

# Sistemi Informativi Territoriali

Paolo Mogorovich  
[www.di.unipi.it/~mogorov](http://www.di.unipi.it/~mogorov)

# Morfologia

## Rappresentazione della Forma del Terreno

La terza dimensione si può esprimere:

- Con curve isovalore (isoipse)
- Con rilevazioni puntuali mirate (punti quotati)
- Con una funzione  $z = f(x,y)$
- Con aree isovalore

e infine

- Con un modello raster

# Un'immagine fisica: il caso delle quote

	26	31	32	29	30	
	26	27	29	30	31	
	25	27	28	31	29	
	24	25	27	29	28	
	27	25	25	24	21	

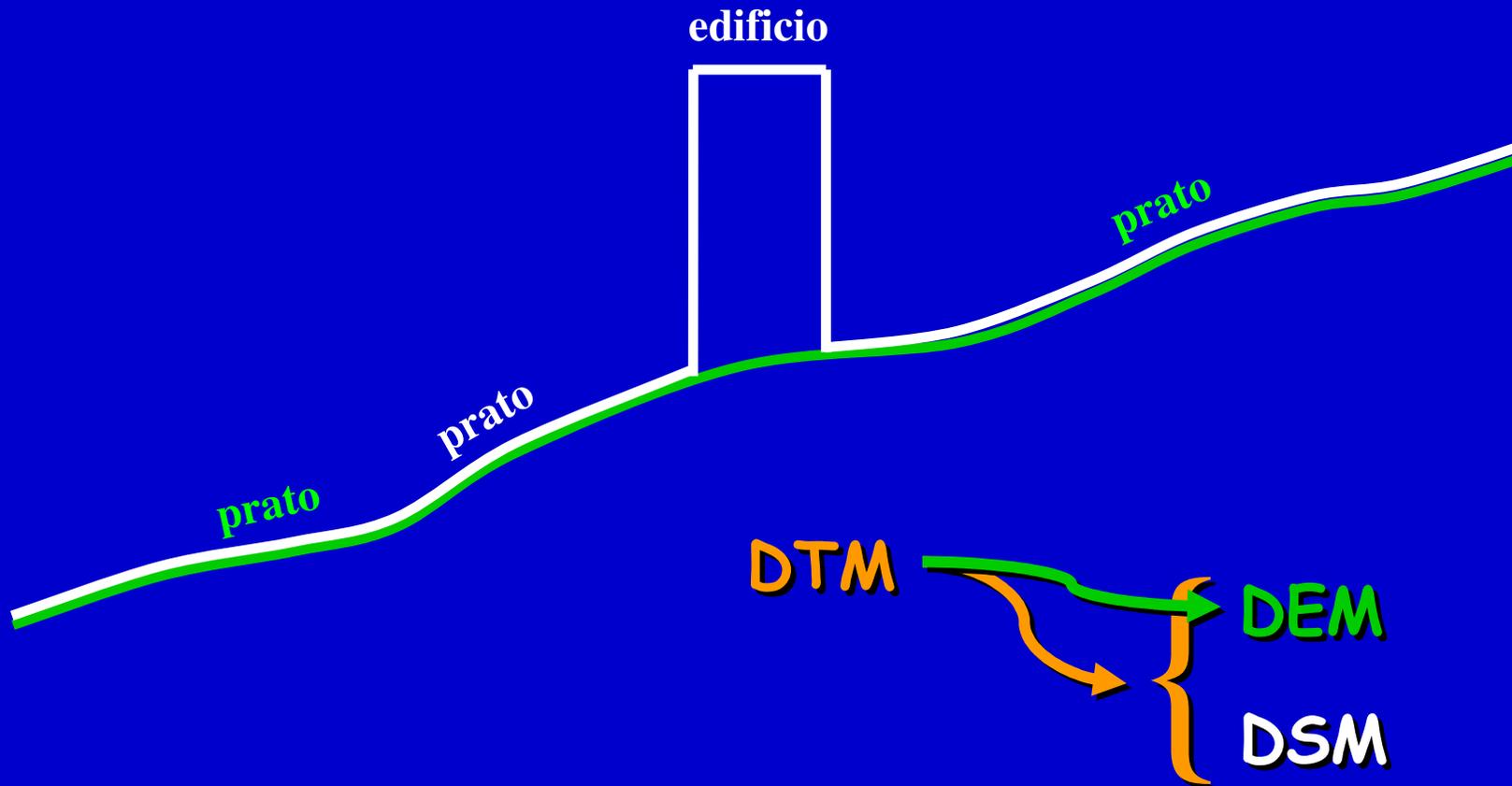
Cosa si intende per "quota"

<b>DEM</b>	<b>Digital Elevation Model</b>
<b>DTM</b>	<b>Digital Terrain Model</b>
<b>DSM</b>	<b>Digital Surface Model</b>

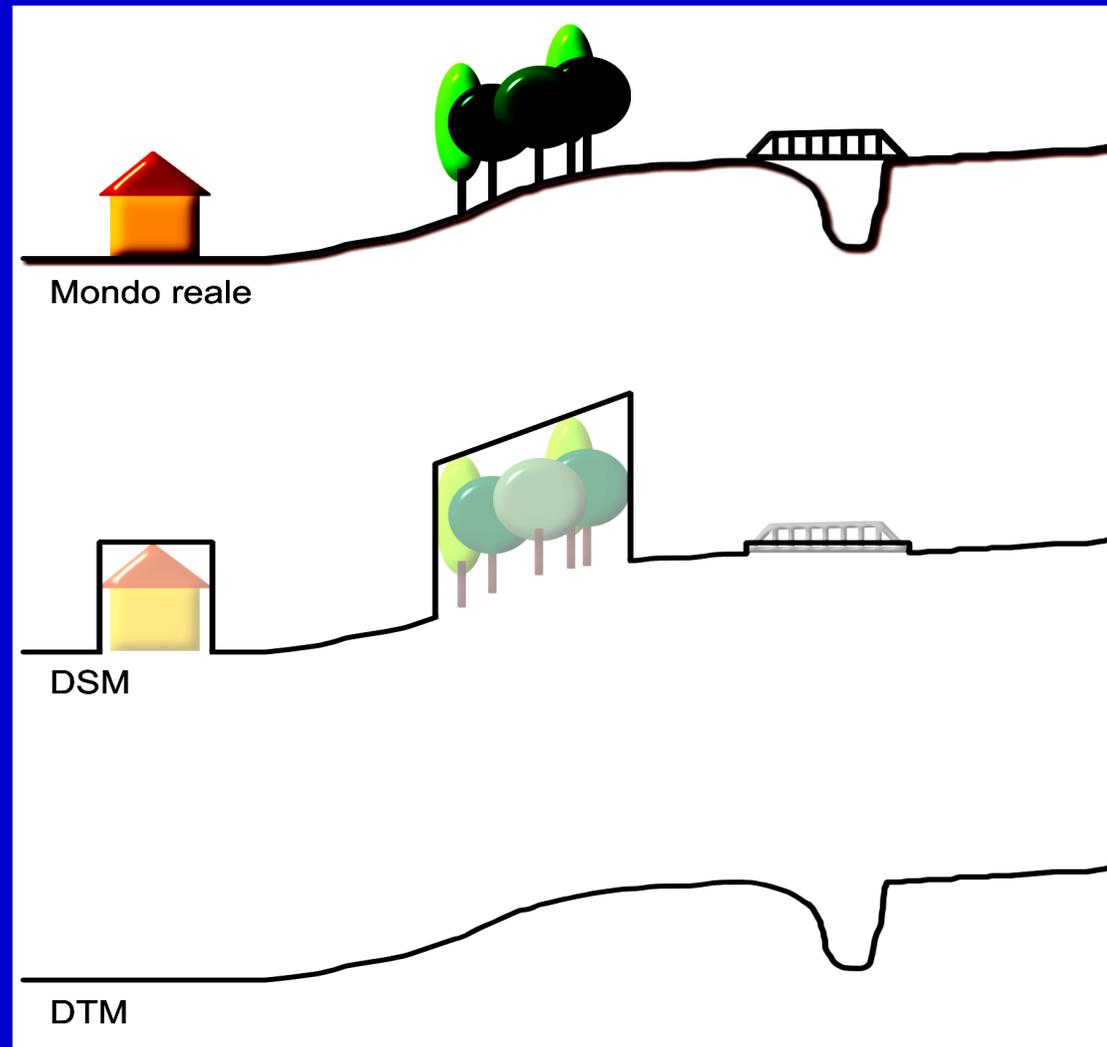
Cosa si intende per "quota"

**DEM** Digital Elevation Model

**DSM** Digital Surface Model



# Cosa si intende per "quota"

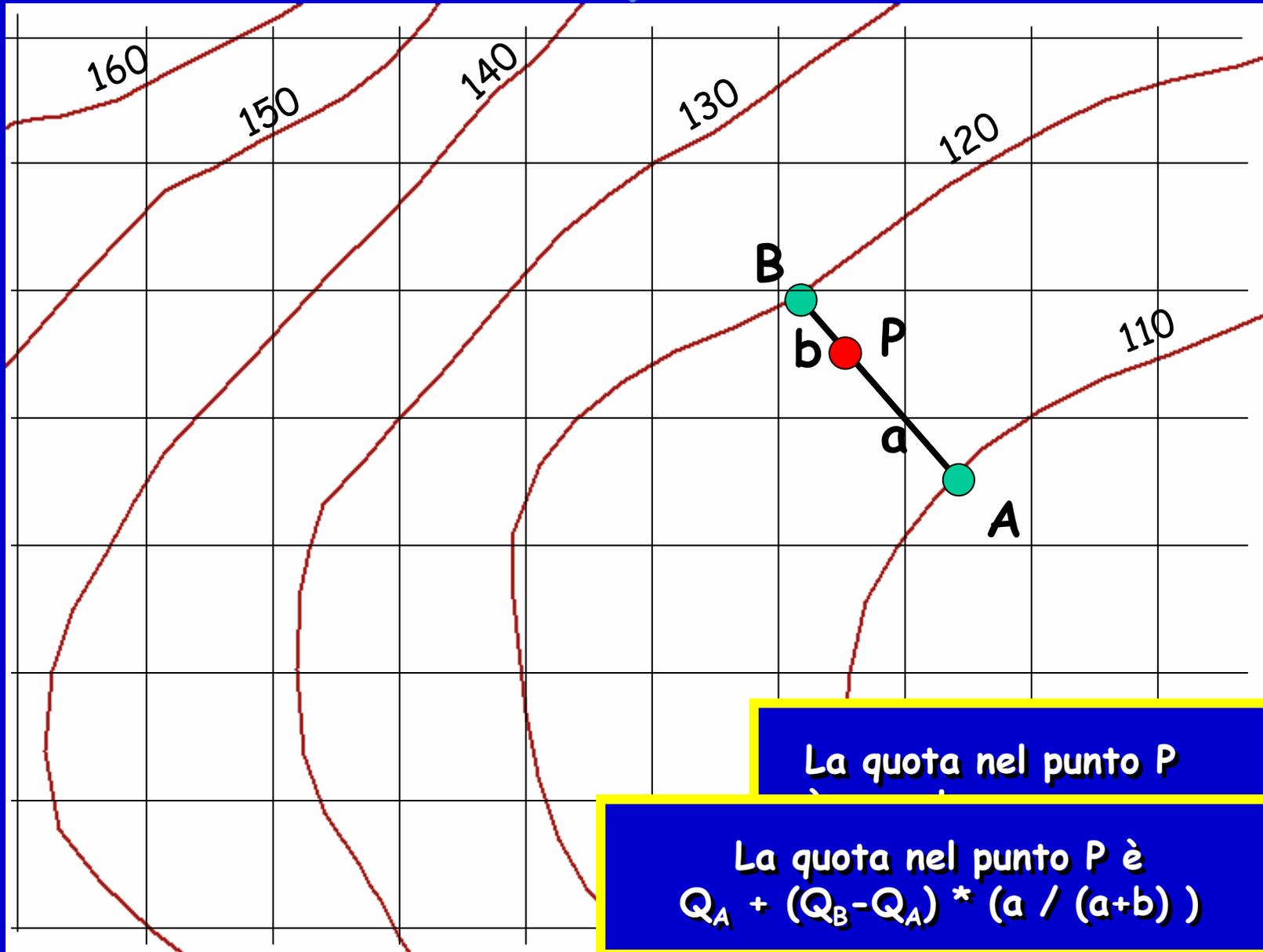


# La costruzione di un modello di elevazione

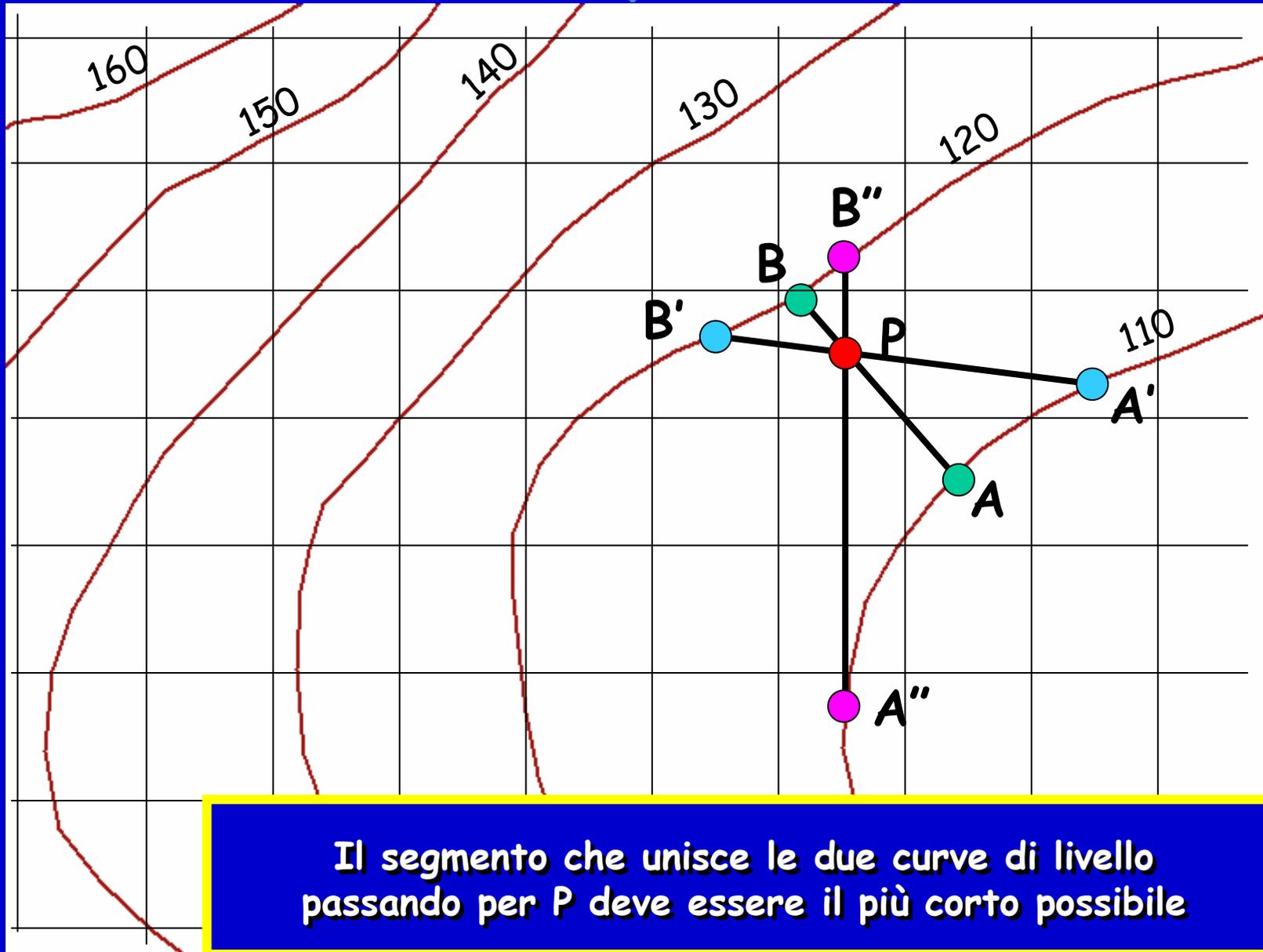
## La costruzione di un Modello digitale del terreno

1. Direttamente dal processo aerofotogrammetrico
2. Da cartografia, con sistemi semiautomatici
3. A partire da Curve di Livello e Punti quotati,  
con campionamento e interpolazione
4. Con il sistema Lidar

# Costruzione di un DEM con sistemi semiautomatici

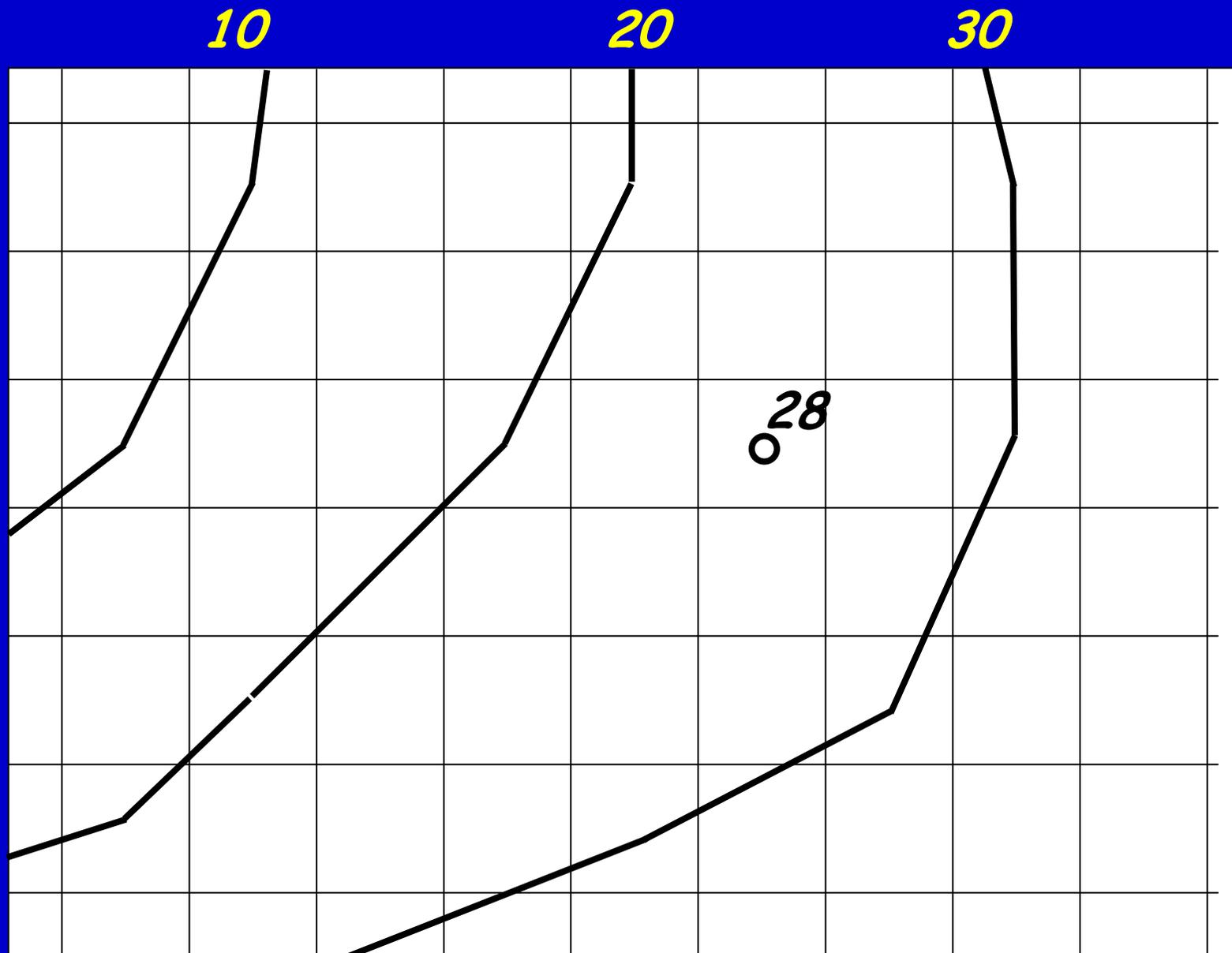


# Costruzione di un DEM con sistemi semiautomatici

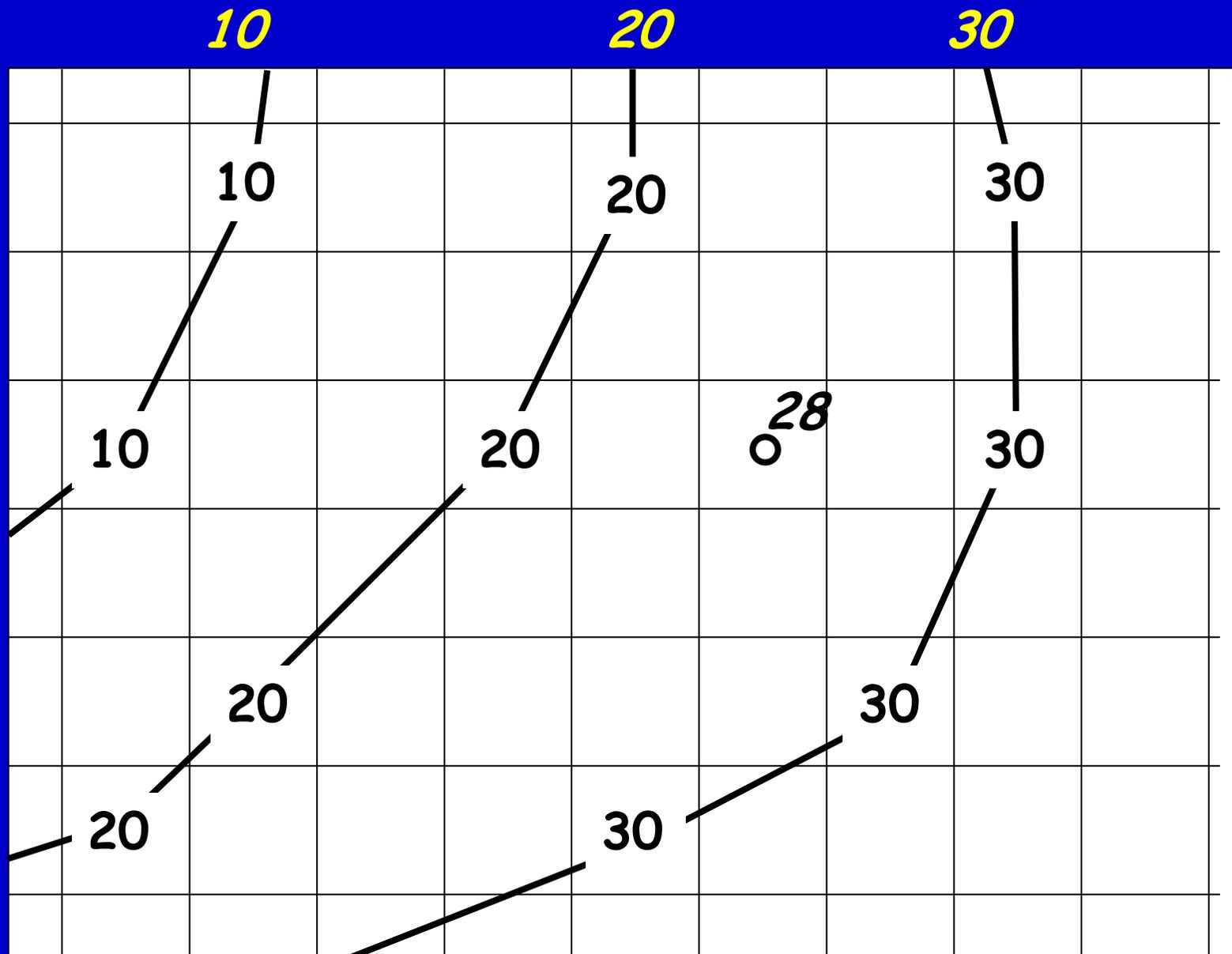


Il segmento che unisce le due curve di livello passando per P deve essere il più corto possibile

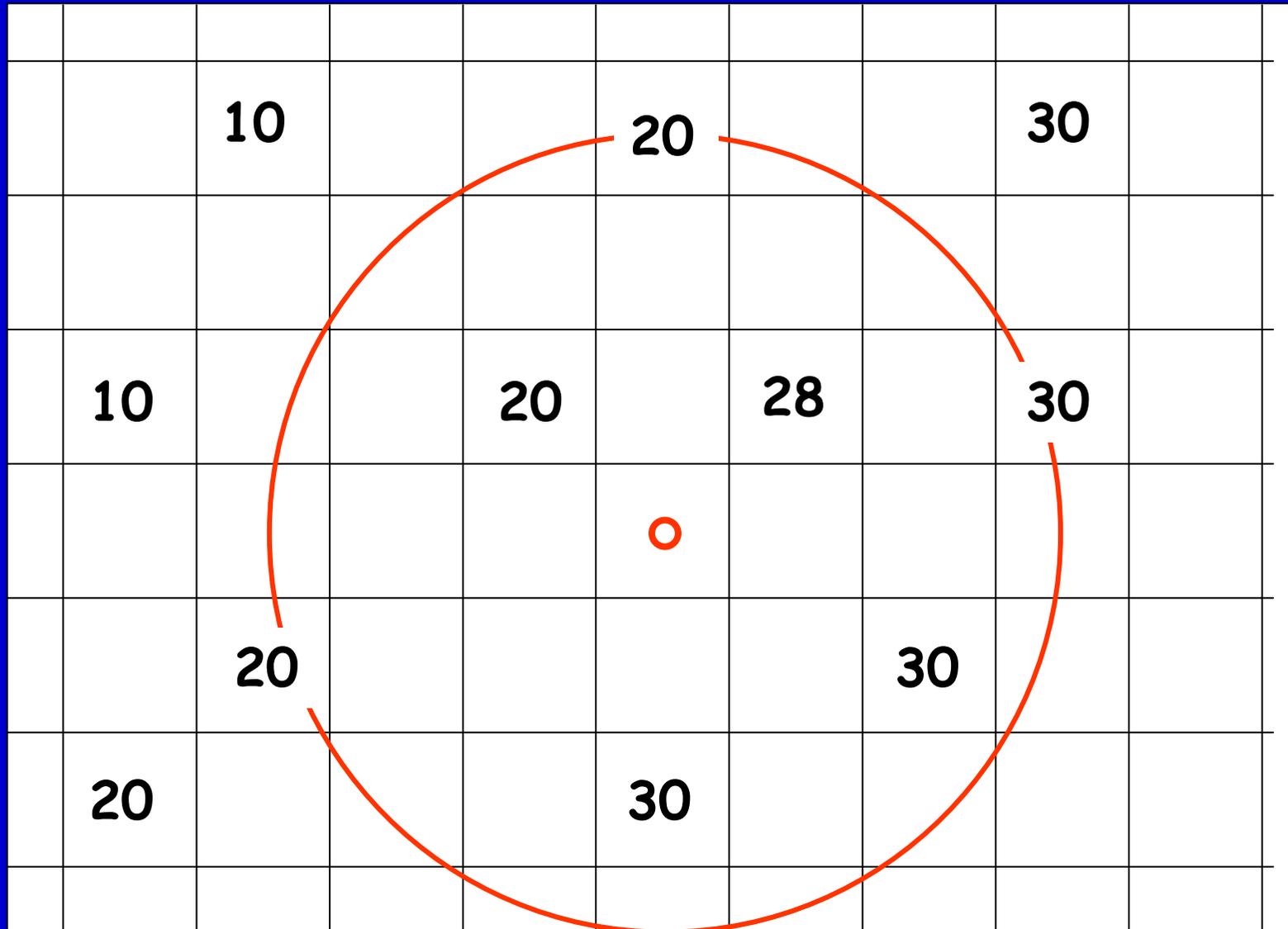
# Costruzione di un DEM: curve di livello e punti quotati



# Costruzione di un DEM: curve di livello e punti quotati



# Costruzione di un DEM: interpolazione sui punti non noti



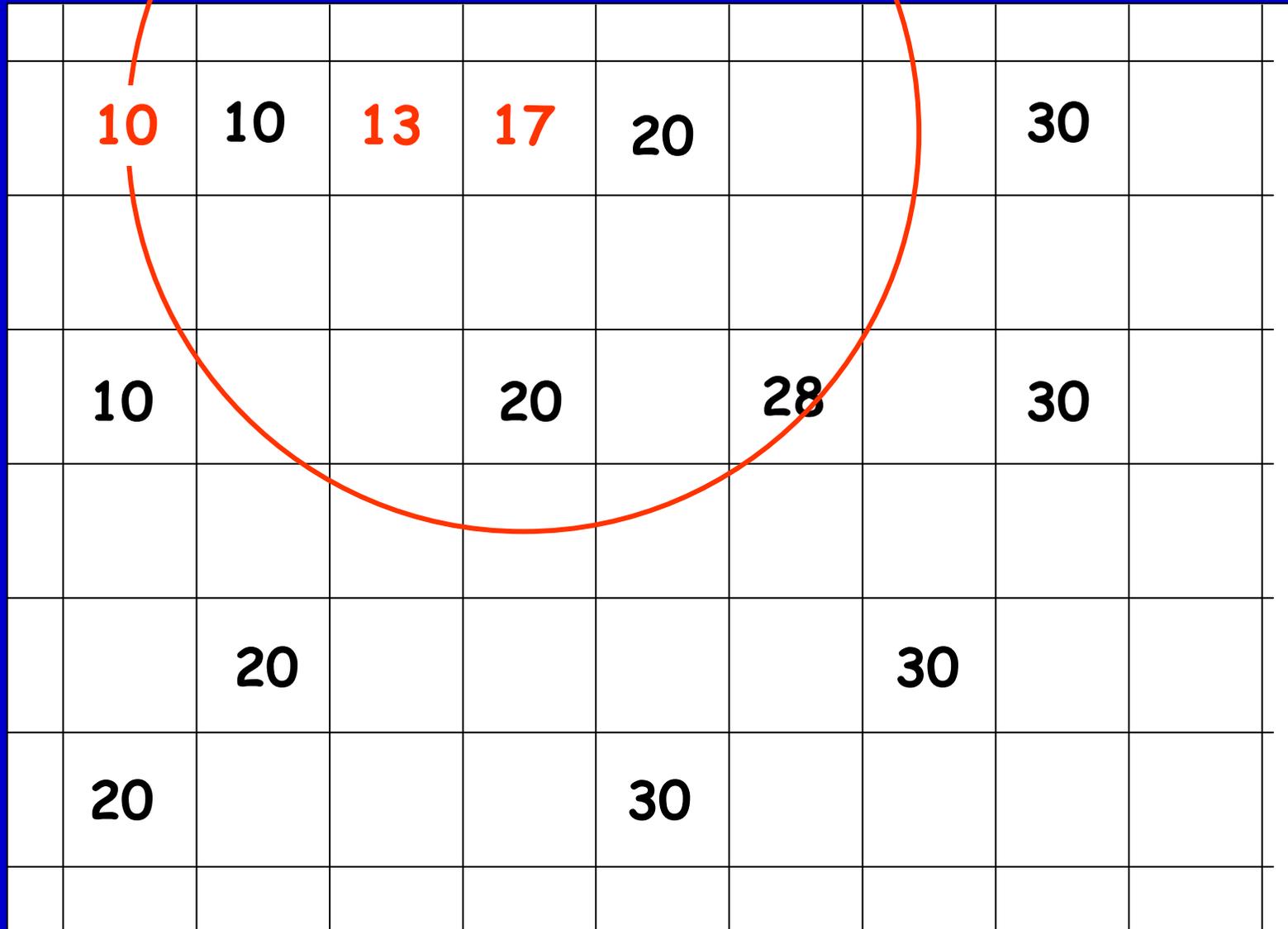
# Costruzione di un DEM: interpolazione sui punti non noti

	10	10			20			30	
	10			20		28		30	
		20					30		
	20				30				

# Costruzione di un DEM: interpolazione sui punti non noti

	10	10	13		20			30	
	10			20		28		30	
		20					30		
	20				30				

# Costruzione di un DEM: interpolazione sui punti non noti



# Costruzione di un DEM: interpolazione sui punti non noti

	10	10	13	17	20	24		30	
	10			20		28		30	
		20					30		
	20				30				

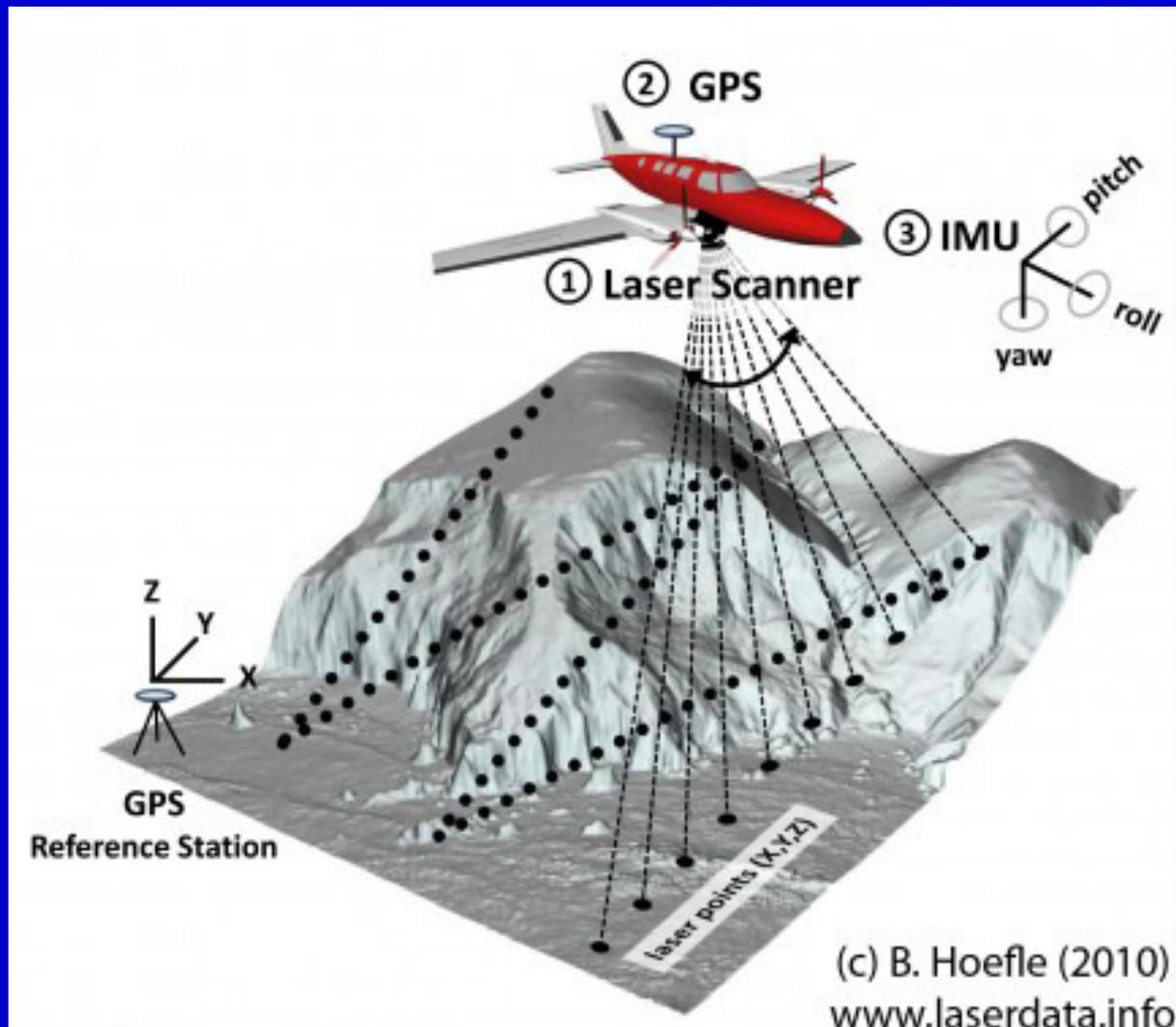
# Costruzione di un DEM: interpolazione sui punti non noti

	10	10	13	17	20	24	29	30		
	10			20		28		30		
		20					30			
	20				30					

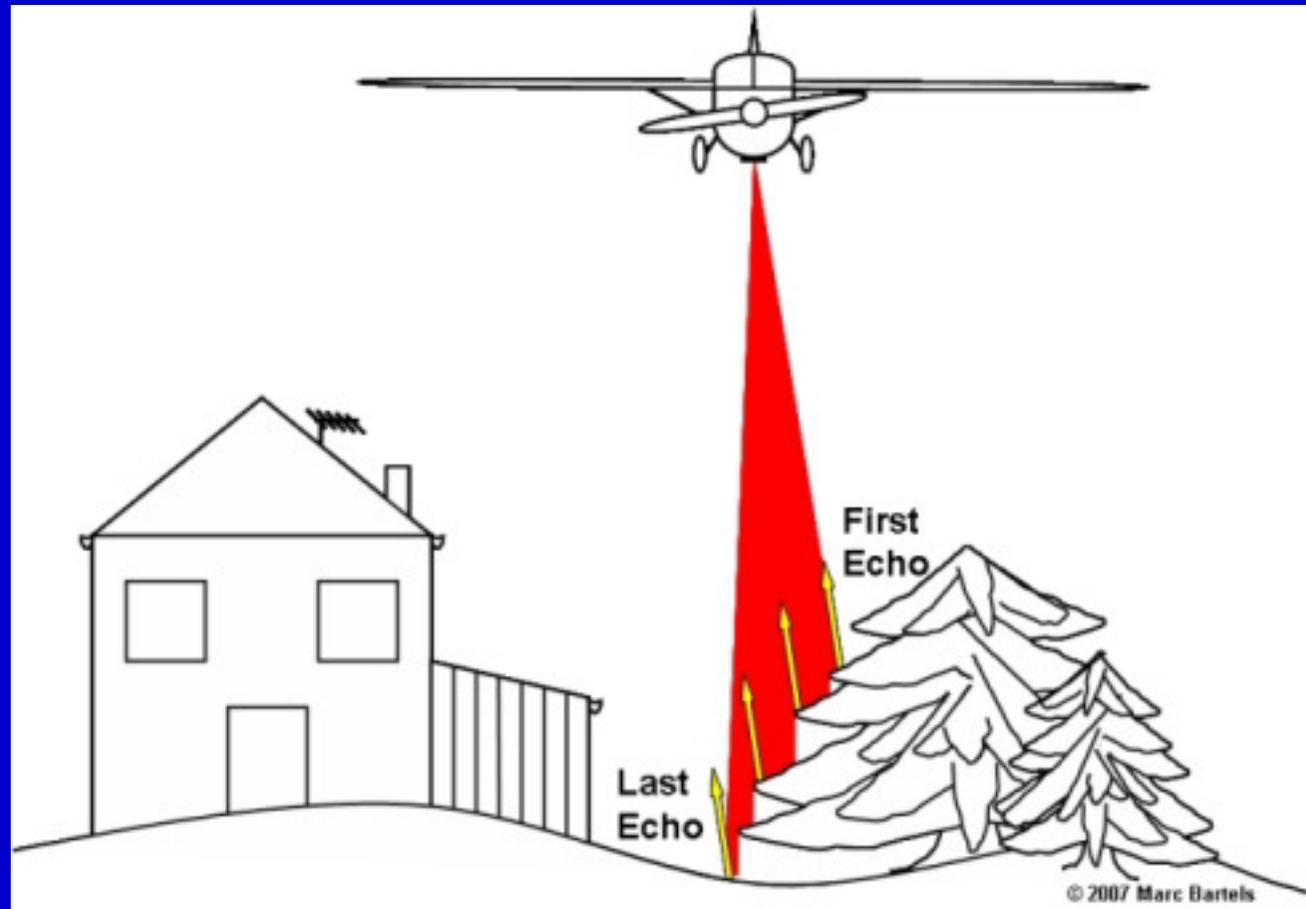
# Costruzione di un DEM: risultato dell'interpolazione (una parte è "estrapolata")

	10	10	13	17	20	24	29	30	30
	10	11	16	19	23	25	29	30	30
	10	12	18	20	24	28	29	30	30
	14	16	20	22	25	28	29	30	30
	19	20	21	26	28	29	30	30	30
	20	20	24	28	30	30	30	30	30

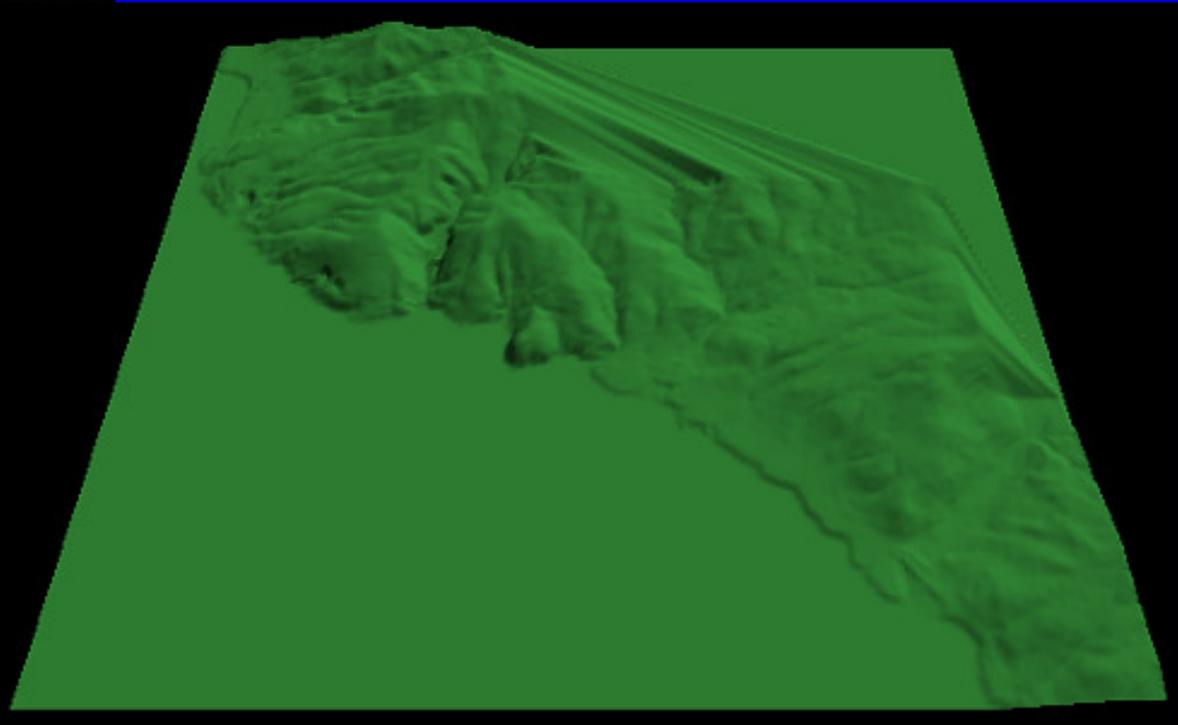
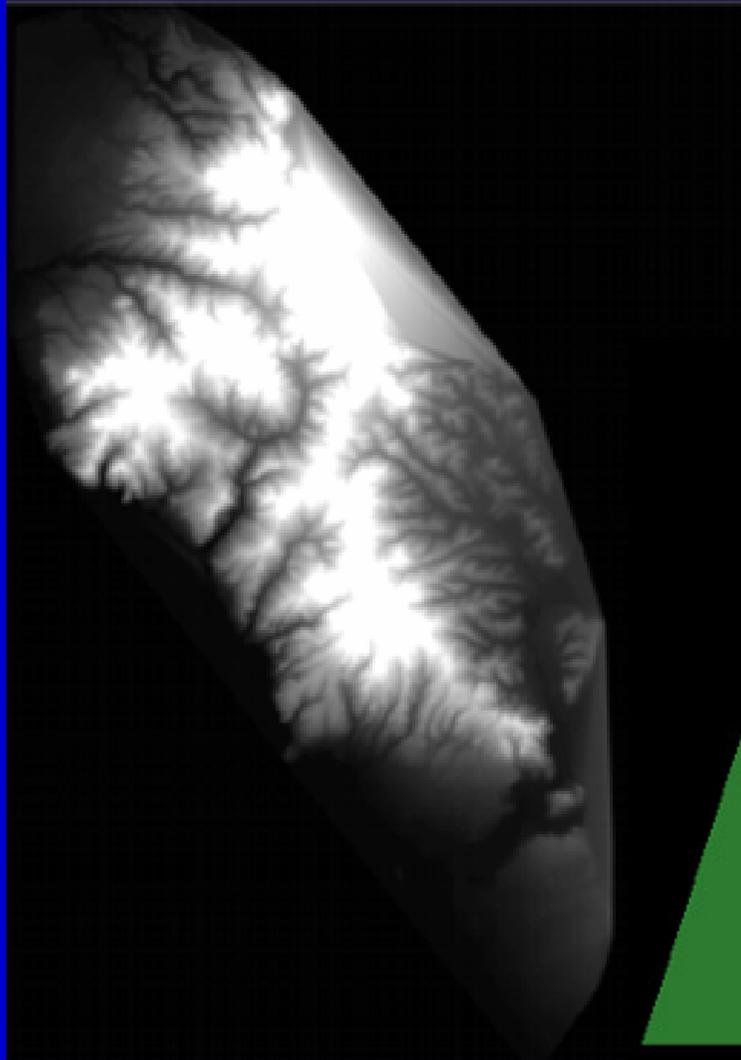
# La costruzione di un DEM con tecniche Lidar



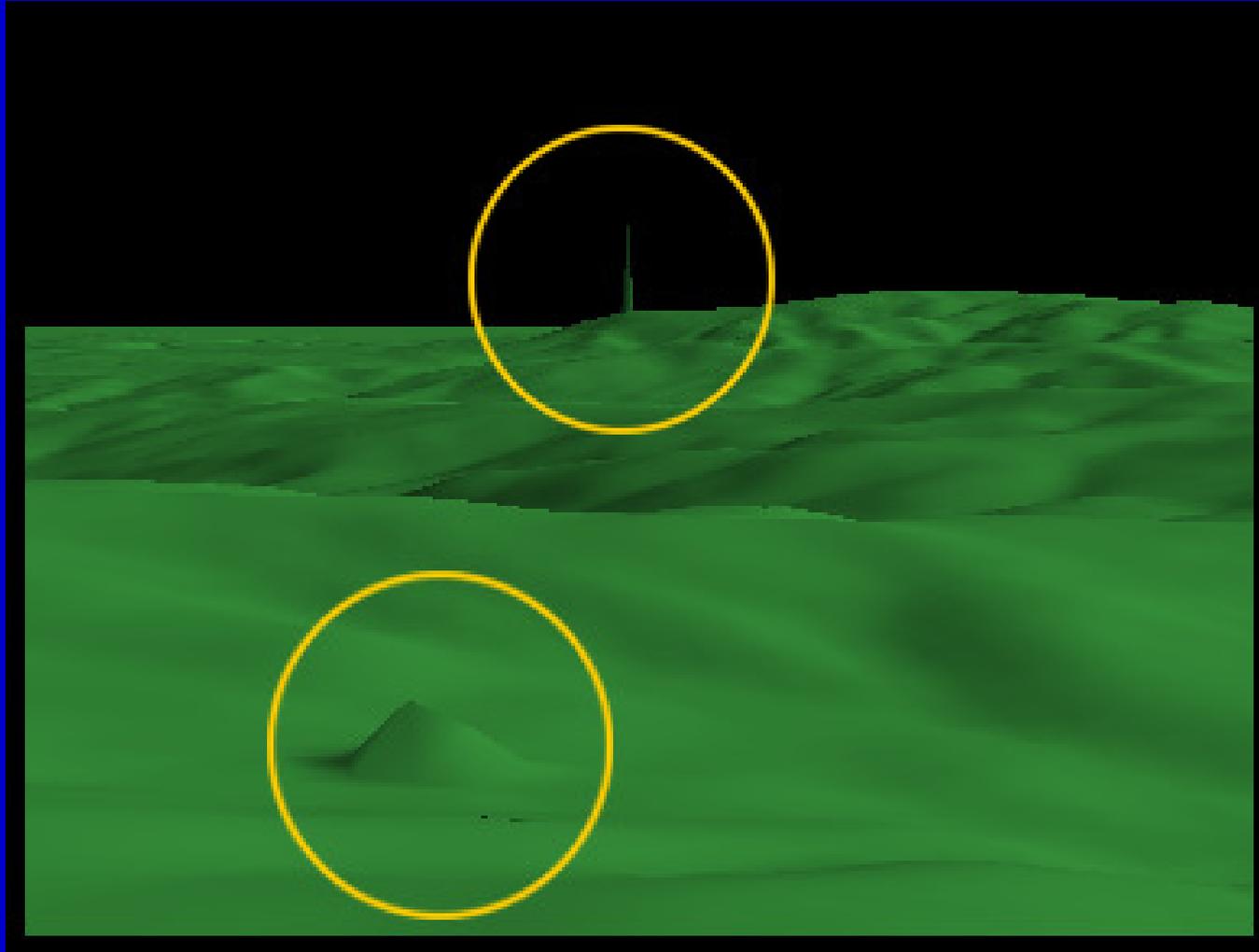
# La costruzione di un DEM con tecniche Lidar



# Un DEM: vista dall'alto o in 2D $\frac{1}{2}$



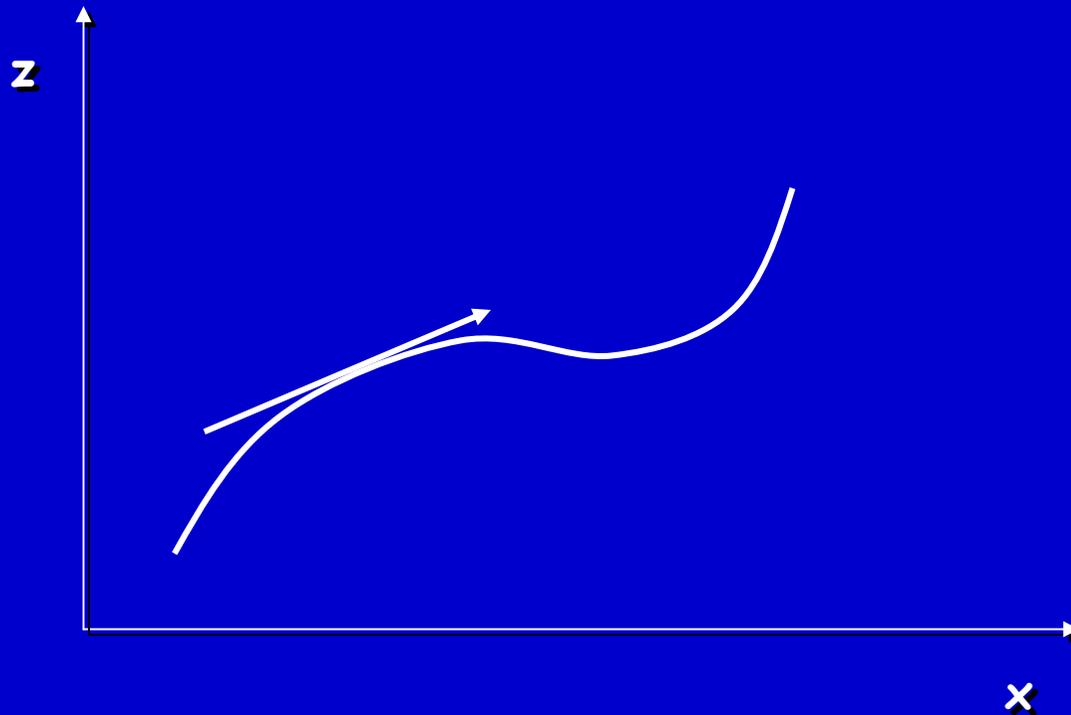
# La costruzione di un DEM da Curve di Livello e Punti Quotati presenta molto rumore



# Dati derivati da un DEM

## La pendenza di una funzione $z(x)$

$$\text{Pend}(x_0) = z'(x)_{x=x_0} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{z(x+h) - z(x)}{h}$$



Nel mondo raster non si può avere  $h \rightarrow 0$  perché la natura del modello è discreta.

# La pendenza di una funzione $z(x)$

$$\text{Pend}(x_0) = z'(x)_{x=x_0} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{z(x+h) - z(x)}{h}$$

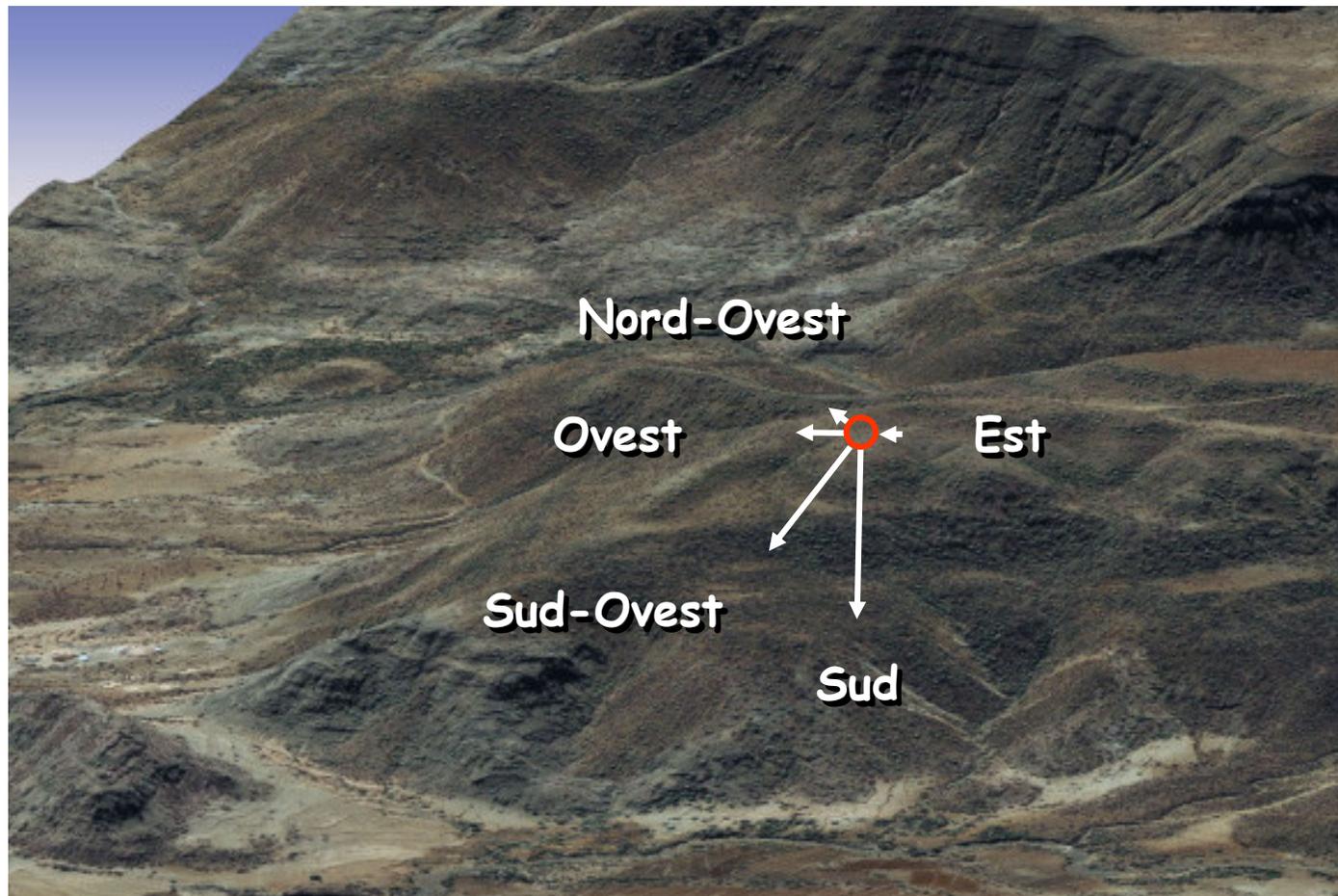


$$\text{Pend}^+ (\text{pix}_i) = ( z (i+1) - z(i) ) / \text{Dim.pixel}$$

$$\text{Pend}^- (\text{pix}_i) = ( z (i) - z(i-1) ) / \text{Dim.pixel}$$

## La pendenza di una funzione $z(x,y)$

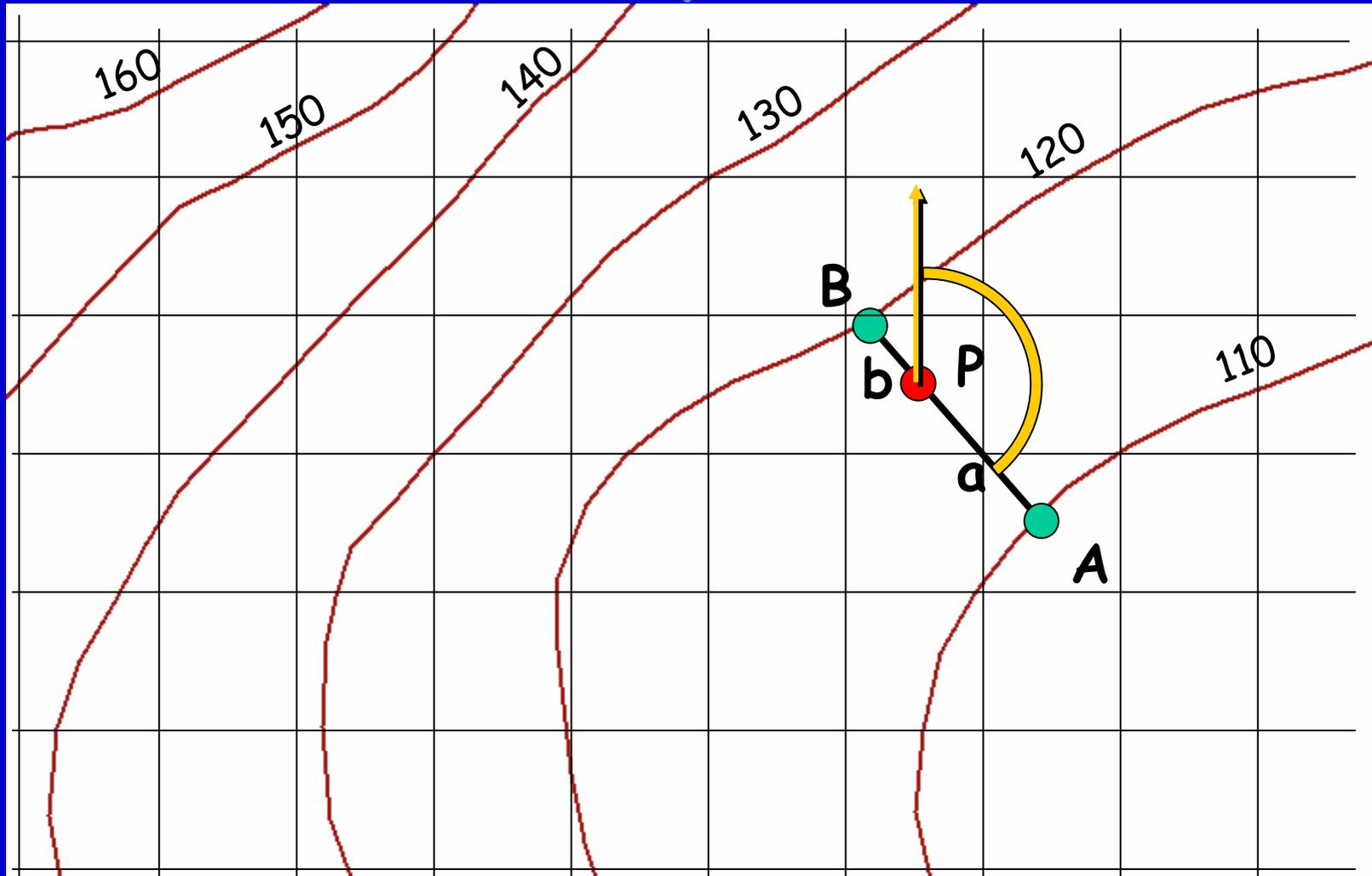
Nel caso di una funzione di due variabili, come avviene per la quota di un'area, la pendenza assume valori diversi, a seconda della direzione.



Si intende per pendenza quella massima tra tutte le pendenze.

Si intende per esposizione la direzione della pendenza massima

# Calcolo di pendenza ed esposizione da curve di livello



La pendenza nella "zona" (A-P-B) è  $(QB-QA) / (a+b)$

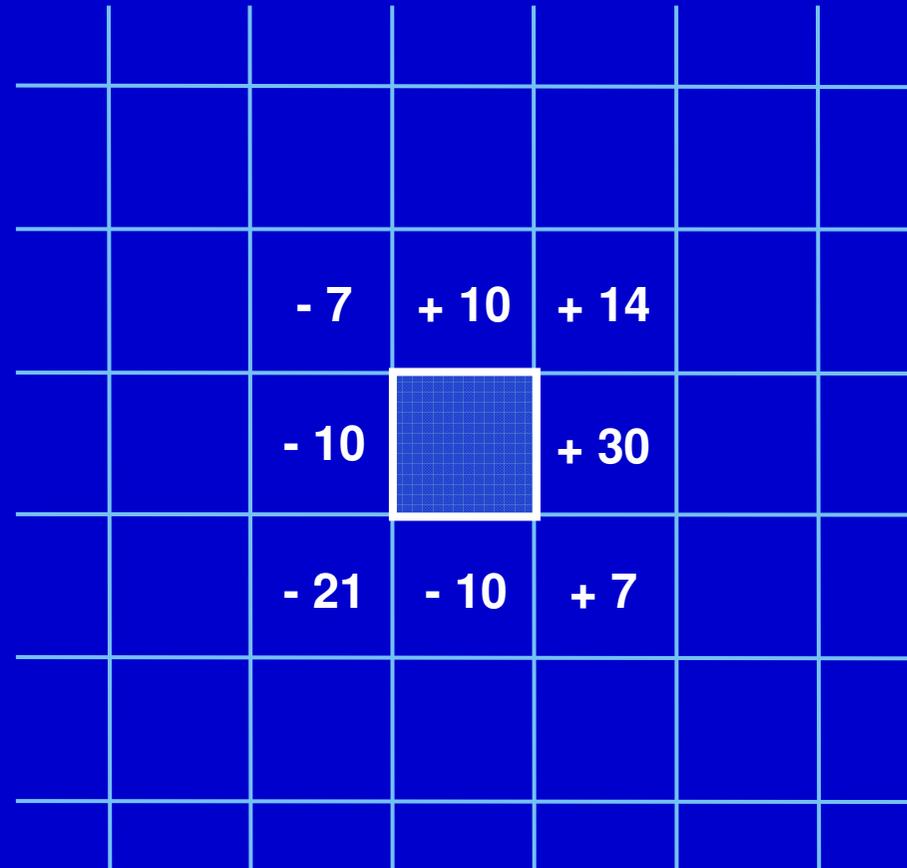
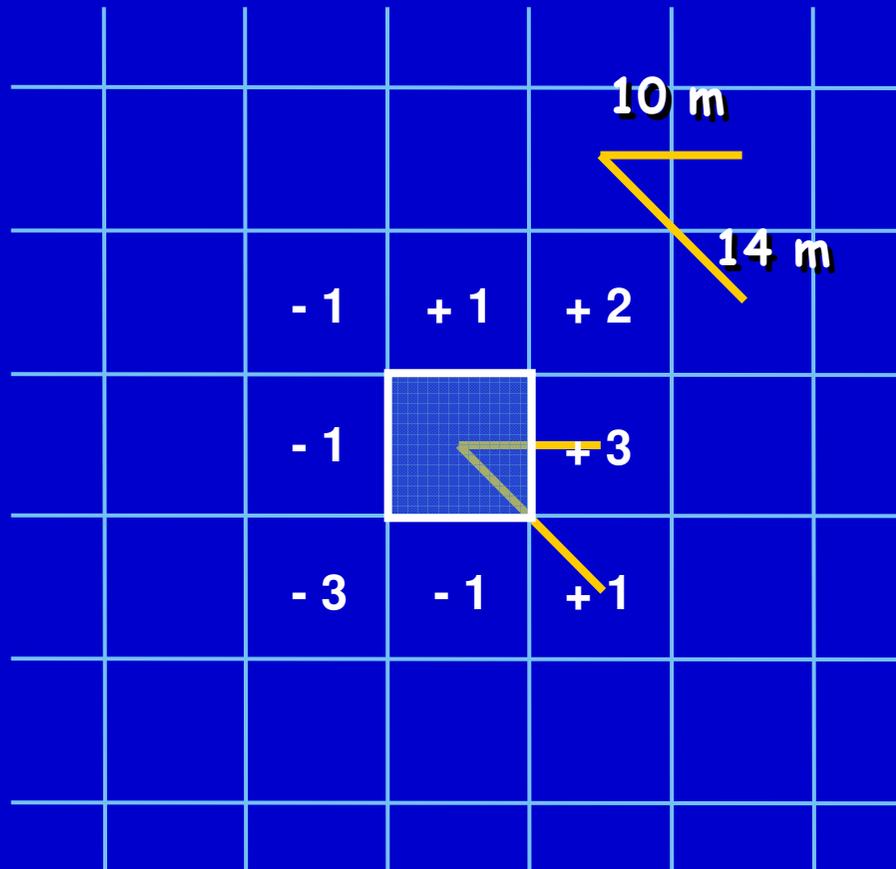
# La pendenza come dato derivato da un DEM

	26	31	32	29	30
	26	27	29	30	31
	25	27	28	31	29
	24	25	27	29	28
	27	25	25	24	21

Quote in metri

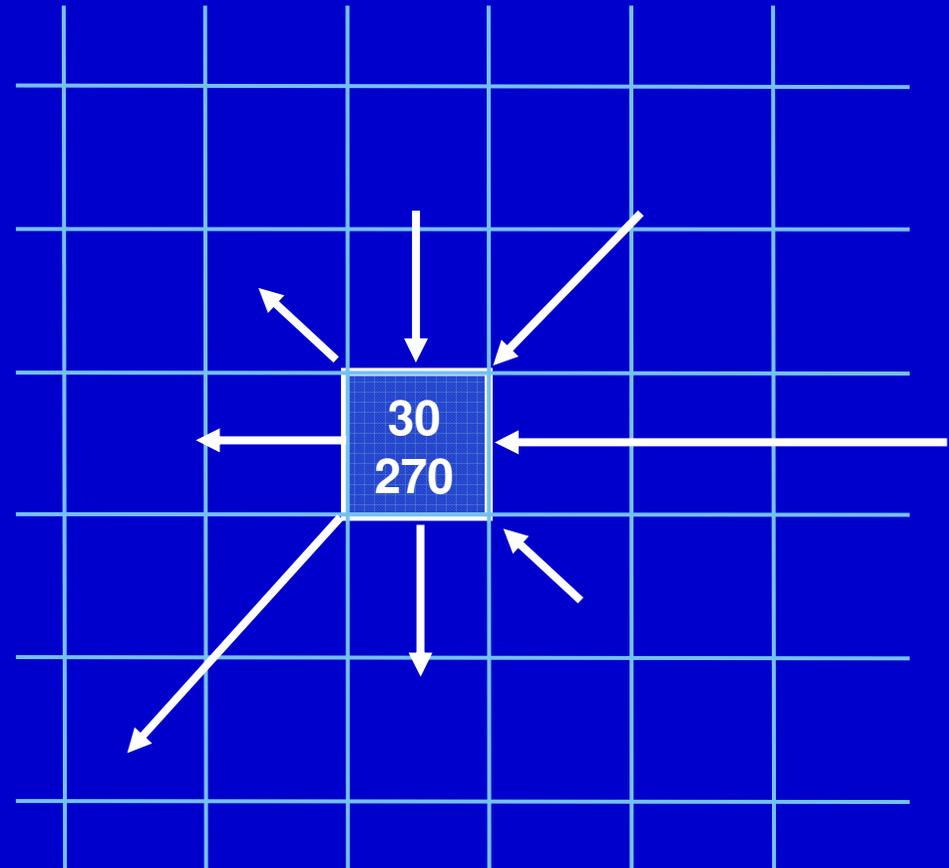
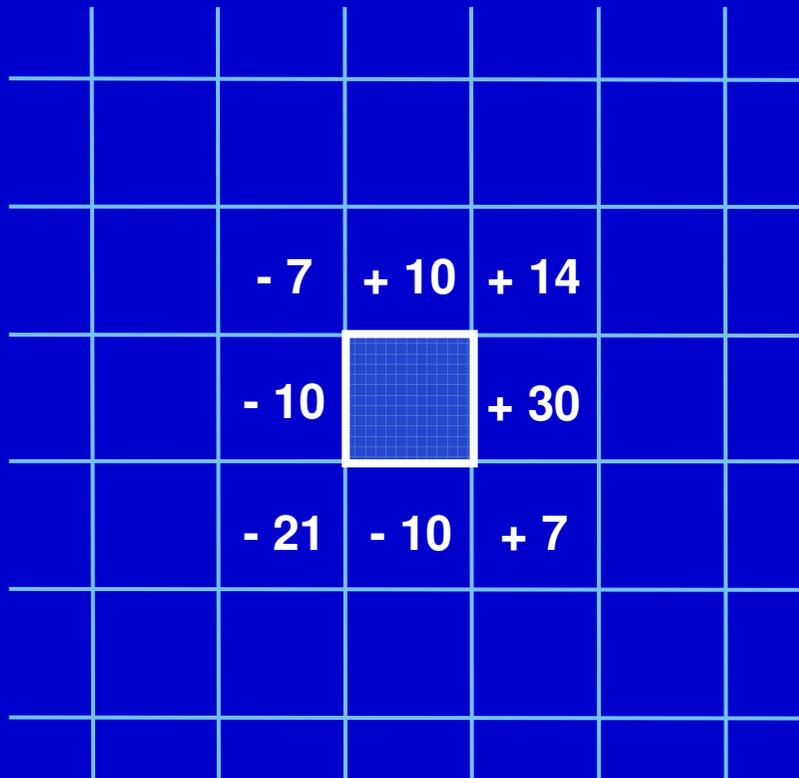
		-1	+1	+2	
		-1		+3	
		-3	-1	+1	

# La pendenza come dato derivato da un DEM



- ▶ Dislivelli in metri
- ▶ Dimensione del pixel 10 x 10 m
- ▶ Pendenze in "per cento"

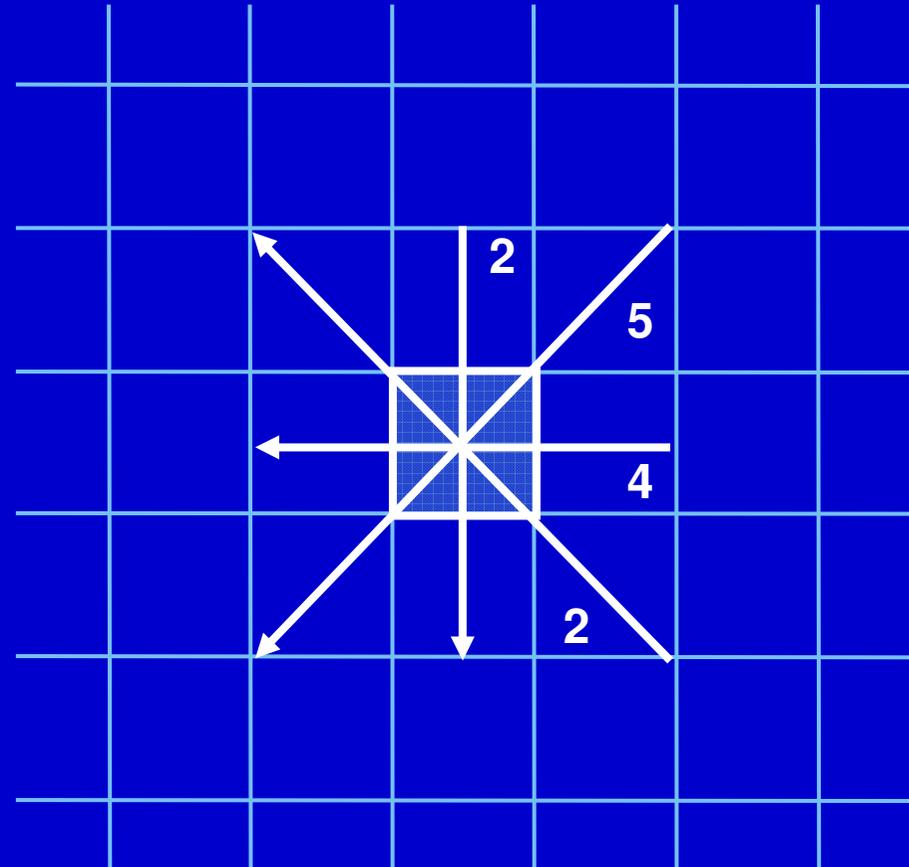
# La pendenza e l'esposizione come dati derivati da un DEM



- ▶ Dislivelli in metri
- ▶ Dimensione del pixel 10 x 10 m
- ▶ Pendenze in "percento"
- ▶ Esposizione in gradi

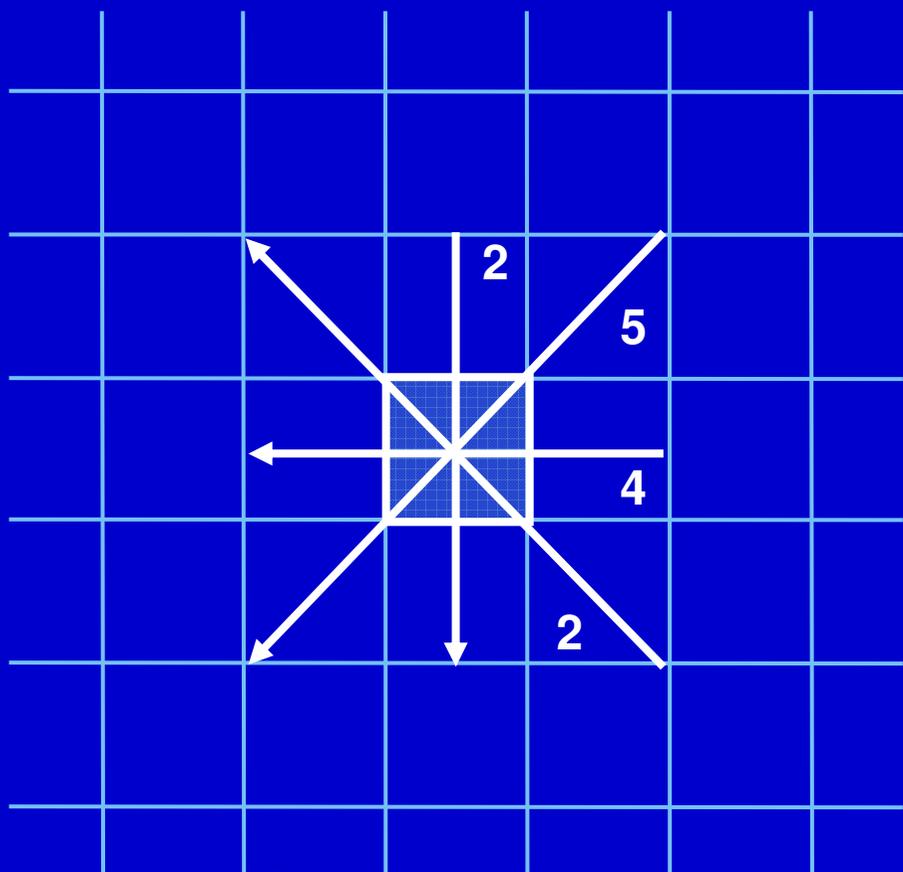
# La pendenza e l'esposizione come dati derivati da un DEM; un altro algoritmo

26	31	32	29	30
26	27	29	30	31
25	27	28	31	29
24	25	27	29	28
27	25	25	24	21

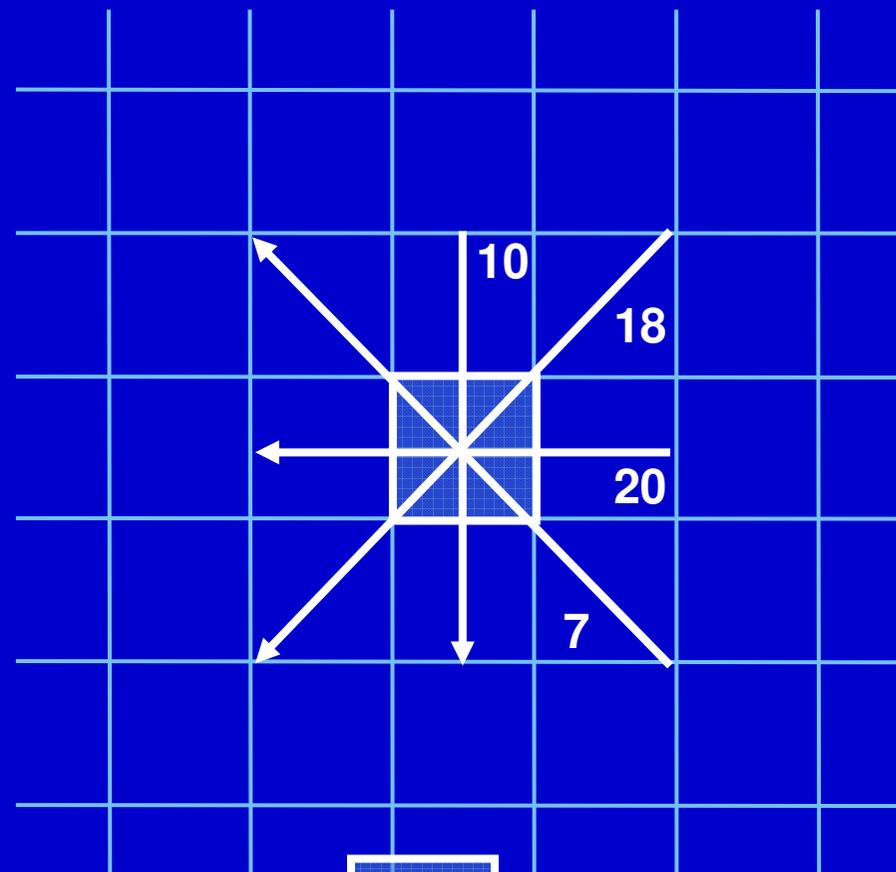


- ▶ Quote in metri
- ▶ Dislivello in metri

# La pendenza e l'esposizione come dati derivati da un DEM; un altro algoritmo



- ▶ Quote in metri
- ▶ Dislivello in metri
- ▶ Pixel di 10 m
- ▶ Pendenza in "percento"



20
270

# Calcolo di Pendenza e Esposizione a partire dalle Quote; esercitazione

	26	31	32	29	30
	26	27	29	30	31
	25	27	28	31	29
	24	25	27	29	28
	27	25	25	24	24

Quote in metri  
Dimensione pixel = 10 m

# Calcolo di Pendenza e Esposizione a partire dalle Quote; esercitazione

	26	31	32	29	30	
	26	27	29	30	31	
	25	27	28	31	29	
	24	25	27	29	28	
	27	25	25	24	24	

Quote in metri  
Dimensione pixel = 10 m

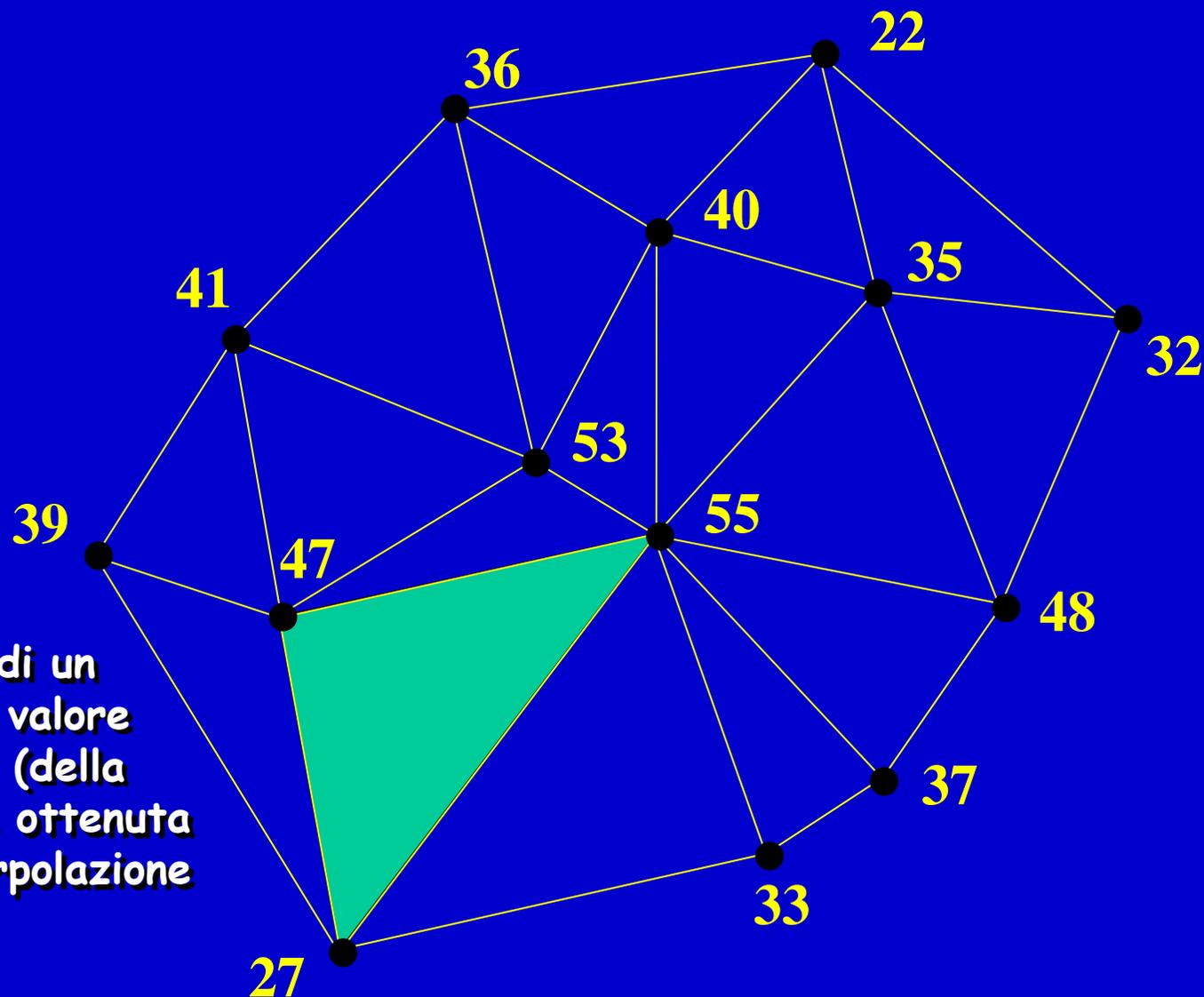
# Calcolo di Pendenza e Esposizione a partire dalle Quote; esercitazione

	26	31	32	29	30	
	26	27	29	30	31	
	25	27	28	31	29	
	24	25	27	29	28	
	27	25	25	24	24	

Quote in metri  
Dimensione pixel = 10 m

# TIN (Triangulated Irregular Network)

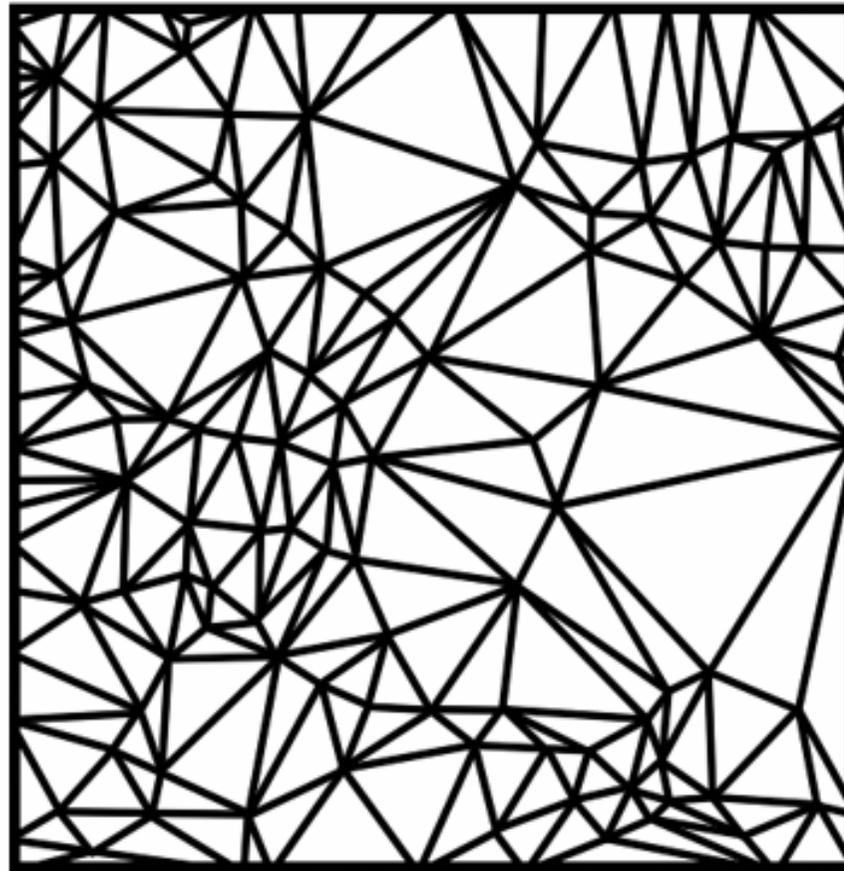
# TIN: un modo di rappresentare una superficie



All'interno di un triangolo il valore della quota (della funzione) è ottenuta con un'interpolazione lineare

# TIN: un modo di rappresentare una superficie

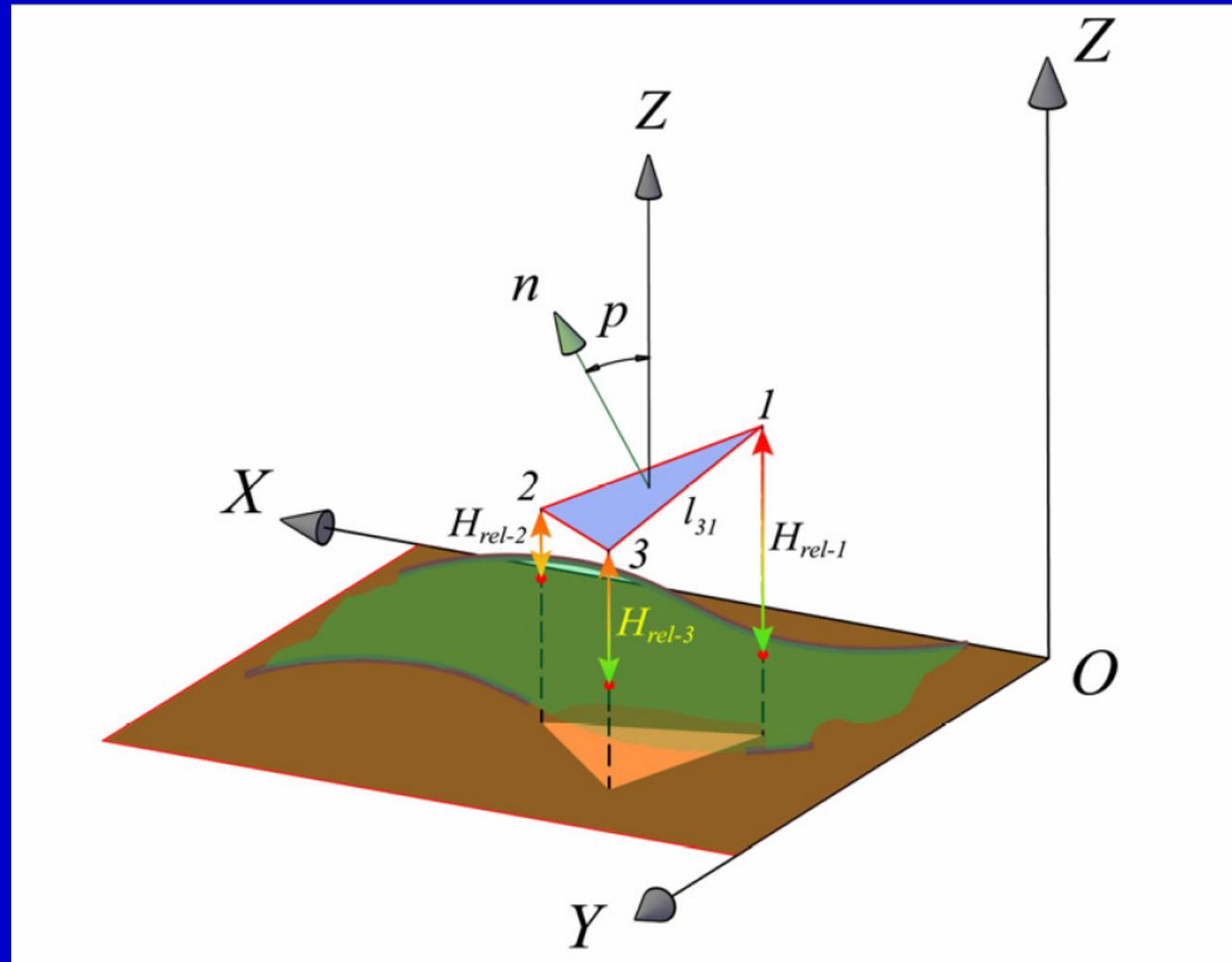
Rispetto al raster, si sfrutta meglio la diversa densità di valori misurati, presumibilmente più densi dove la funzione ha una grande variabilità



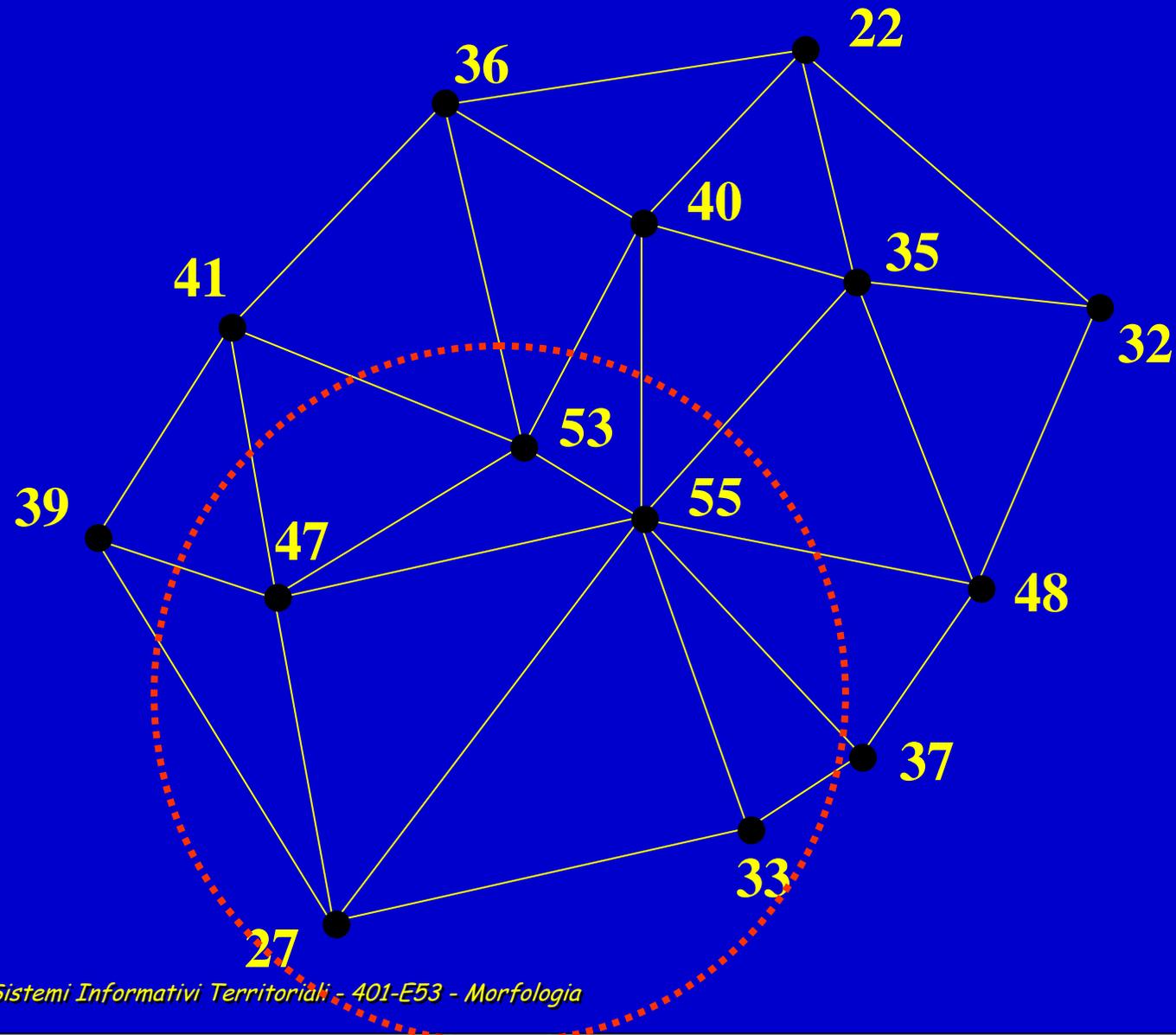
# TIN: un modo di rappresentare una superficie

All'interno di ogni triangolo di un TIN

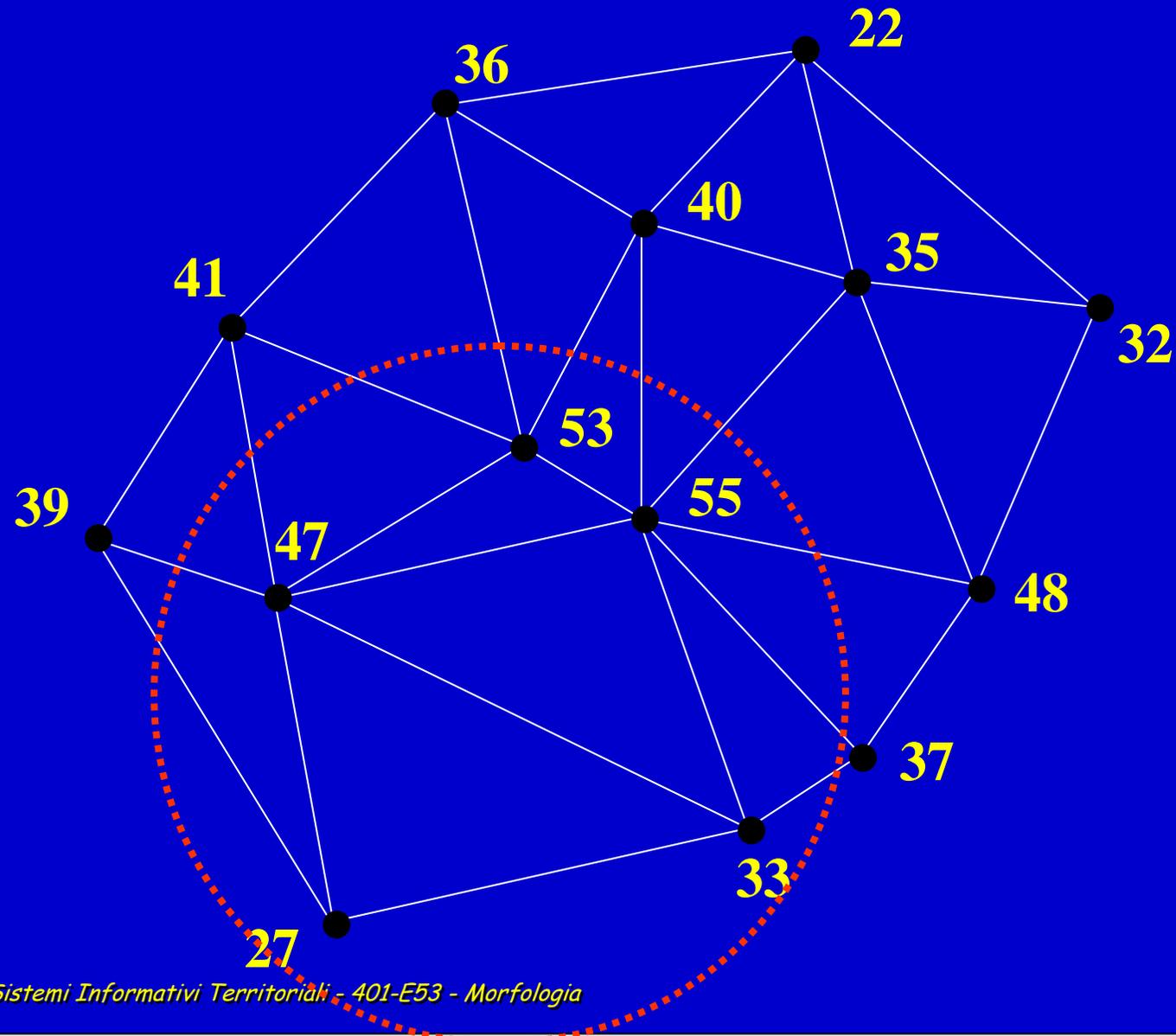
- la quota varia linearmente
- pendenza e orientazione sono costanti



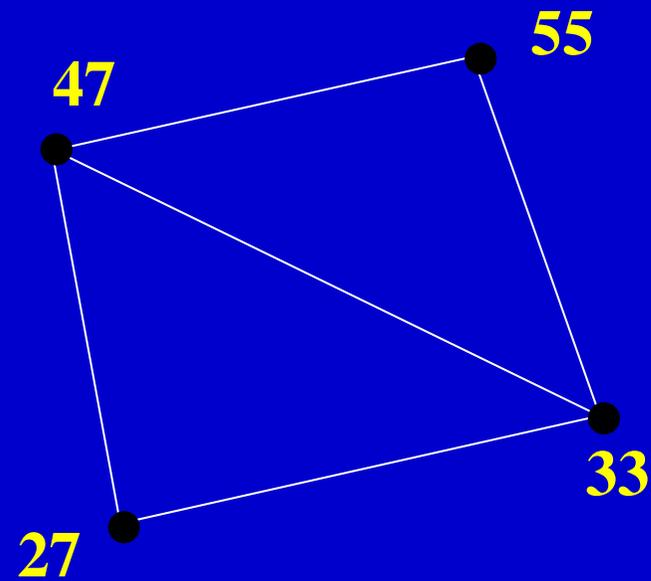
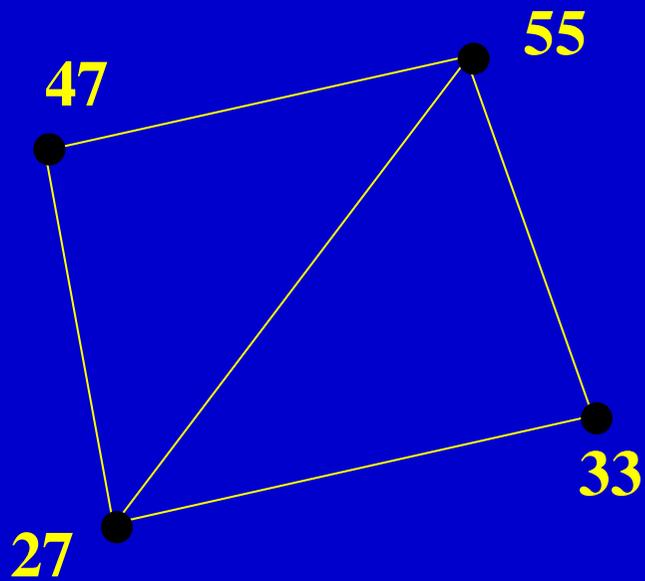
# TIN: la scelta dei triangoli



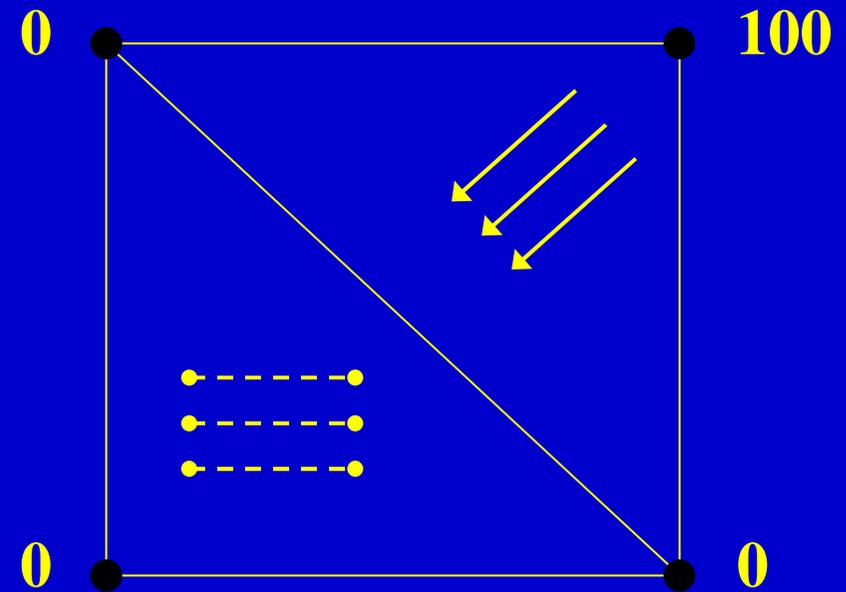
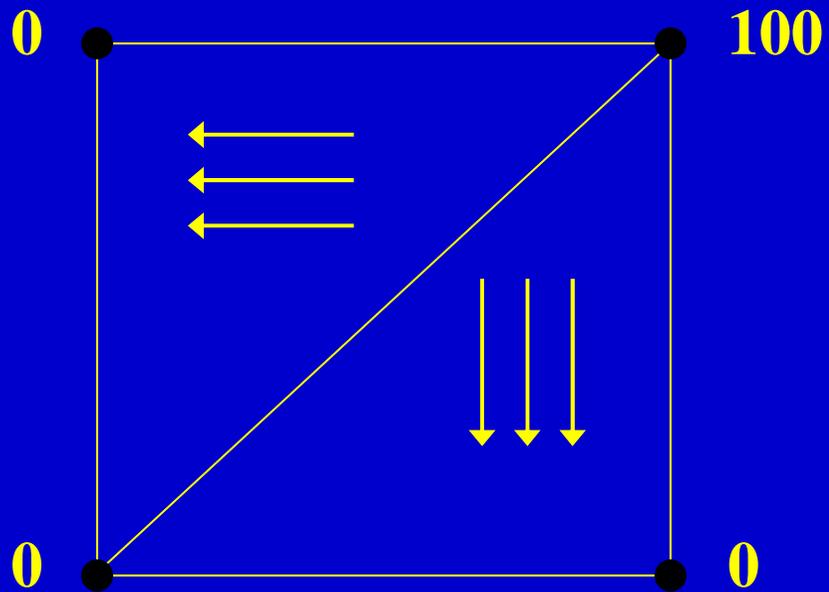
# TIN: la scelta dei triangoli



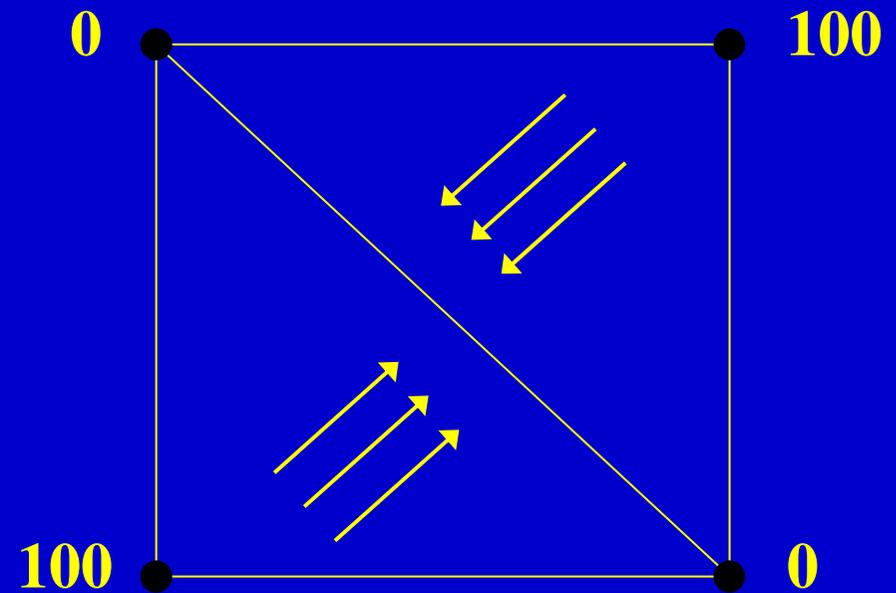
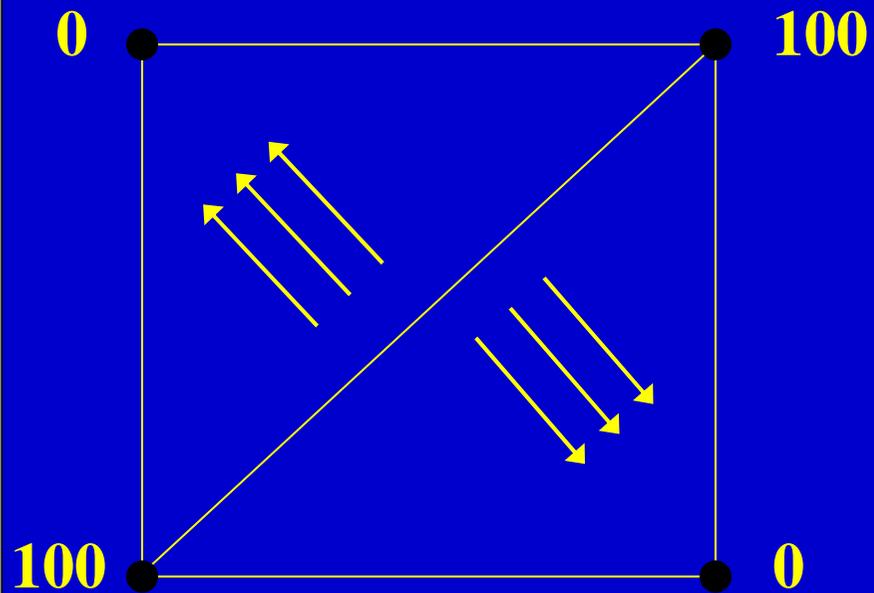
# TIN: la scelta dei triangoli



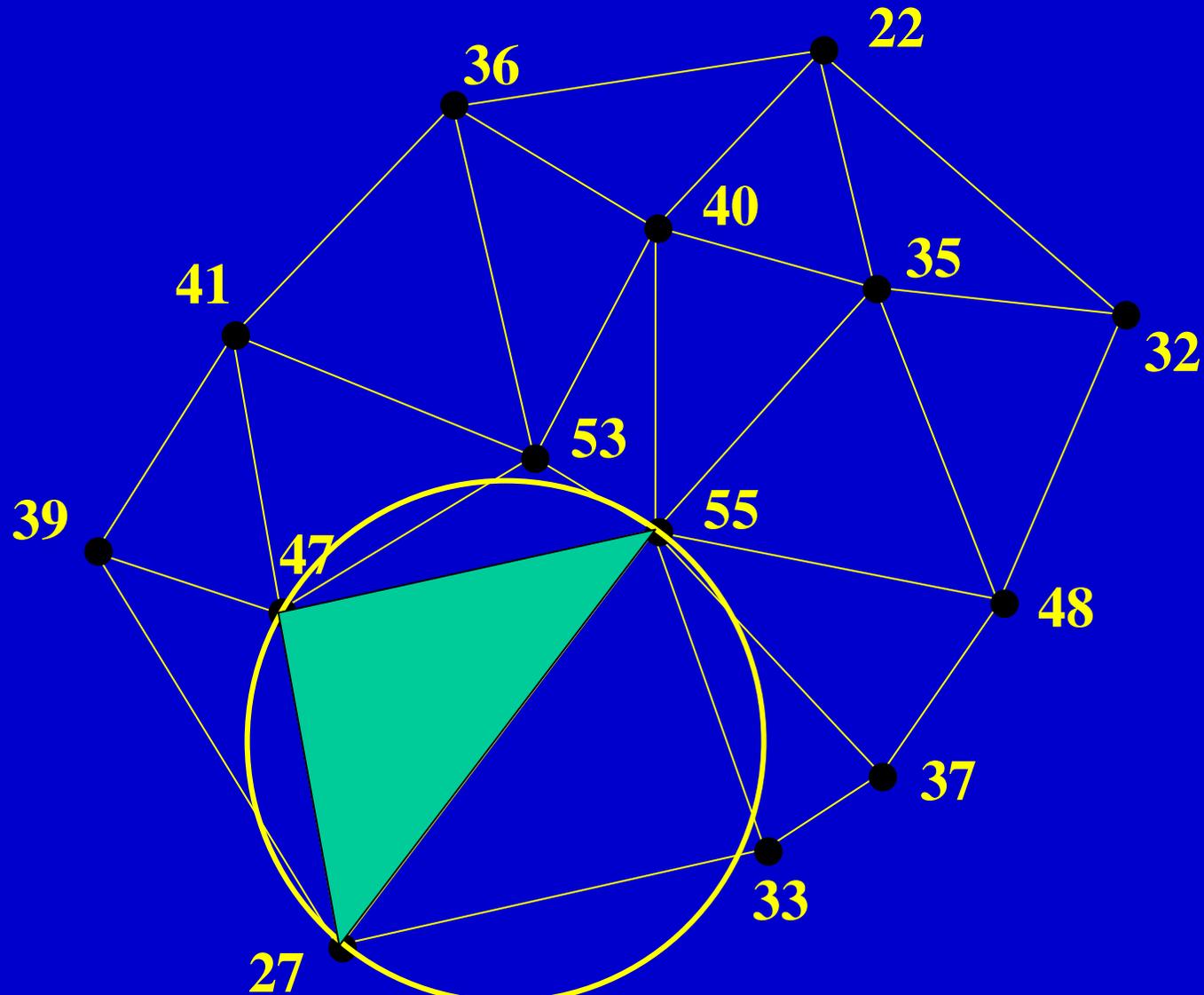
# TIN: la scelta dei triangoli



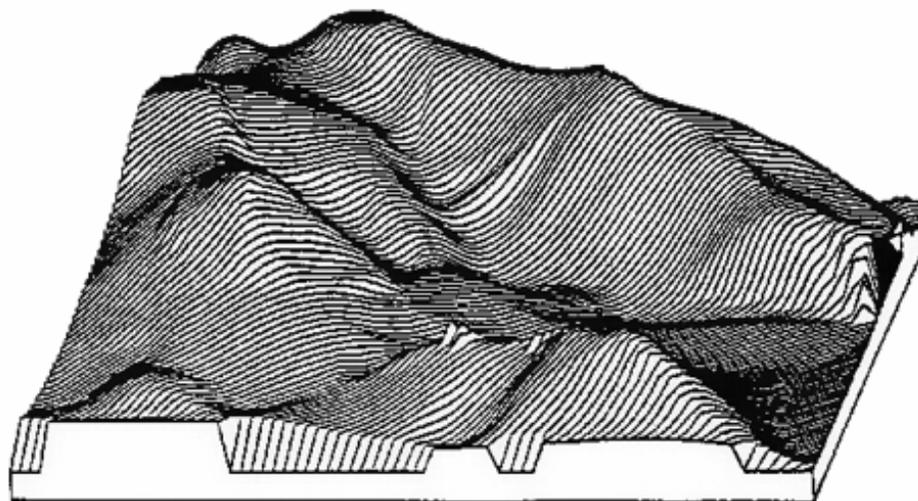
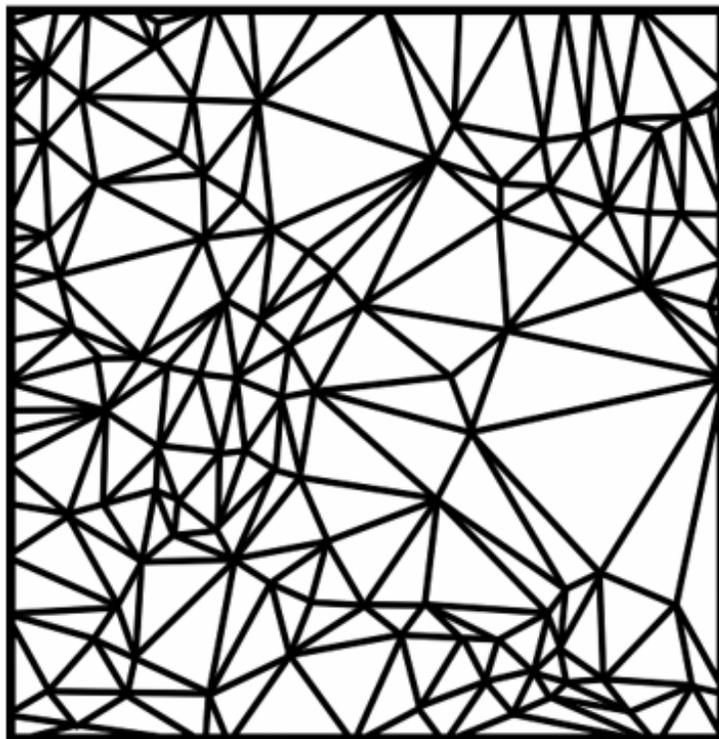
# TIN: la scelta dei triangoli



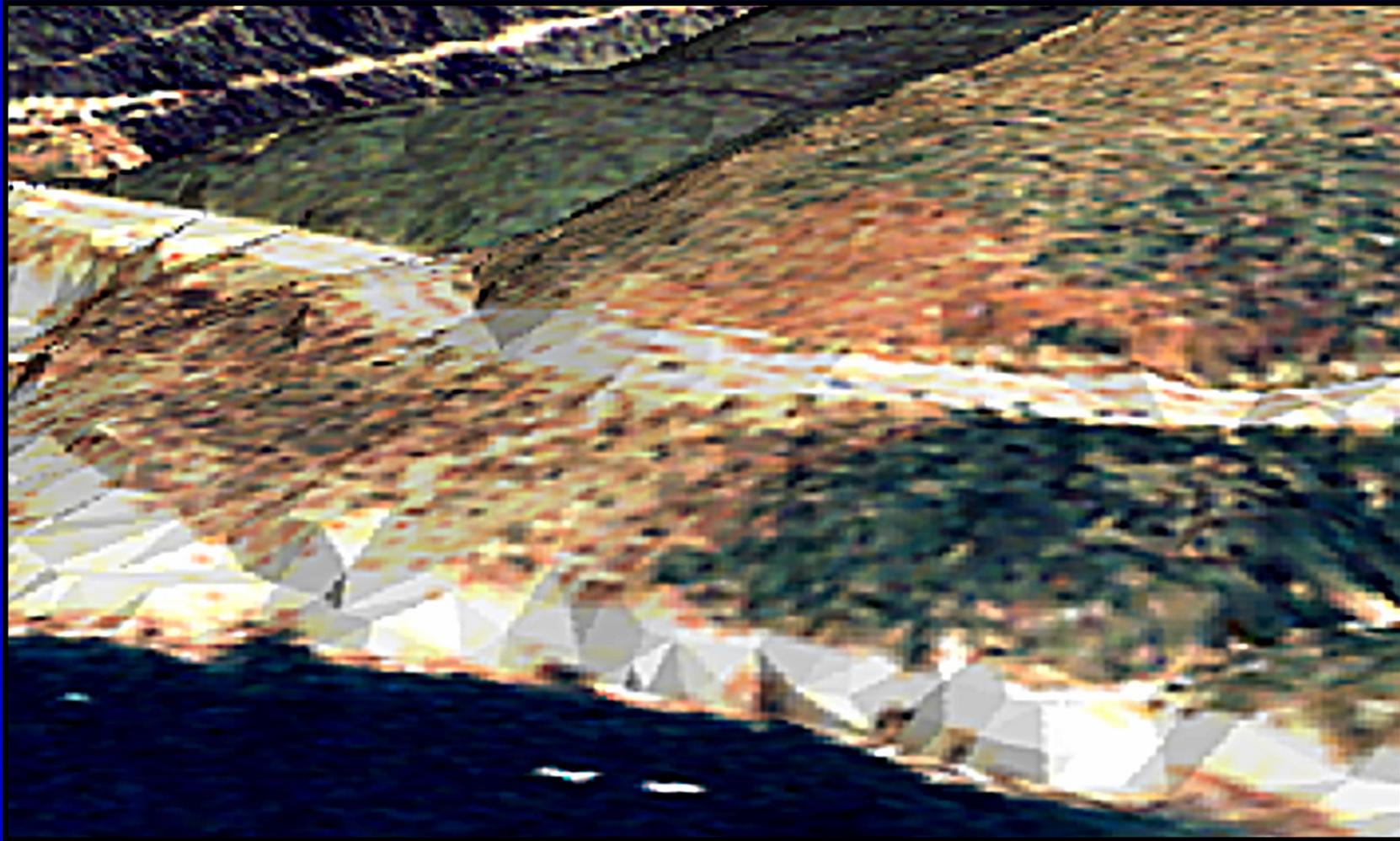
# TIN: I triangoli di Delaunay



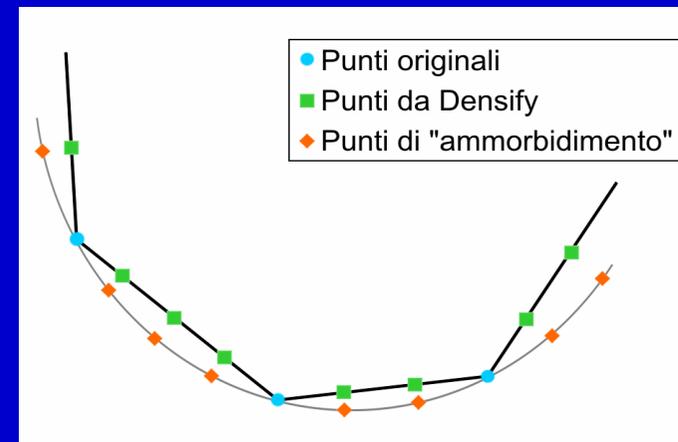
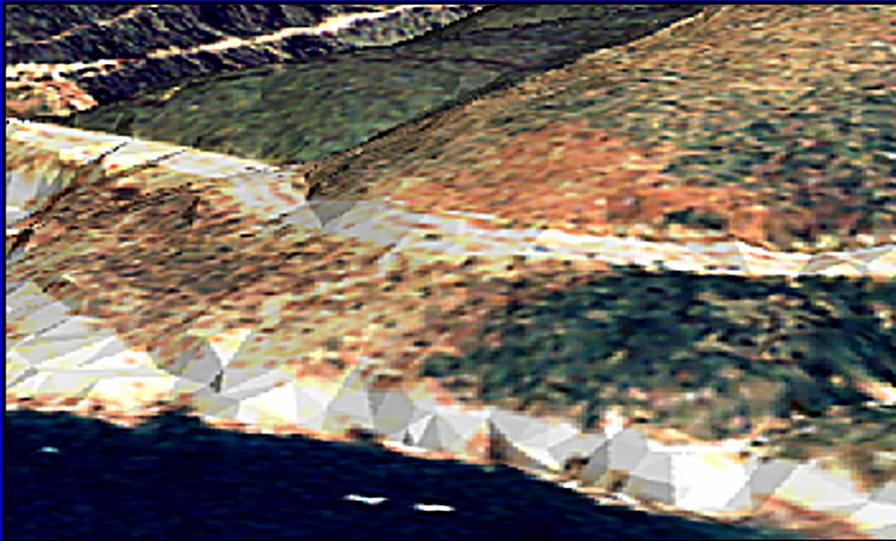
# TIN: un modo di rappresentare una superficie



# Effetto del modello TIN nella visione 2D $\frac{1}{2}$

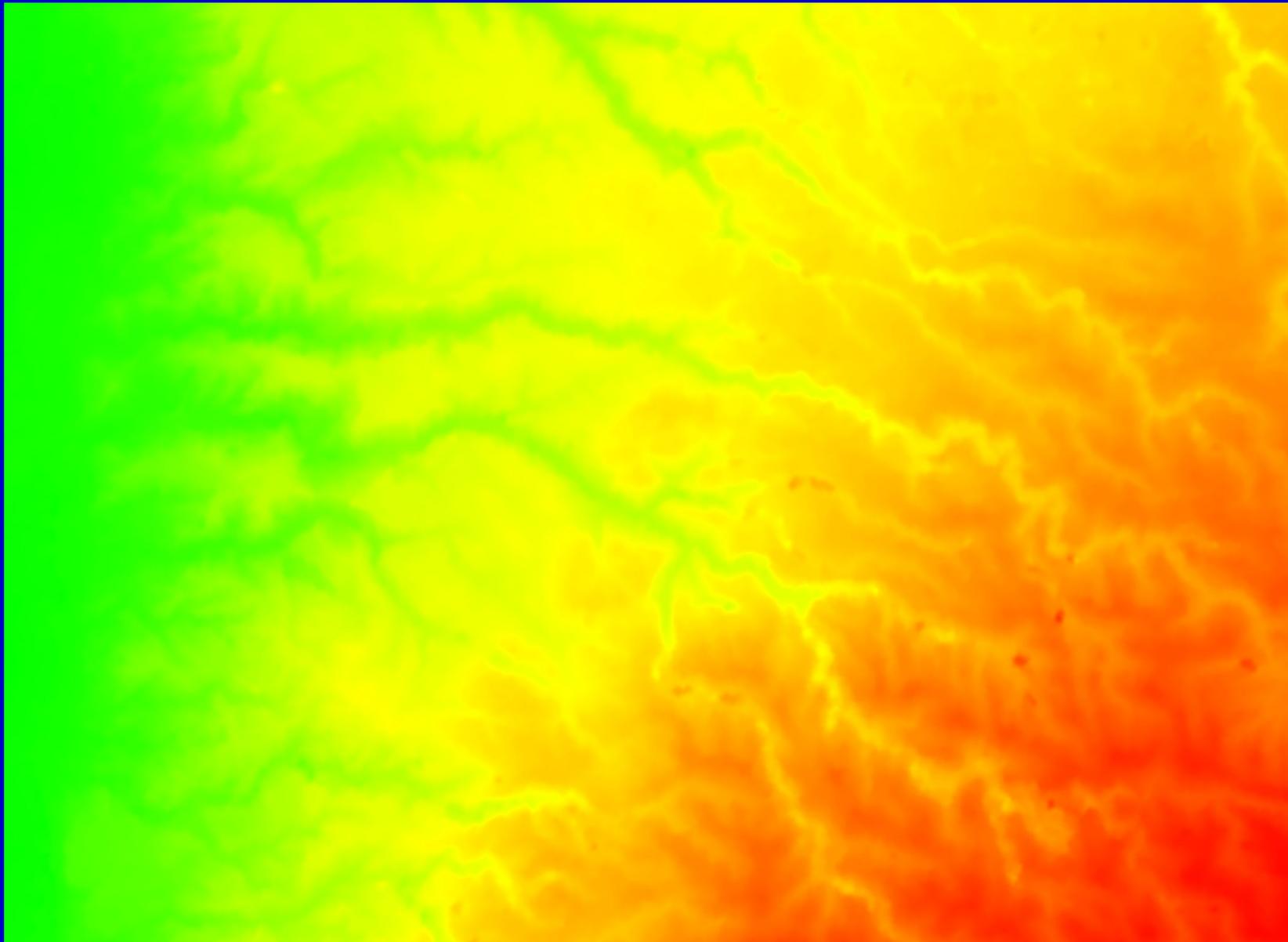


# Effetto del modello TIN nella visione 2D $\frac{1}{2}$

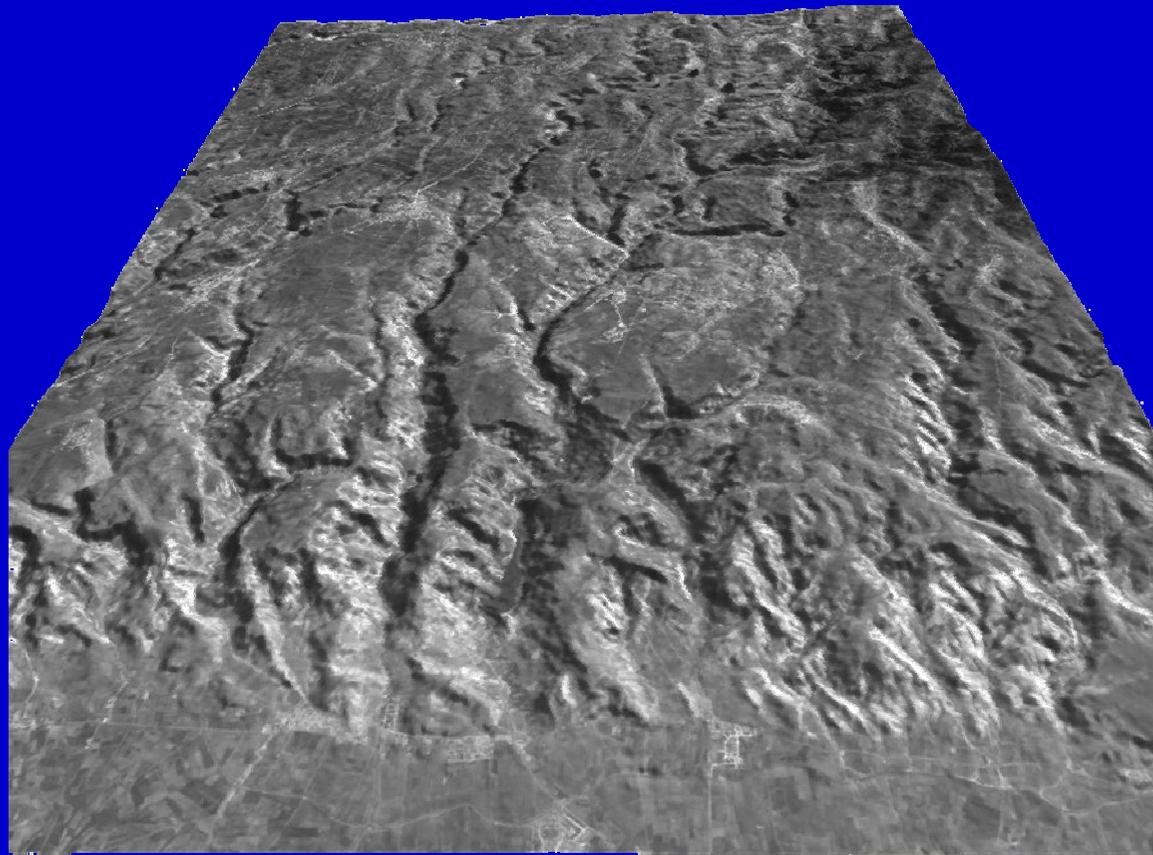


# Utilizzo di un DEM per operazioni di restituzione

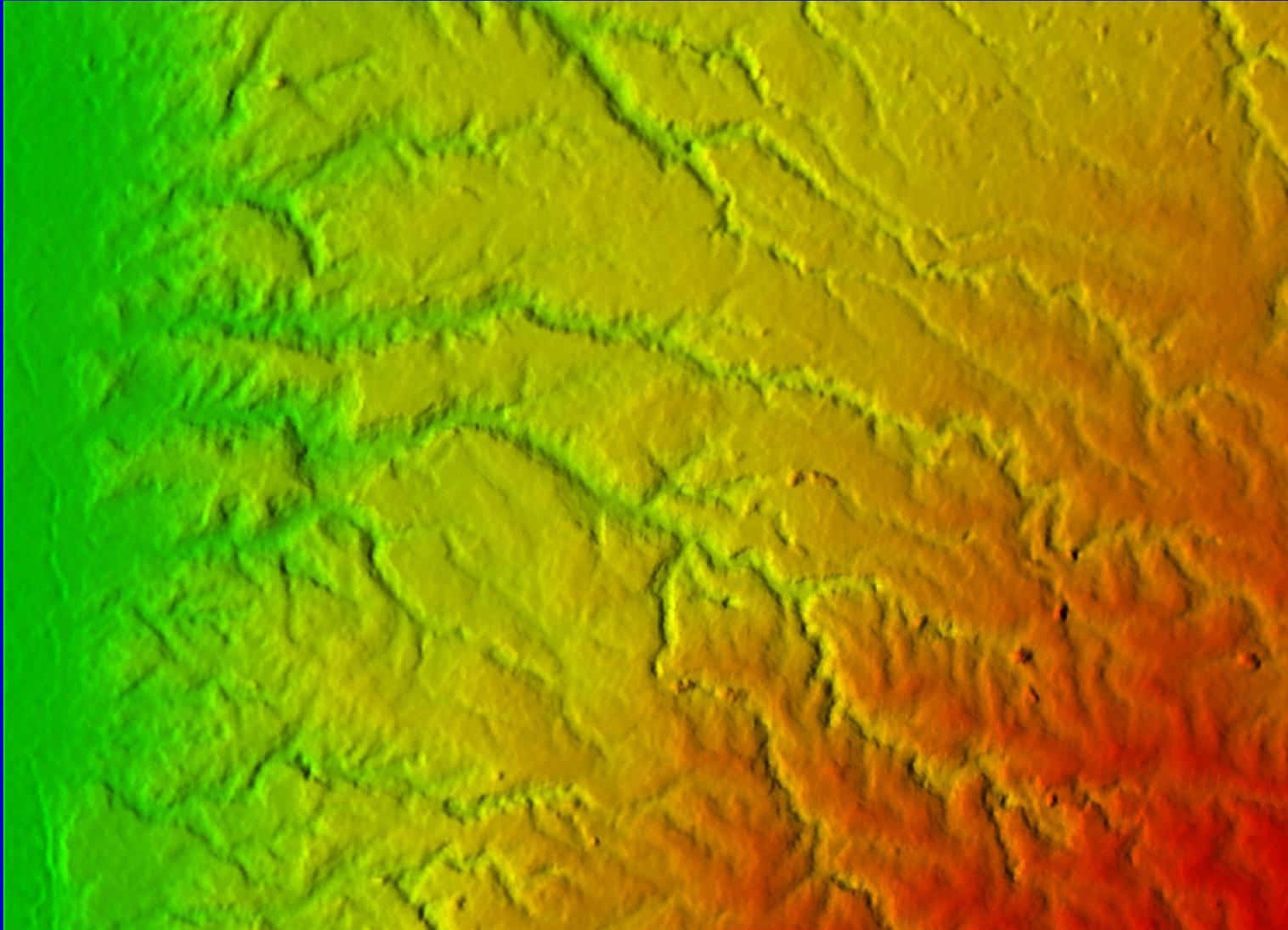
# DEM visualizzato 2D con modulazione di colore



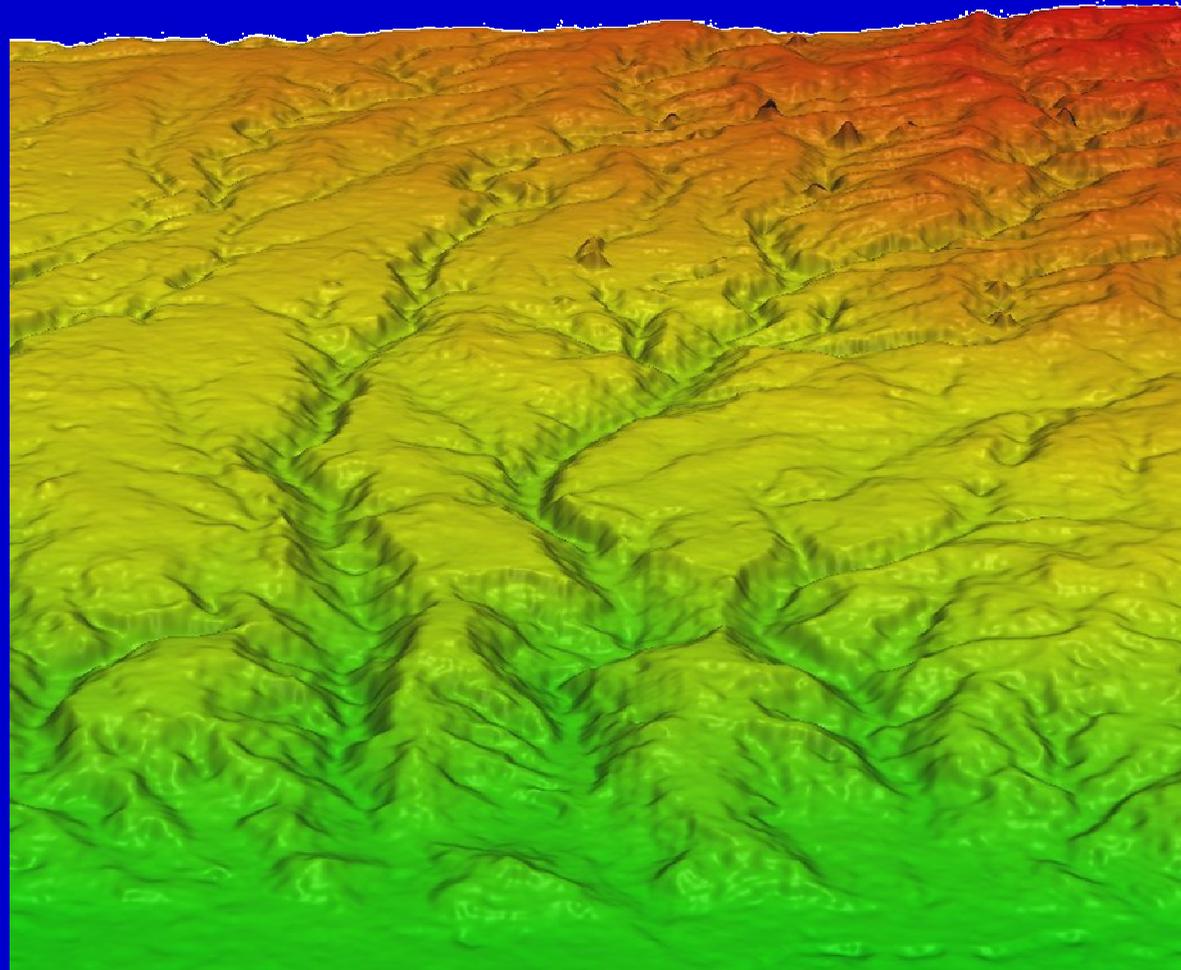
# DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$ senza modulazione di colore



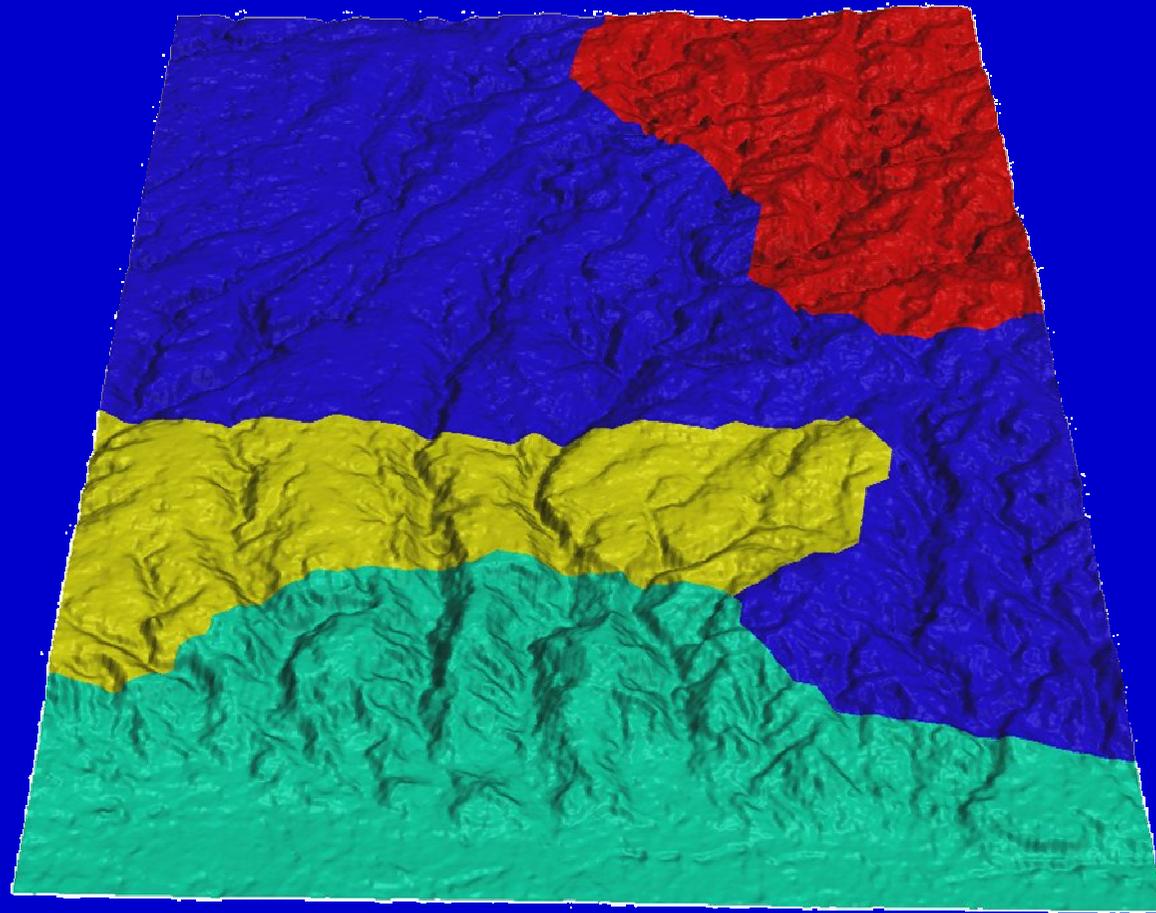
# DEM visualizzato 2D con modulazione di colore e ombre



# DEM visualizzato $2D\frac{1}{2}$ con modulazione di colore



# DEM visualizzato $2D\frac{1}{2}$ con tematismo di origine vettoriale



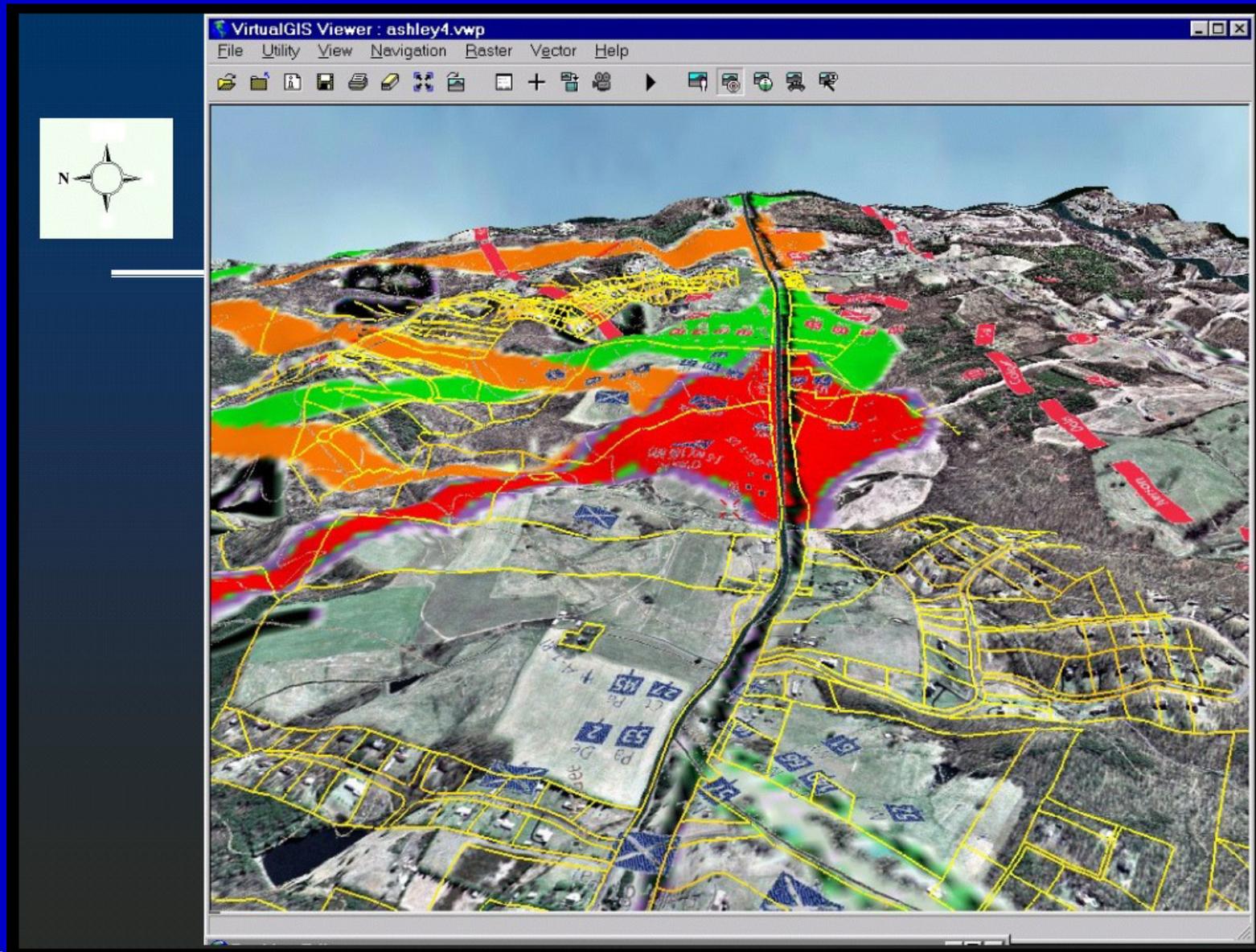
# Sovrapposizione di un layer "immagine" ad una vista 2D $\frac{1}{2}$



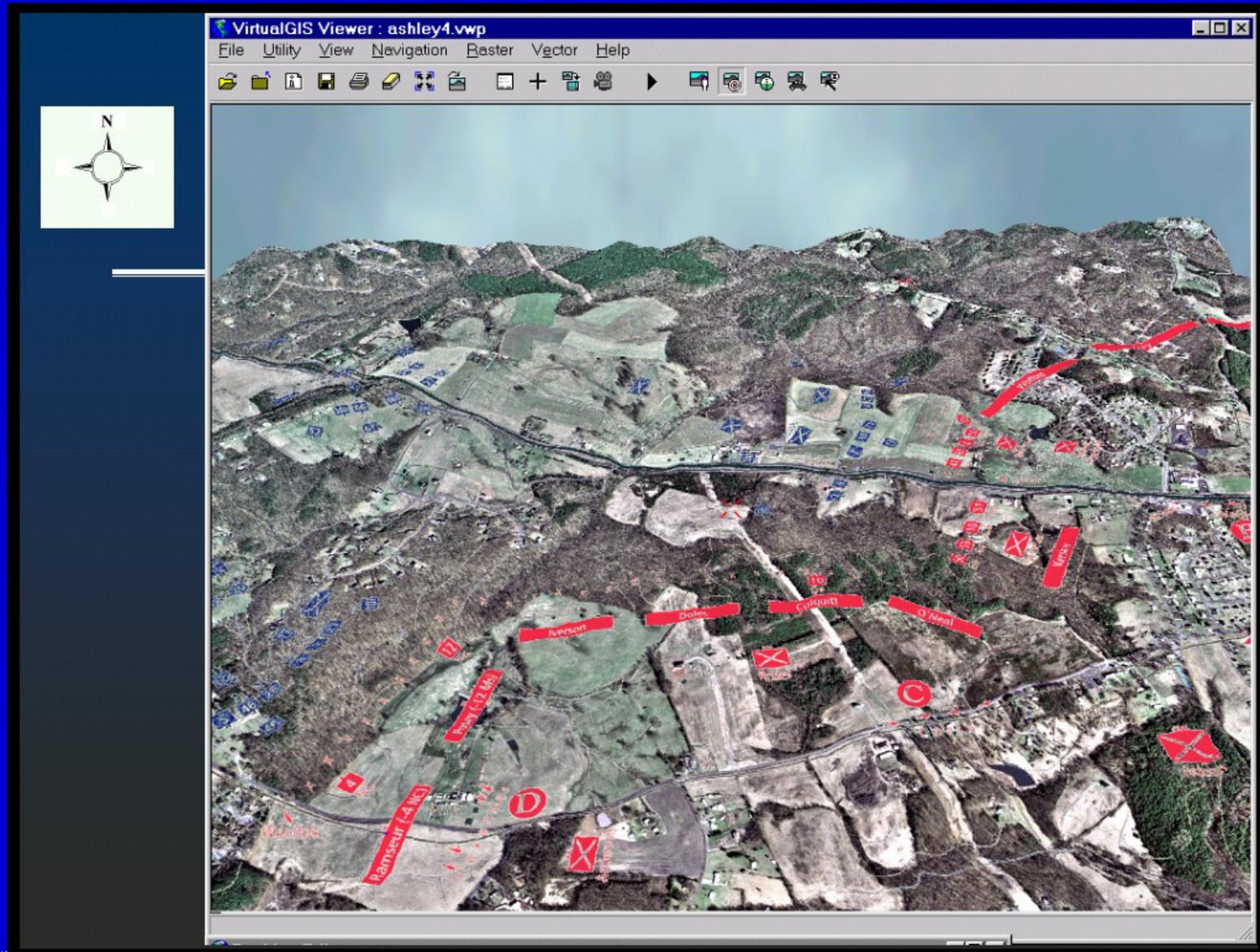
# DEM visualizzato $2D\frac{1}{2}$ con base cartografica raster



# DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$ con immagine telerilevata e tematismi di origine vettoriale



# DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$ con immagine telerilevata e tematismi di origine vettoriale



# DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$ con immagine telerilevata e oggetti CAD



# DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$ con immagine telerilevata e oggetti CAD



# DEM visualizzato 2D $\frac{1}{2}$ con immagine telerilevata e oggetti CAD



# Sistemi Informativi Territoriali

Paolo Mogorovich  
[www.di.unipi.it/~mogorov](http://www.di.unipi.it/~mogorov)