



<http://www.protezionecivile.fvg.it>



<http://www.centrometeo.com>

Rischio idrogeologico

# Geomorfometria



Dr. Chiara Calligaris

A.A. 2020-2021

[calligar@units.it](mailto:calligar@units.it)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE

[www.aedilizia.com](http://www.aedilizia.com)



# Bibliografia di riferimento

TOMISLAV HENGL and HANNES I. REUTER (2009) Geomorphometry: concepts, softwares, applications. Elsevier, 775pp.

# Che cos'è la geomorfometria?

*Geomorphometry is the science of quantitative land-surface analysis*

*(Pike, 1995, 2000a; Rasemann et al., 2004).*

# La storia della geomorfometria

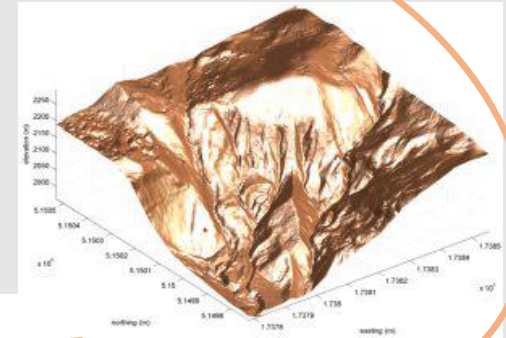
Prima di iniziare con l'esplorazione dei dati e degli algoritmi, bisogna fare un passo indietro considerando l'evoluzione della geomorfometria, dai suoi inizi pionieristici a cura dei geografi tedeschi, fino all'approccio matematico dei francesi e degli inglesi.

La geomorfometria come la intendiamo noi oggi ha iniziato ad evolversi scientificamente grazie a Barnabé Brisson (1777–1828), Carl Gauss (1777–1855), Alexander von Humboldt (1769–1859) e tanti altri, divenendo una disciplina matura grazie ai computer a metà del XX secolo.

- La geomorfometria era considerata una branca minore di attività quali l'esplorazione, la filosofia naturale e la geografia fisica (specialmente la geomorfologia);
- Oggi è forte il legame con la geoinformatica, con vari settori dell'ingegneria e con gran parte delle scienze dell'ambiente e della terra.



IERI.....



OGGI.....

Nel tardo XVIII e primo XIX secolo, si assiste alla nascita dell'**orografia ed orometria** con le prime precise descrizioni dei rilievi e le misure delle vette; Molti studi riguardavano fiumi e coste, unici elementi lineari disponibili prima dell'ampia diffusione di mappe topografiche nella metà del XIX secolo.

**OROGRAFIA:** Parte della geografia fisica che studia e descrive le caratteristiche dei rilievi montuosi.

**OROMETRIA** (dal gr. ὄρος "monte") s'intende, non tanto la misura dell'altezza (che è oggetto dell'ipsometria), quanto la ricerca di alcuni valori medi, che possono servire a individuare i caratteri di un determinato rilievo o gruppo montuoso.

Treccani

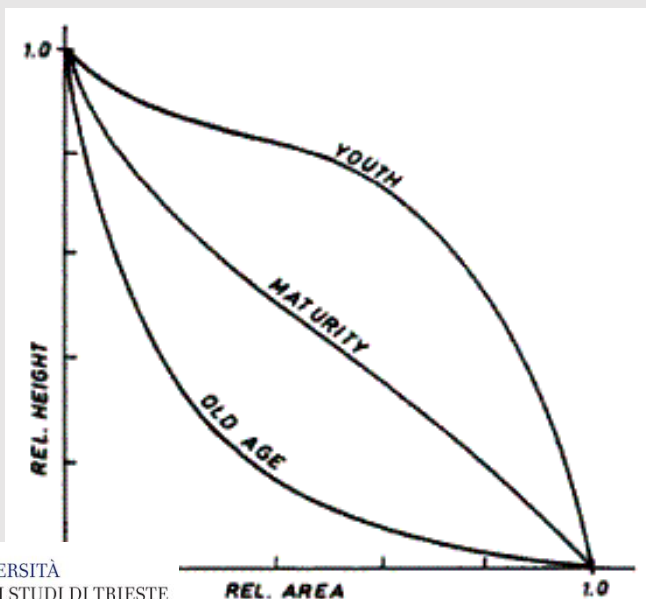


Il generale Anton von Zach realizzò tra il 1798 e il 1805 un'operazione di rilevamento topografico su vasta scala a scopi militari, la "**Kriegskarte**" ("Topographischgeometrische Kriegskarte von dem Herzogthum Venedig") ovvero la carta di guerra dell'Impero austriaco.

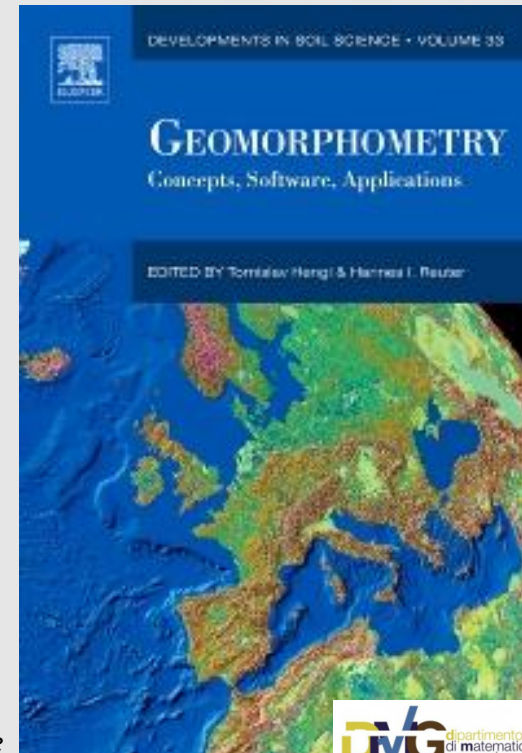
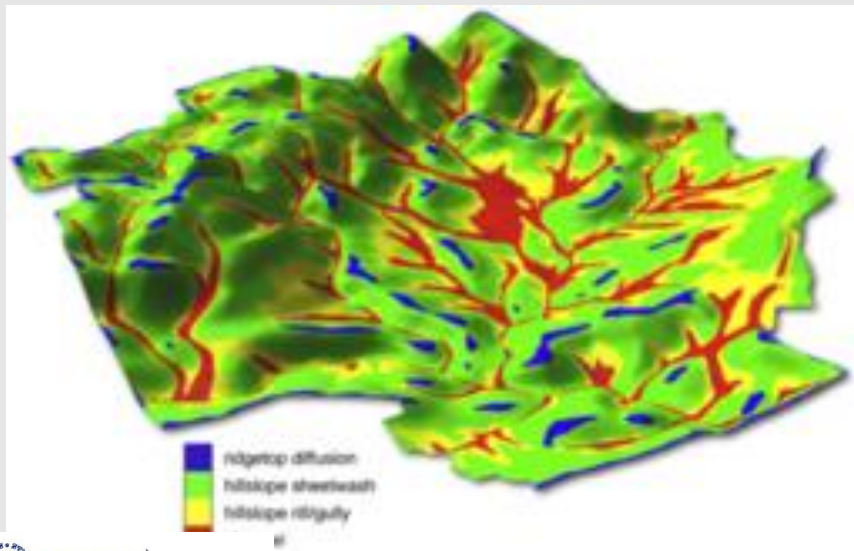
Gli antichi egizi e i greci, realizzavano misure sistematiche delle quote sopra il livello del mare.

Dopo l'introduzione del concetto di curva di livello, proposto nel **1584** da Pieter Bruinz (esploratore olandese) ma formalizzato solo nel 1774 da Charles Hutton (isoipse), ci fu la redazione delle prime mappe con curve di livello e conseguente esplosione di studi riguardanti il rilievo.

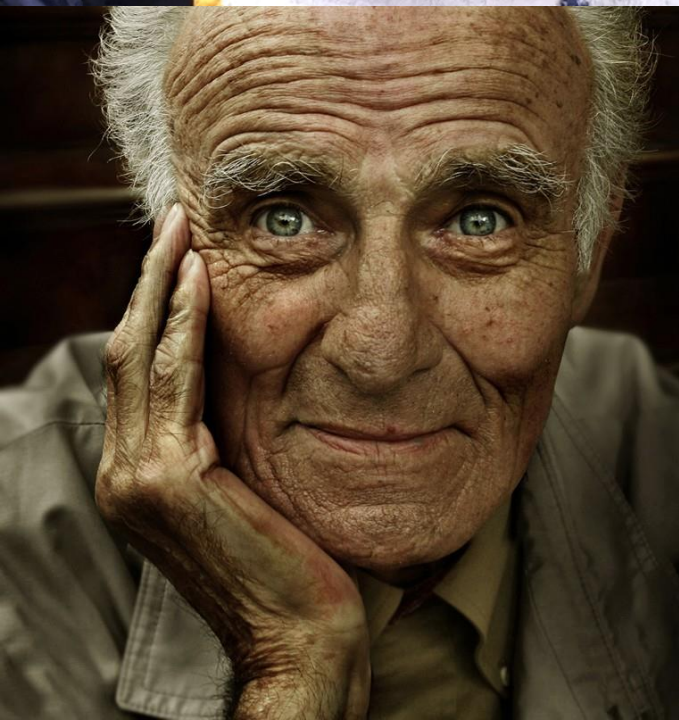
I geografi dell'epoca iniziarono a misurare l'area compresa tra due curve di livello per generare grafici di quota vs area -> curve ipsometriche (curva ipsografica adimensionale) e integrale ipsometrico (Strahler, 1952).

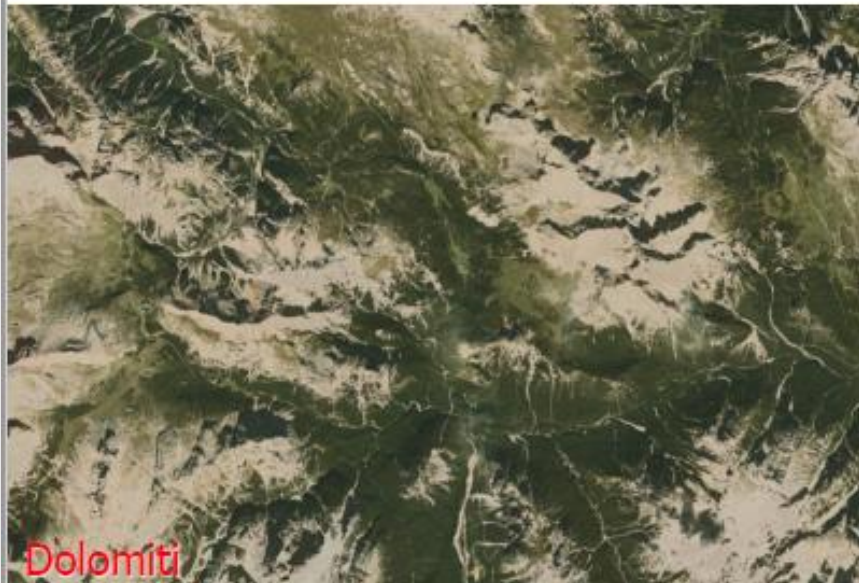
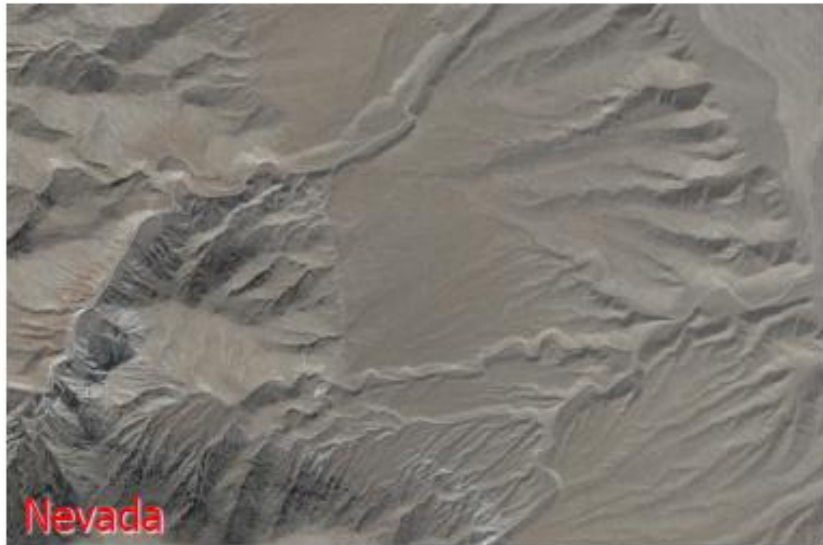


- Dopo il 1950: adozione di distribuzione di frequenza (che descrive l'andamento del fenomeno in una popolazione) e test statistici da parte di geomorfologi fluviali e ingegneri idraulici;
- In quegli anni nascono i primi calcolatori digitali che accelerano il progresso della disciplina;
  - I primi dati di input non erano DEM (Digital Elevation Model) ma punti quotati e profili topografici;
  - Alla fine degli anni '50 "grid" quotate vengono utilizzate da geofisici (geoide), ingegneri (autostrade) e militari (tattiche di combattimento);
  - Miller and Laflamme (1958) al M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) espongono per primi il concetto di DEM;
  - Primo DEM degli USA (63 m risoluzione) derivato da carta tecnica 1:250,000 distribuito da USGS (1963);
  - Successivamente, l'avvento dei computer ha condotto velocemente la geomorfometria a quella che conosciamo oggi...









Slide courtesy of Dr. Paolo Tarolli, University of Padova, Italy

# Orografia e regimi climatici

L'orografia gioca un ruolo chiave nella caratterizzazione dei regimi climatici del nostro pianeta. L'esempio delle Ande (A) e dell'Himalaya (B).

**A**

Aree vegetate



Aree aride

**B**

Deserto di alta montagna (Tibet)

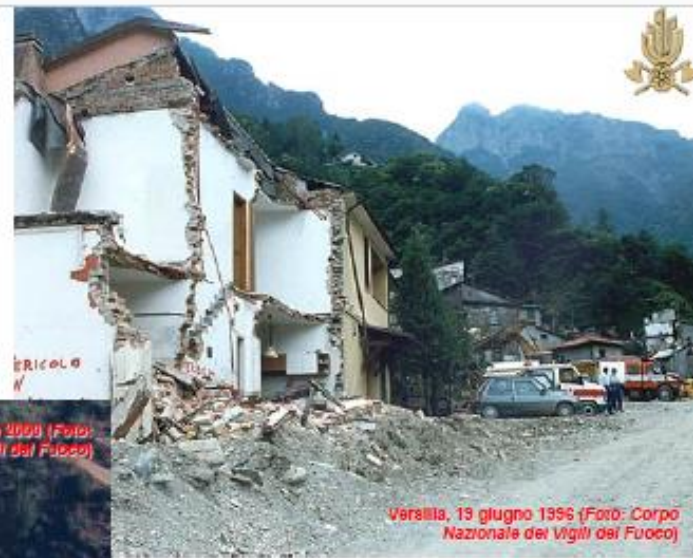
Deserto di alta vegetazione lussureggiante dovuta al monsone



(c) [www.asiareport.com](http://www.asiareport.com)



Sarro, S. Moggio, 1998 (Foto: Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco)

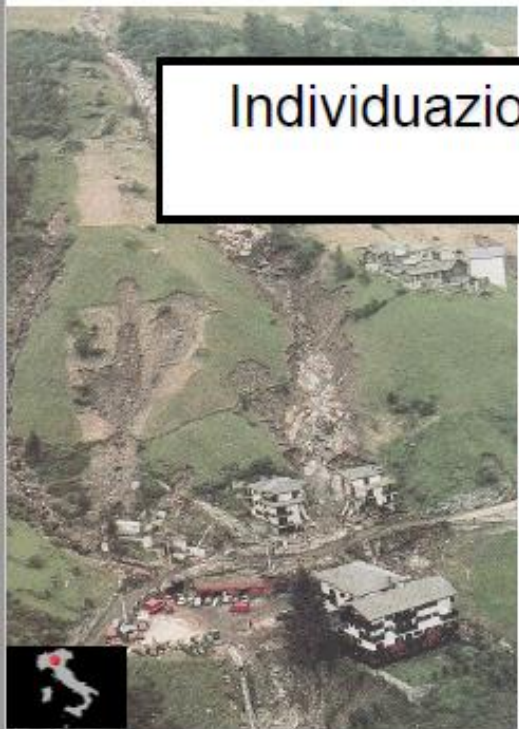


Verlilla, 19 giugno 1996 (Foto: Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco)



Soverato, 10 settembre 2008 (Foto: Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco)

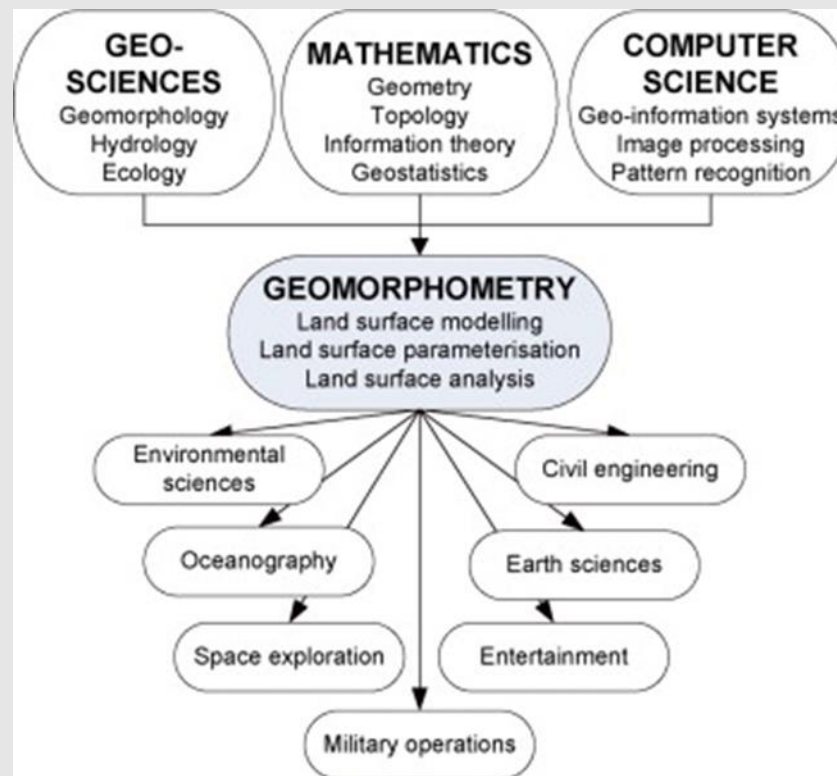
Individuazione aree a rischio e implementazione di modelli previsionali



It is a modern, analytical-cartographic approach to representing bare-earth topography by the computer manipulation of terrain height (Tobler, 1976, 2000).

La geomorfometria è un settore **interdisciplinare** che si è evoluto a partire dalla matematica, dalle scienze della terra attraverso la computer science.

**La geomorfometria è la scienza quantitativa della superficie topografica.**



Geomorphometry and its relation to source and end-user disciplines.  
Modified after Pike (1995).

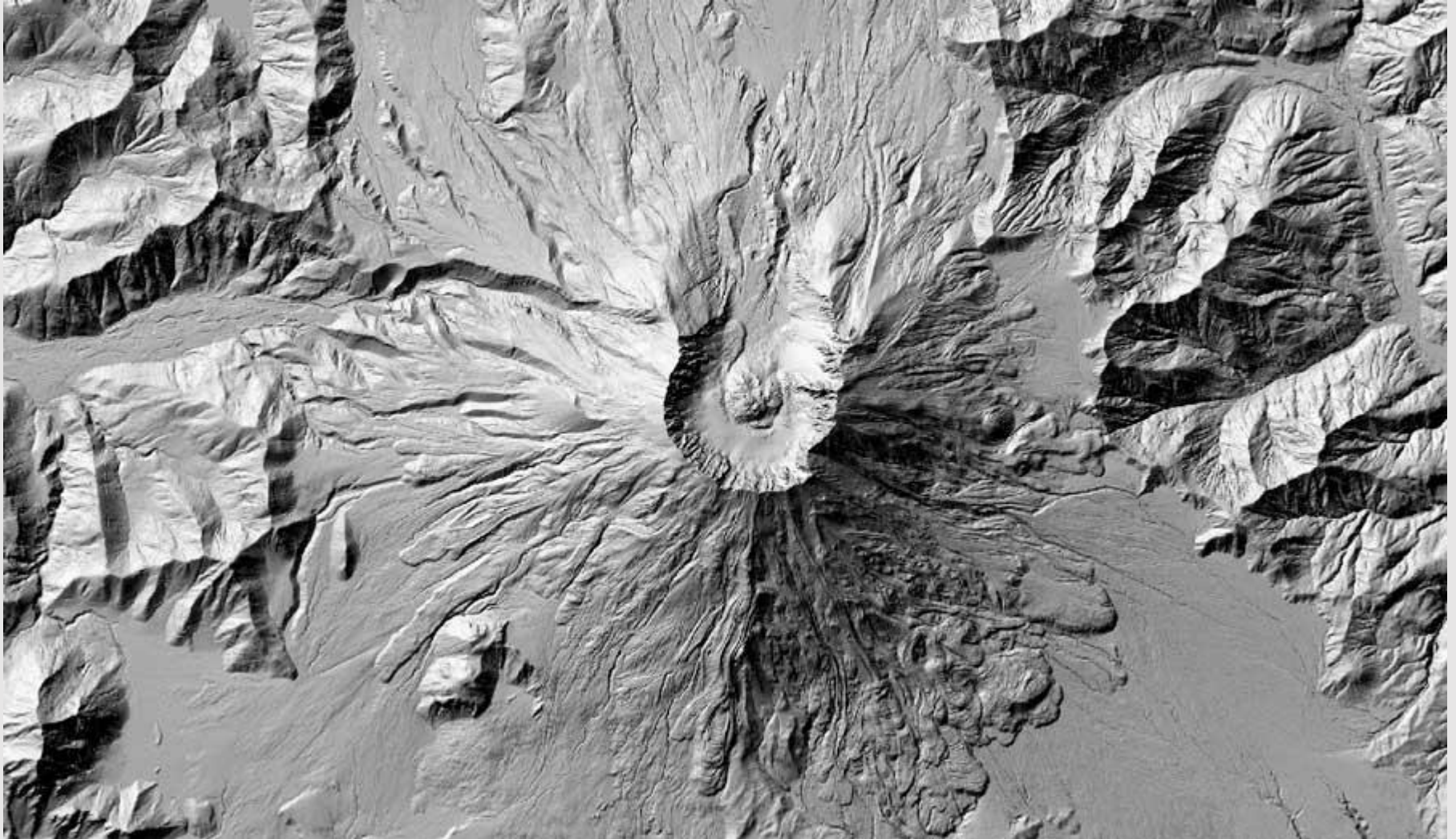
L'accurata rappresentazione e/o riproduzione della topografia di un territorio è uno strumento strategico ai fini dell'analisi dei processi che avvengono in natura. E' così possibile attuare una corretta politica di pianificazione del territorio con la riproduzione di possibili scenari evolutivi, contribuendo in questo modo alla mitigazione del rischio idrogeologico.

IL MIGLIOR STRUMENTO PER QUESTA FINALITA' E' l'utilizzo dei

# DTM (Digital Terrain Model)

## Modello Digitale del Terreno

# *Hill-shaded* DEM (Digital Elevation Model)



Mount St. Helens volcano ground surface (USA)

Source: qcoherent.com

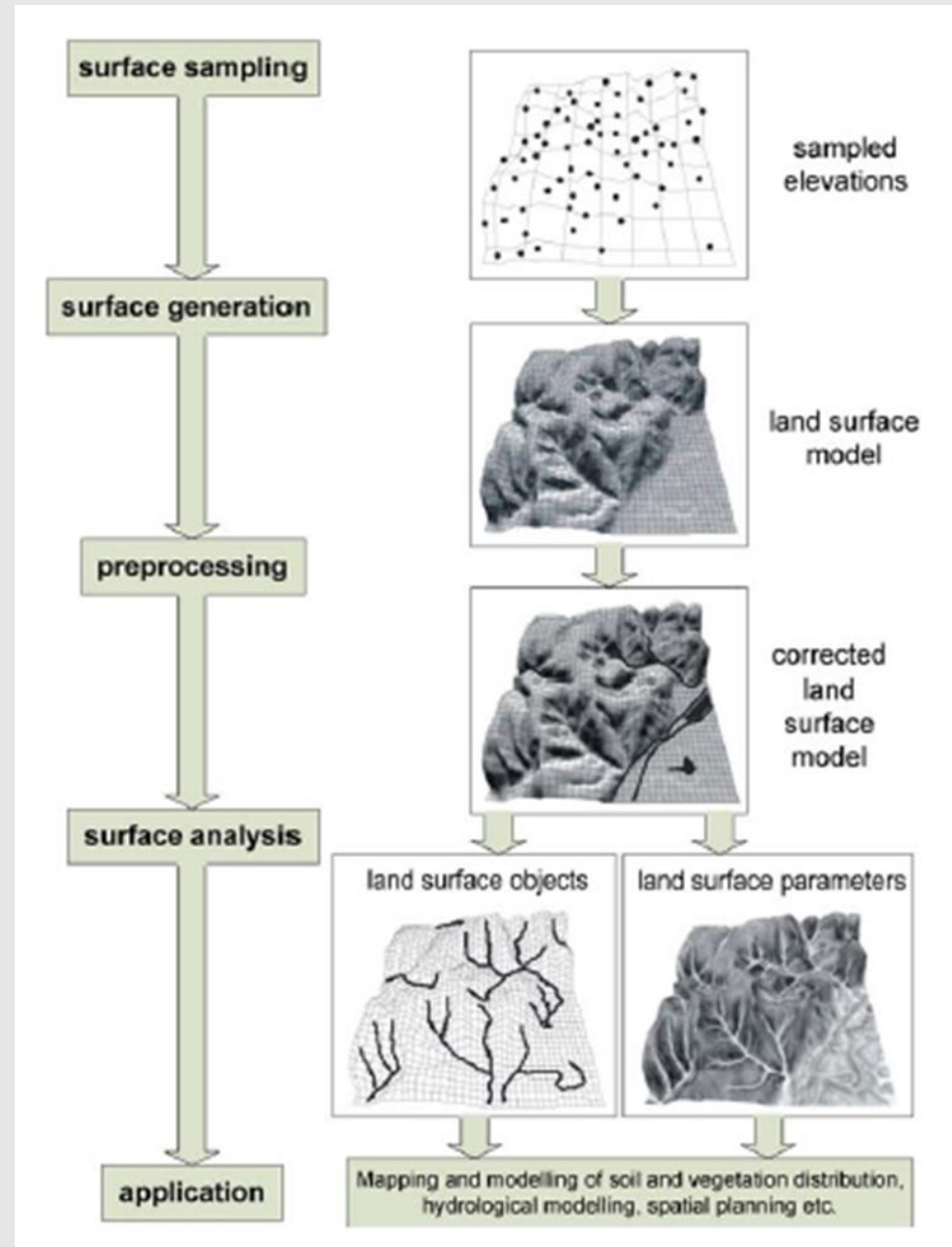
# L'operazione fondamentale in geomorfometria è l'estrazione di parametri e oggetti dai DEMs

Geomorphometry commonly is implemented in five steps:

1. ***Sampling the land surface (height measurements).***
2. ***Generating a surface model from the sampled heights.***
3. ***Correcting errors and artefacts in the surface model.***
4. ***Deriving land-surface parameters and objects.***
5. ***Applications of the resulting parameters and objects.***

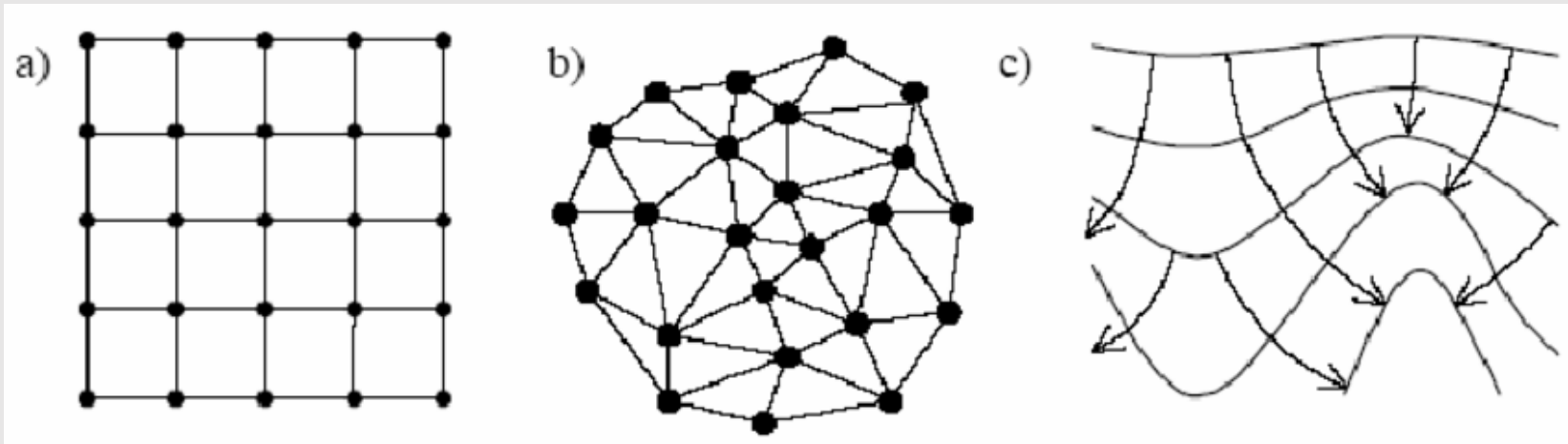


The fundamental operation in geomorphometry is *extraction of parameters and objects from DEMs*. DEMs, i.e. digital land-surface models, are the primary input to morphometric analysis. In GIS (geographic information system) terms, a DEM is simply a raster or a vector map showing the height of the land surface above mean sea level or some other referent horizon



# DTM (Digital Terrain Model)

Possono essere rappresentati attraverso:



GRID

TIN

TUBI DI FLUSSO



# TIN e ortofoto



# TIN Triangular Irregular Network

Slide courtesy of Dr. Paolo Tarolli, University of Padova, Italy

# Come si ottengono i dati necessari a creare i modelli digitali??

- Necessità di grandi quantità di dati per aree estese
- Lavoro di campagna fortemente ridotto
- Archiviazione di dati relativi a zone di difficile accesso e pericolose (es. alta montagna, avverse condizioni meteo, foreste)
- Grandi quantità di dati in poco tempo

E quindi??



# laser scanner

I laser scanner sono strumenti in grado di misurare ad altissima velocità la posizione di centinaia di migliaia di punti i quali definiscono la superficie degli oggetti circostanti.

Il risultato dell'acquisizione è un insieme di punti molto denso comunemente denominato "**nuvola di punti**". Possiamo definire i laser scanner come **sistemi di misura diretta**.

Prima di avviare la nostra scansione per ottenere la "nuvola di punti" occorre impostare i **parametri della stessa**. Infatti la **velocità** e il **passo delle rotazioni** possono essere impostate dall'operatore, il quale agendo su questi parametri **determina la risoluzione della scansione, cioè la densità della griglia di punti rilevati** ad una certa distanza, e la qualità del dato acquisito, tipicamente più alta per rotazioni più lente. I due parametri determinano quindi anche la **durata della scansione che può variare da circa trenta secondi fino a varie decine di minuti per scansioni complete a 360°**.

Durante l'acquisizione lo strumento archivia, per ciascun punto rilevato, la **distanza** calcolata e gli **angoli orizzontale e verticale** in base alla posizione del corpo e dello specchio. Oltre a queste informazioni, viene acquisito anche il **valore di riflettanza** della superficie colpita dal laser che sarà tanto più alto quanto la superficie tenderà al colore bianco.

Esistono laser scanner 3D che montano una **fotocamera digitale integrata** che, dopo la fase di acquisizione dei dati geometrici, viene utilizzata attraverso procedure automatiche per l'**acquisizione di immagini** dello spazio rilevato. Le foto così acquisite sono successivamente mosaicate dai software di elaborazione dei dati ed applicate alle nuvole di punti per arricchirle delle informazioni di colore.

# come funziona??

Dal punto di vista applicativo il laser scanner è un'apparecchiatura che **trasforma energia da una forma primaria** (elettrica, ottica, chimica, termica o nucleare) **in un fascio monocromatico e coerente di radiazioni elettromagnetiche di intensità elevata**: la luce laser. La scoperta fondamentale che ha permesso l'emissione della luce laser è dovuta ad **Einstein** nel 1917. Il termine "L.A.S.E.R." è, infatti, acronimo di: "**Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation**" (amplificazione della luce da emissione stimolata di radiazione). Dopo Einstein, ci vollero alcuni decenni per poter applicare la scoperta. Furono i fisici statunitensi Schawlow e Townes a brevettare, nel 1958, il primo dispositivo laser.

**Il laser, è una radiazione elettromagnetica** caratterizzata da:

**monocromaticità**: è composta da una sola frequenza di luce, non come la luce di una torcia che pur sembrando bianca (o colorata a seconda della lampadina utilizzata) è composta da molte frequenze di luce appartenenti allo spettro visibile all'occhio umano.

**coerenza spaziale o unidirezionalità**: è composta da un'onda che non viene irradiata in tutte le direzioni come quella delle sorgenti di tipo tradizionale, ma si propaga con estrema direzionalità a grande distanza.

**coerenza temporale**: è costituita da onde della stessa frequenza e della stessa fase che si sommano l'una all'altra originando un treno di luce che può essere spinto ad elevata intensità e ad elevata potenza.

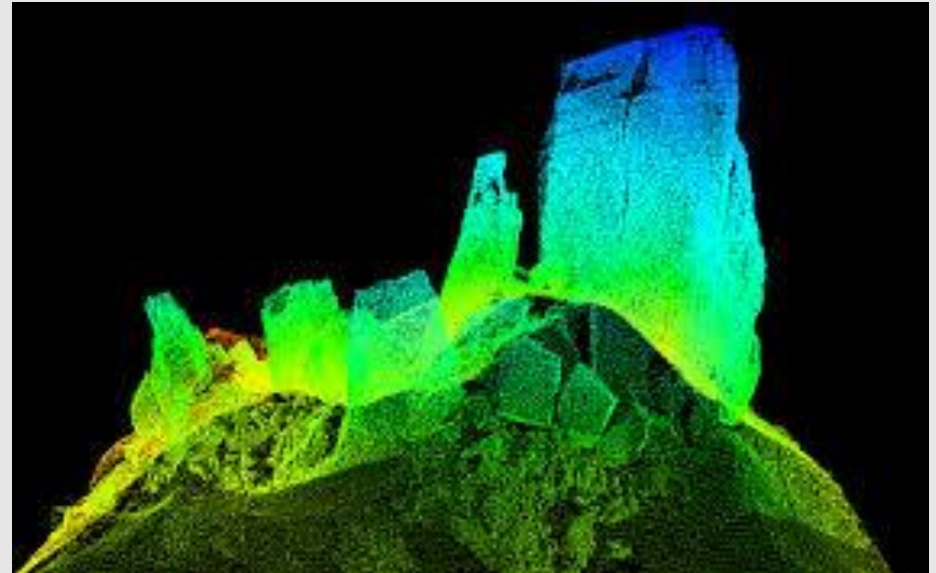
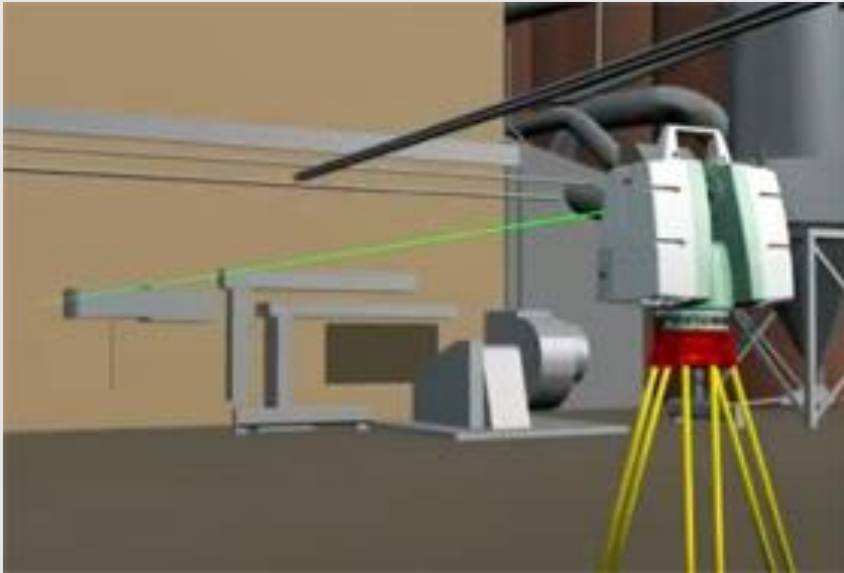
Naturalmente una radiazione luminosa può avere una lunghezza d'onda differente. Nel caso del laser la radiazione può essere ultravioletta (avere cioè una lunghezza d'onda compresa tra i 200 e 400 nm), visibile (tra i 400 e i 700 nm) o infrarossa (tra i 700 e i 3000 nm).

# come sono fatti?

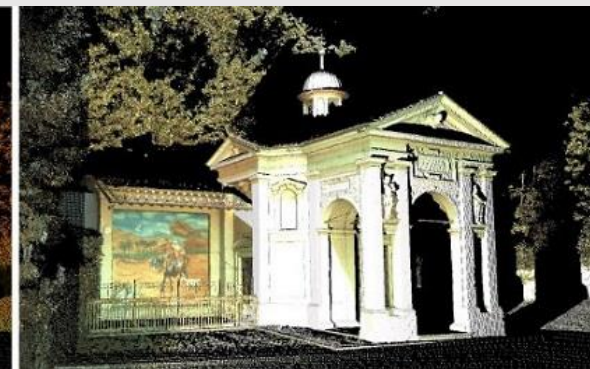


# Ambiti di applicazione

Architettura, ingegneria, geologia, impiantistica, topografia, monitoraggi...



«Nuvola di punti» con mappa di intensità



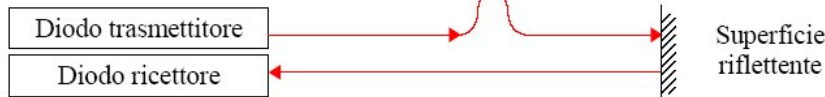
«Nuvola di punti» con texture da fotocamera integrata

[http://www.blucantieri.it/html/servizi\\_laser\\_scanner\\_00.html](http://www.blucantieri.it/html/servizi_laser_scanner_00.html)



# Distanziometro laser vs laser scanner

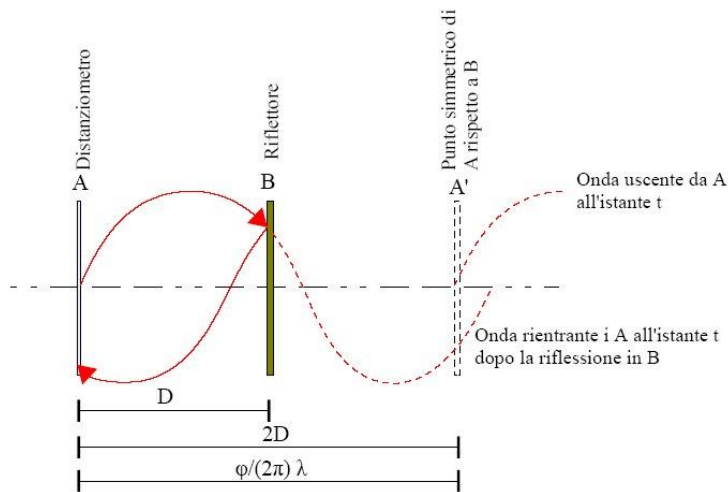
$$2D = v \Delta t$$



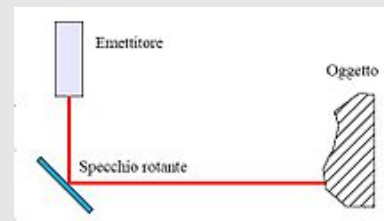
I distanziometri laser oggi presenti sul mercato del rilevamento sono sempre più precisi ed affidabili e possono misurare la posizione di punti ad elevata velocità. **L'unione di un distanziometro con queste caratteristiche ad un insieme di apparati meccanici di alta precisione ha reso possibile la realizzazione dei sensori laser scanner.**

Gli strumenti laser scanner utilizzano in genere distanziometri laser **che misurano il tempo di volo del segnale, ovvero distanziometri ad impulsi.**

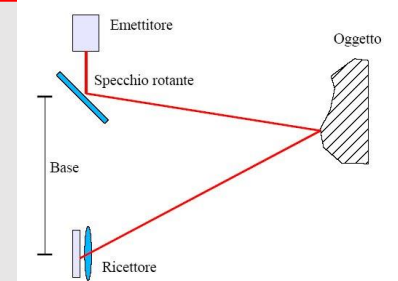
Strumenti che prevedono la misura di tempi trascorsi tra due impulsi o tra due treni d'onda (**distanziometri ad impulsi**).



Strumenti che prevedono la misura dello sfasamento tra l'onda emessa e quella ricevuta (**distanziometri a misura di fase**).



Laser scanner distanziometrici



Laser scanner triangolatori

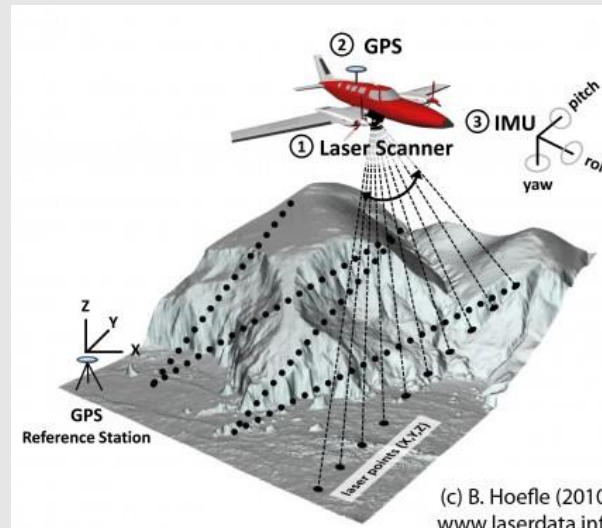
# Quanti tipi di laser scanner esistono?

## TLS

(Terrestrial Laser Scanner)



## ALS (Airborne Laser Scanner)



(c) B. Hoeffle (2010)  
[www.laserdata.info](http://www.laserdata.info)

