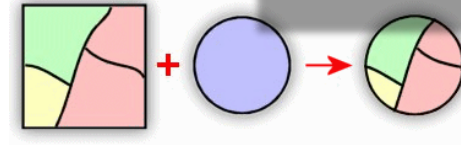
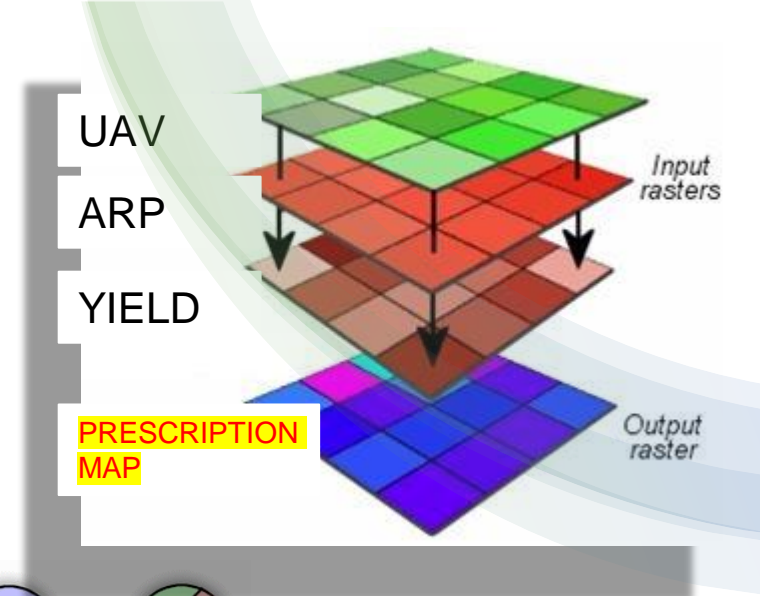
- L'**analisi spaziale** è il processo di manipolare l'informazione spaziale per estrarre nuova informazione e significato dall'informazione originale. L'interpolazione spaziale è il processo con cui si usano dei punti aventi dei valori conosciuti per stimare i valori di altri punti sconosciuti. Ad esempio, per realizzare una mappa di precipitazioni (pioggia) per il vostro paese, non troverete abbastanza stazioni meteo per coprire l'intera regione. L'interpolazione spaziale può stimare le temperature nelle località senza dati registrati utilizzando le temperature registrate dalle stazioni vicine.
- Tecniche usate: Distanza Inversa Ponderata (IDW), Interpolazione triangolare (TIN)

Temperatures in South Africa  
on 15 April, 2009 at 11am



# Modalità di elaborazione finalizzate alla MAPPA DI PRESCRIZIONE

- Geoprocessing
- Geostatistica
- Georeferenziazione e Trasformazione



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
HORT@  
From research to field

CAIONE  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

CON.CER  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Geoprocessing

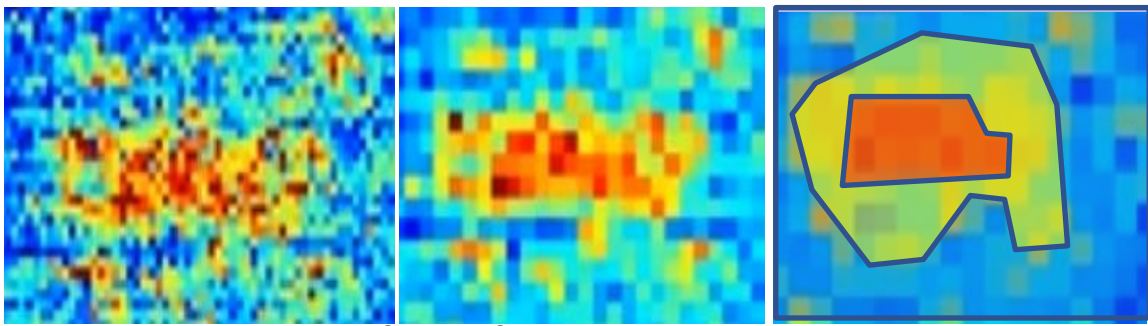
- Insieme di operazioni spaziali che permettono di processare dati geografici, vettoriali e raster, con conseguente creazione di nuovi layer di output.
- Ha come finalità principale quella di **analizzare** ed **estrarre** nuove informazioni, esplicitando relazioni già presenti nella base dati ma spesso difficili da percepire attraverso la semplice osservazione del dato.



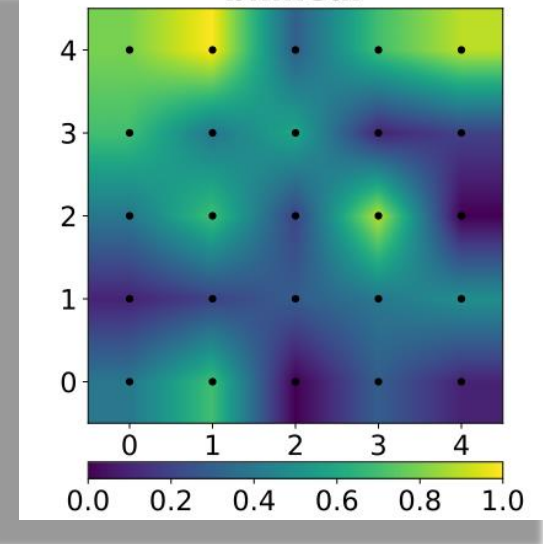
Fonte: V. Noti - GIS Open Source per geologia e ambiente, 2014]

Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



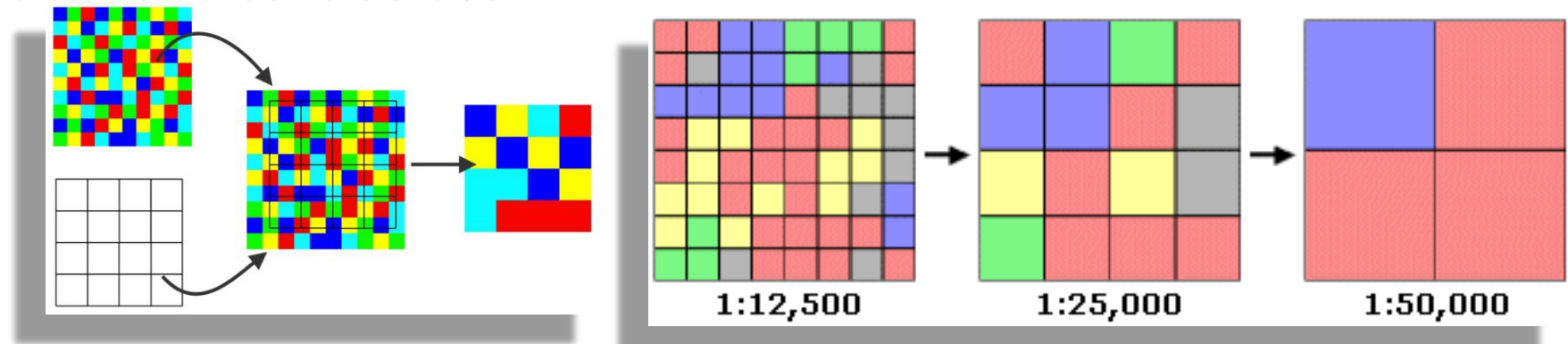


L'interpolazione spaziale è la stima del valore assunto da una variabile in una posizione in cui la misurazione non è stata effettuata



# Geostatistica

- In caso di aumento della risoluzione (riduzione del lato di una cella), vengono solitamente applicati metodi di interpolazione (ad esempio nearest neighbour, bilinear, cubic, ecc.) che permettono di definire il valore delle nuove celle basandosi su quelle di input.
- L'operazione inversa viene effettuata durante la diminuzione di risoluzione (aumento del lato di una cella) in cui vengono applicate tecniche associative su celle adiacenti.





# Output e finalità in Agricoltura

- Le operazioni di elaborazione effettuate sui dati ottenibili dalle diverse fonti informative possono avere principalmente due obiettivi:



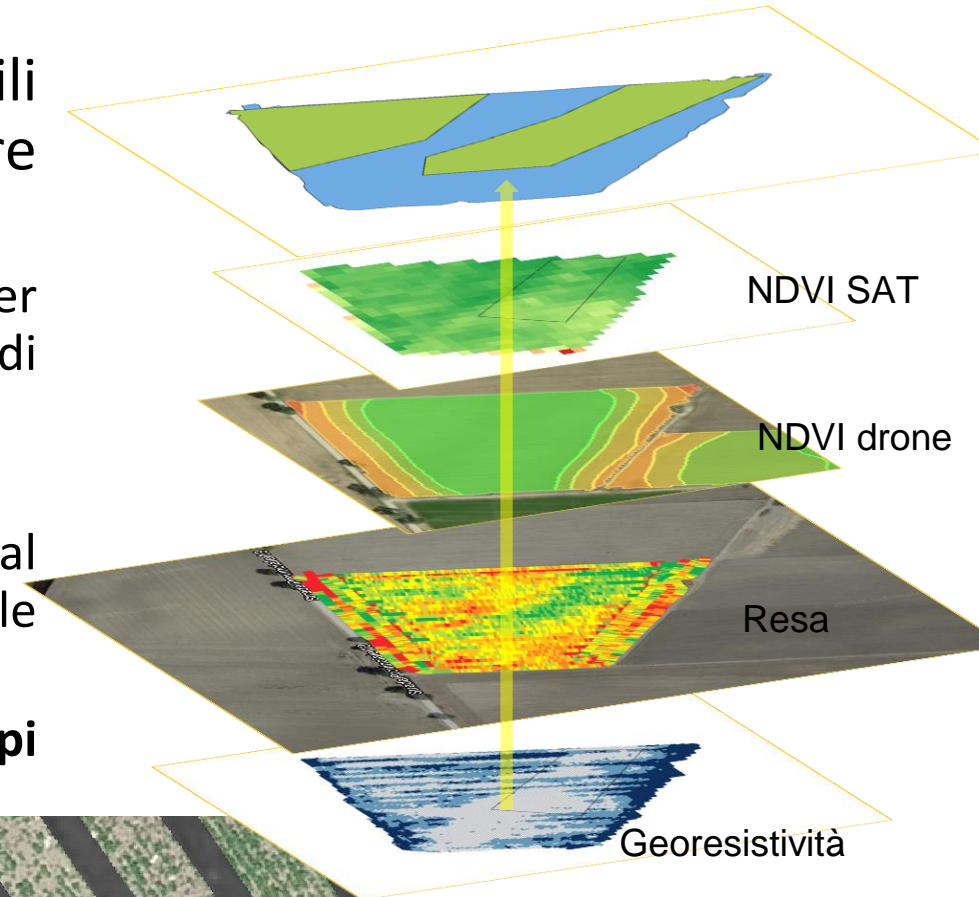
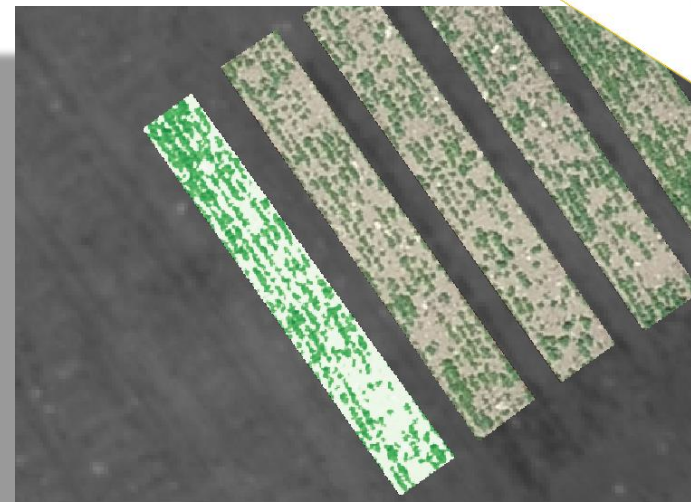
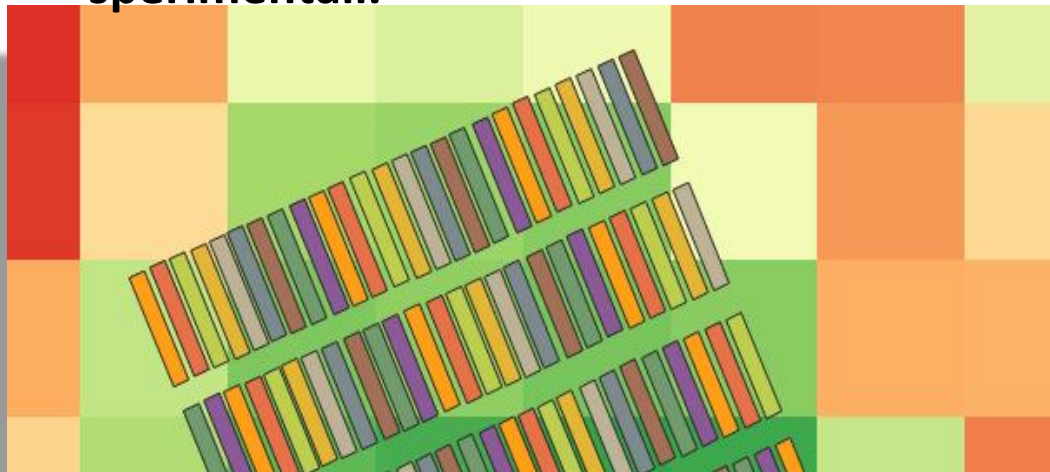
- Ottenere una sintesi e fusione al fine di ottenere un layer applicativo da consegnare ad una macchina per l'esecuzione di diverse operazioni mirate

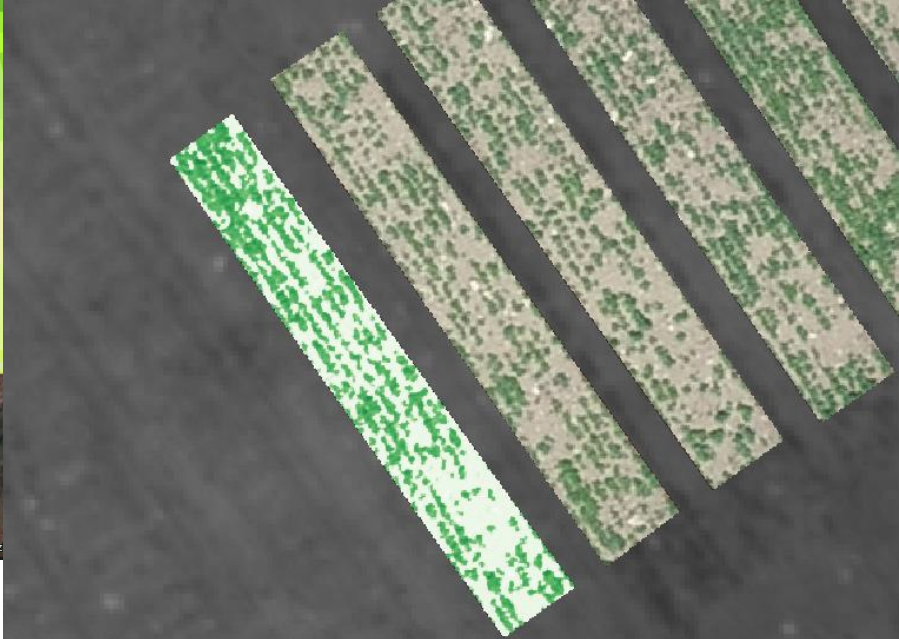
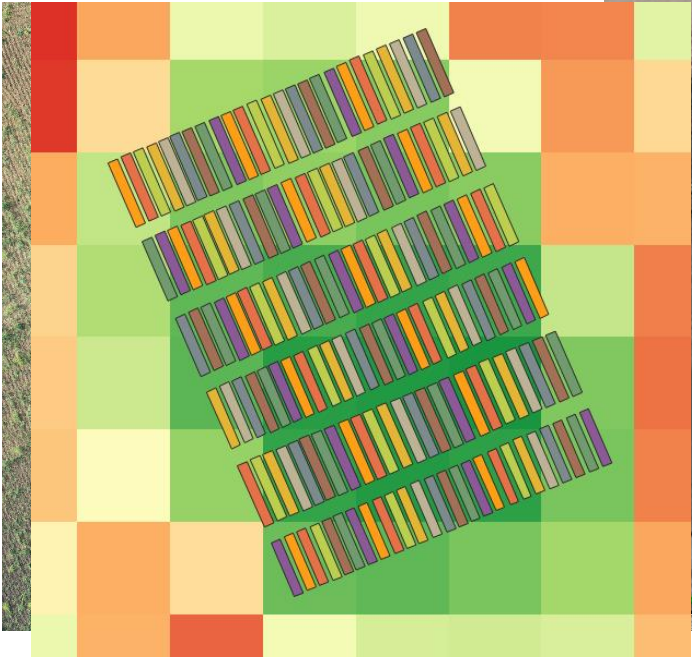
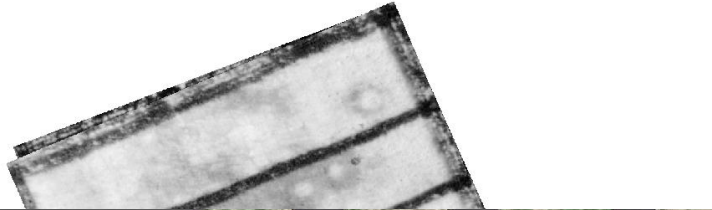
- OUTPUT: es.: **Mappa di prescrizione - Precision Farm**

- Ottenere un'estrazione dei dati per un'elaborazione critica al fine di misurare la ripetibilità di condizioni simili o l'eventuale diversità per la ricerca della fonte della variabilità sperimentale



- OUTPUT: es.: **Preparazione di griglie ispettive in campi sperimentali.**





## Riassumendo i concetti principali di geodesia e cartografia...

- ❑ Geoide: forma della terra (patata, quasi sferica pochissimo schiacciata ai poli);
- ❑ Ellissoide: solido geometrico regolare che meglio approssima tale forma;
- ❑ Datum: modello matematico dell'ellissoide, adattato regionalmente, con un orientamento e una origine;
- ❑ i datum usati in Italia sono tre:
  - (ED50), basato su ellissoide Internazionale Hayford 1924;
  - Roma40, basato su ellissoide Internazionale Hayford 1924;
  - WGS84, basato sull'ellissoide omonimo; in Italia spesso chiamato anche ETRF89;

## Riassumendo i concetti principali di geodesia e cartografia...

- ❑ cartografia: necessità di adattamento di superfici curve a superfici piane: proiezioni;
- ❑ le proiezioni spesso si scelgono in base alla regione di interesse e all'utilizzo delle carte;
- ❑ in Italia ormai si usa la sola proiezione cilindrica trasversa di mercatore (UTM);
- ❑ sistemi di riferimento cartografici: combinazioni di proiezione, datum, suddivisione in fusi e altri parametri (es. false origini) necessari alla costruzione di carte analogiche e digitali. In Italia:
  - UTM-ED50 fusi 32-33-34 (es. carte topografiche IGMI);
  - Gauss Boaga – Roma40 fusi Ovest ed Est (alcune CTR, catasto...);
  - UTM-WGS84 fusi 32-33-34 (carte più recenti, GPS);

## Riassumendo i concetti principali di geodesia e cartografia...

Posizione di un punto sulla superficie ellissoidica della Terra: coordinate geografiche (latitudine, longitudine, ev. altitudine), angolari;

Posizione di un punto sulla superficie piana di una regione terrestre non troppo ampia: coordinate piane (es. N,E, ev. altitudine), di solito metriche;

- ❑ Passaggio da coordinate geografiche a coordinate piane (e viceversa): conversione. Puramente matematica, errori molto piccoli;
- ❑ Passaggio tra sistemi di riferimento cartografici: trasformazione. Non solo matematica, anche fisica, richiede misure di punti cospicui nei sistemi coinvolti, errori significativi, talvolta molto grandi.

# Riassumendo i concetti

- Il GIS è quindi un sistema informativo in grado di associare dei dati alla loro posizione geografica sulla superficie terrestre e di elaborarli per estrarne informazioni.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
HORT@  
— From research to field —

CAIONE  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

CON.CER  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI



# Riassumendo i concetti

- La tecnologia GIS integra in un unico ambiente le più comuni operazioni legate all'uso di database (interrogazioni e analisi statistiche) con l'analisi geografica consentita dalle [cartografie numeriche](#), sia [raster](#) che vettoriali.
- Il **vettore** è qualsiasi forma geometrica presente sul piano e che rappresenta, in forma simbolica, un elemento della realtà. Contiene in se tutte le istruzioni ed i parametri per disegnarlo.
- Un'[immagine raster](#) è costituita da una griglia rettangolare di pixel. Ogni pixel è un campione di [informazione](#) in un'[area](#) finita di una sorgente grafica spazialmente continua, centrato in una particolare posizione geometrica sul [piano](#)

# Riassumendo i concetti

- Le applicazioni del GIS permettono di eseguire operazioni in topologia, buffering, overlay, interpolazioni.
- Le principali applicazione in agricoltura di precisione sono evidenziate dalla produzione di mappe di prescrizione.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
HORT@  
From research to field

CAIONE  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

CON.CER  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI





# *Grazie per l'attenzione*

Fonti non citate direttamente nel testo:

- Slide Corso GIS base con sw open-source QGIS – 2021, Formazione CREA
- [https://docs.qgis.org/3.4/it/docs/gentle\\_gis\\_introduction/index.html](https://docs.qgis.org/3.4/it/docs/gentle_gis_introduction/index.html)



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018  
\*Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione



Partner di progetto  
**HORT@**  
— From research to field —

**CAIONE**  
La Quercia Soc. Coop. Agricoli

**CON.CER**  
ORGANIZZAZIONE DI PRODUTTORI

