

# Risoluzioni radar

Determinano le dimensioni del pixel (picture element) in una immagine.

**Risoluzione in azimuth (along-track):**

$$\Delta x = r_a = \beta R \cong R \lambda / L$$

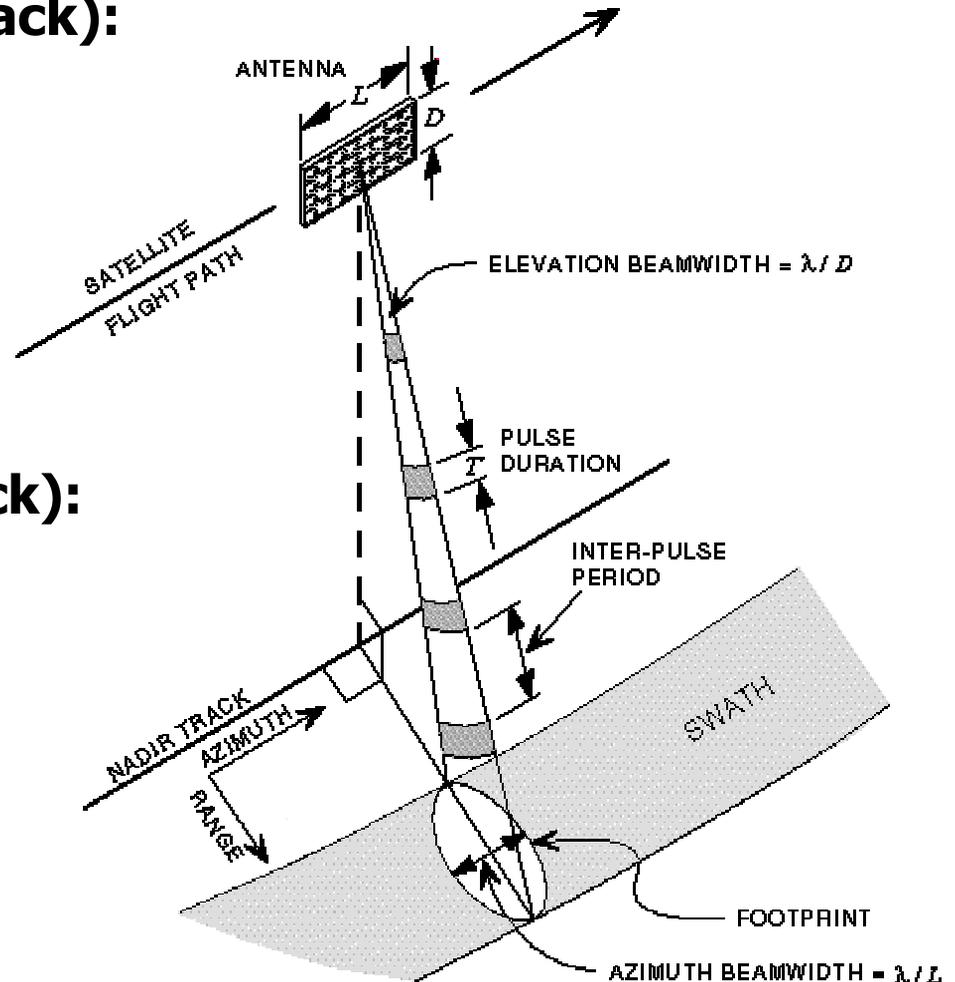
R: "slant range"

**Migliore risoluzione: L↑**

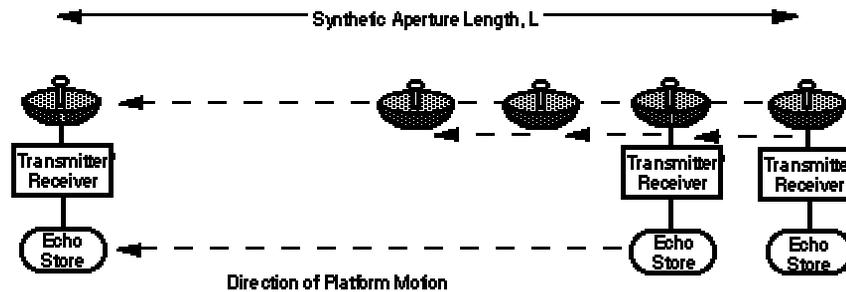
**Risoluzione in range (cross-track):**

$$\Delta R = r_r = \frac{c\tau}{2\sin\theta}$$

$\theta$ : angolo dalla verticale



# SAR (Synthetic Aperture Radar )

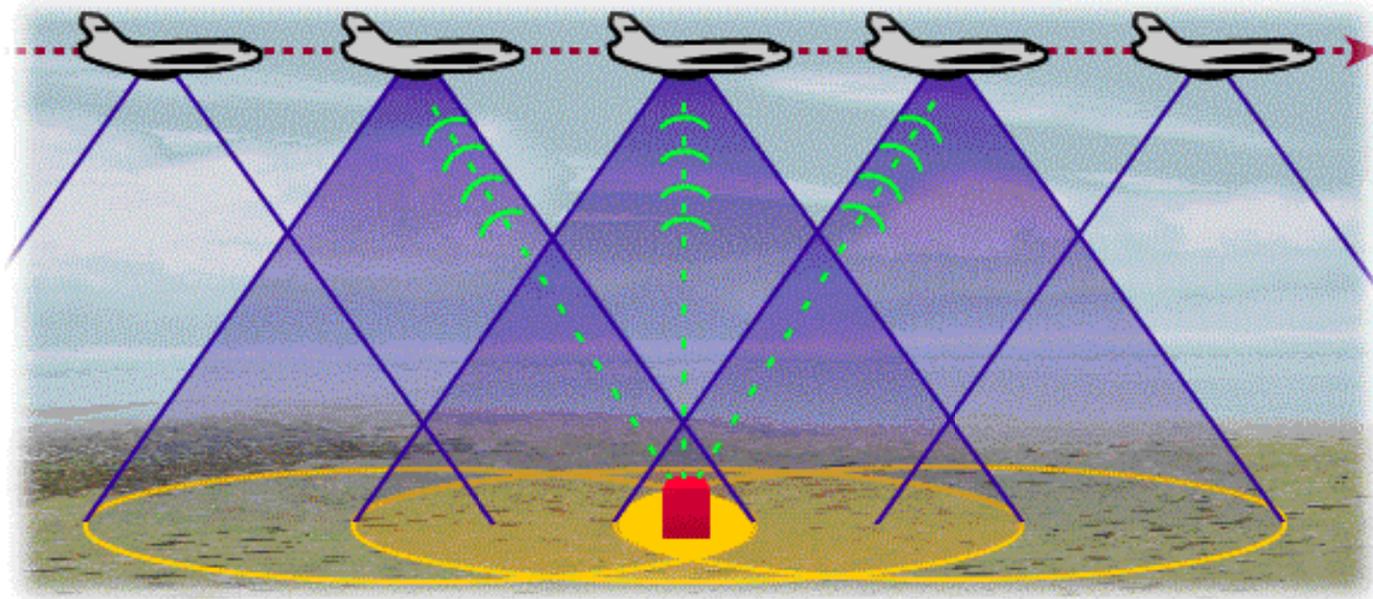


## *Punto di vista dell'apertura sintetica:*

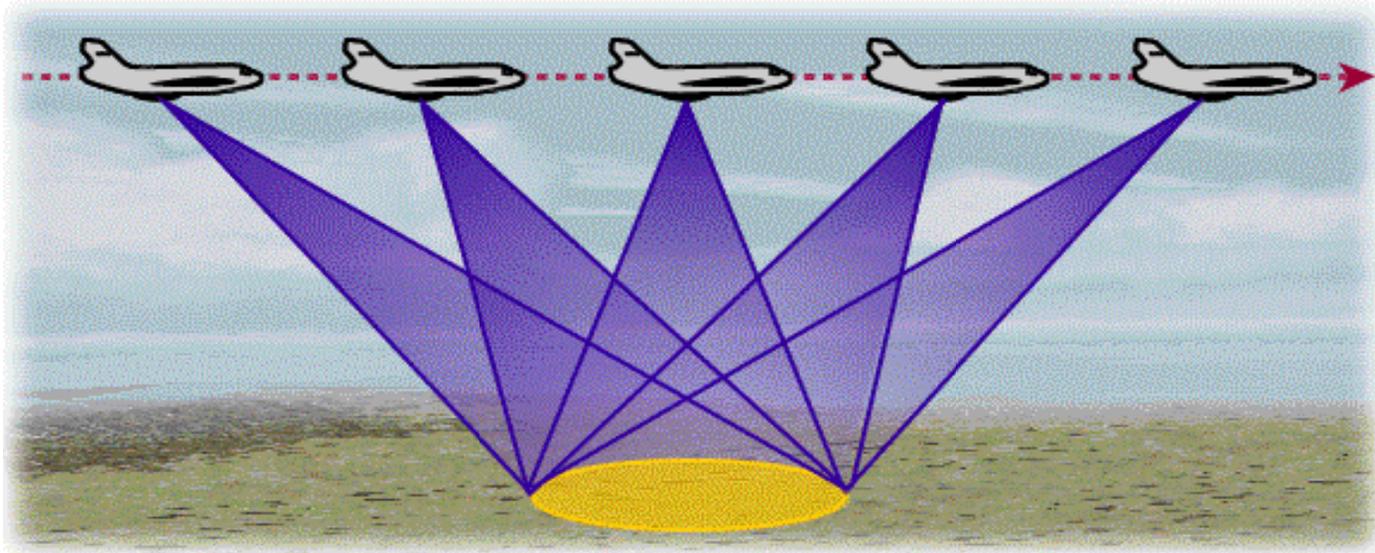
**l'antenna radar, (su satellite o aereo) si muove con una certa velocità: ogni volta che emette un impulso RF e ne riceve l'eco essa si trova in posizioni diverse in virtù del moto della piattaforma.**

**Se si raccolgono e si memorizzano tutti questi echi relativi a diversi istanti si può pensare che essi derivino da porzioni diverse di una medesima antenna (array) di dimensioni di gran lunga superiori a quelli dell'antenna reale.**

## Generazione dell'apertura sintetica



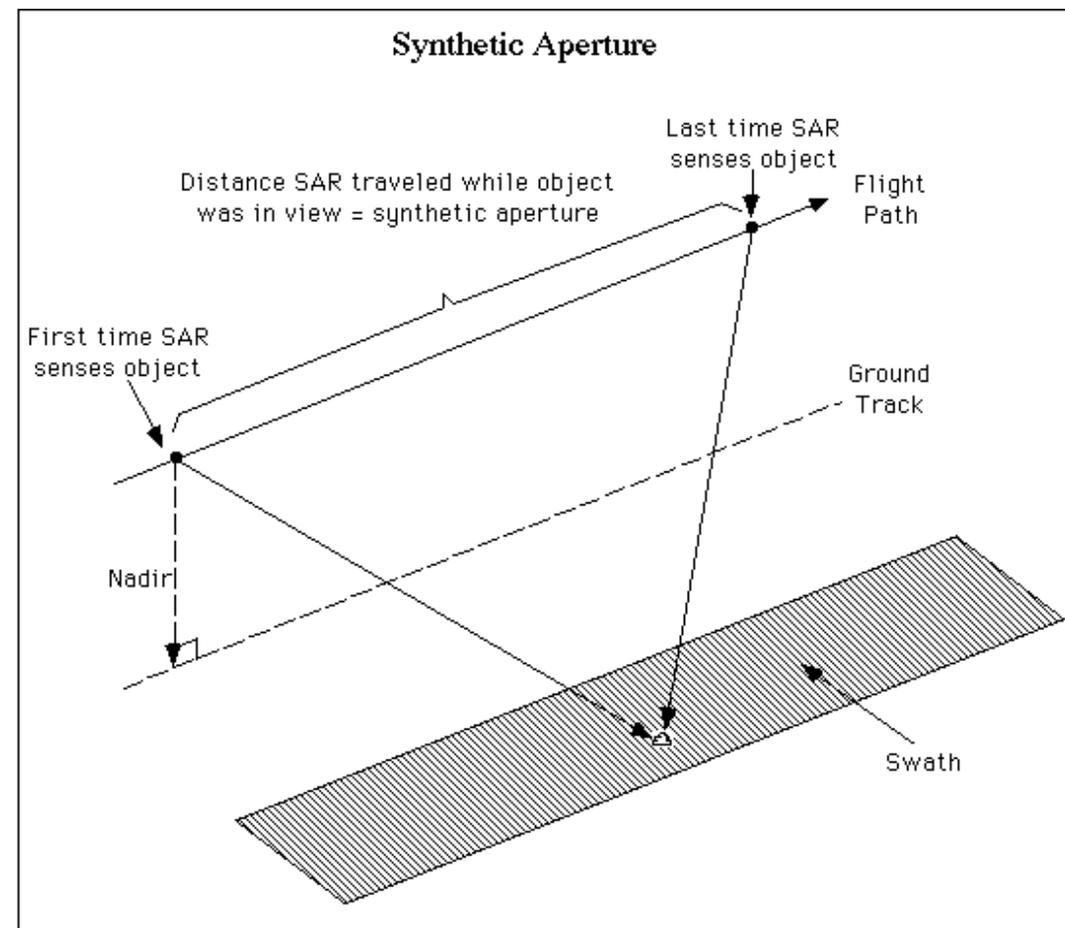
**Spotlight SAR:** aumento della risoluzione in azimuth a discapito della copertura spaziale



**L'antenna SAR trasmette gli impulsi molto rapidamente (diverse migliaia di impulsi mentre la piattaforma passa su un particolare target).**

**Molti echi radar sono quindi ottenuti per quel target e, tramite opportuna elaborazione, l'immagine risultante corrisponde a quella ottenibile con una antenna gigantesca.**

**L'apertura sintetica è quindi la distanza coperta dalla piattaforma mentre l'antenna radar raccoglie informazioni su quel target.**



### **Esempio: RADARSAT-1**

**velocità piattaforma: 7 km/sec  
il SAR invia circa 1100 impulsi/sec  
lunghezza antenna: 15 m  
beam footprint: 3 km**

***un punto a terra è illuminato da 500 impulsi consecutivi***

**⇒ info di un target contenuto in 500 impulsi ricevuti**

**⇒ info di 500 scatteratori adiacenti contenuti in un singolo impulso**

**⇒ il segnale di ritorno da ogni scatteratore arriva con una fase differente**

**⇒ un "digital matched filter" elabora 500 impulsi consecutivi e li separa in 500 scatteratori distinti.**

# Risoluzioni SAR

**Per il SAR la risoluzione in azimuth è indipendente dalla distanza.**

**Risoluzione SAR in azimuth:**

$$r_a = L/2$$

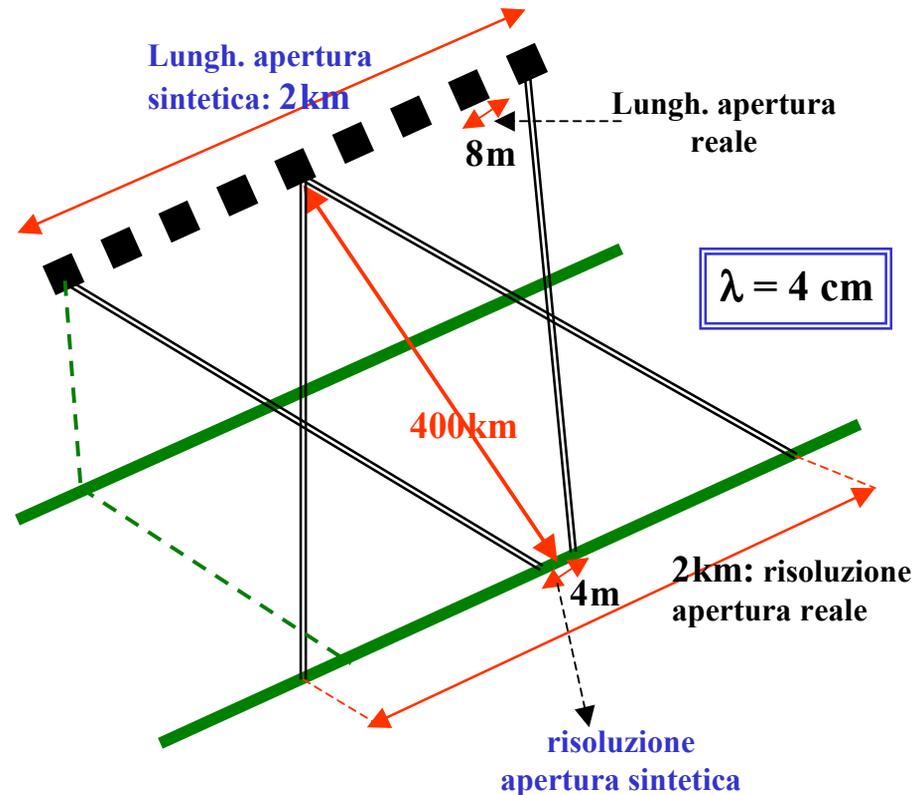
**Migliore risoluzione:  $L \downarrow$**

**Indipendente dall'altezza della piattaforma**

**Risoluzione SAR in range:**

$$r_r = \frac{c\tau}{2 \sin\theta} = \frac{c}{2B \sin\theta}$$

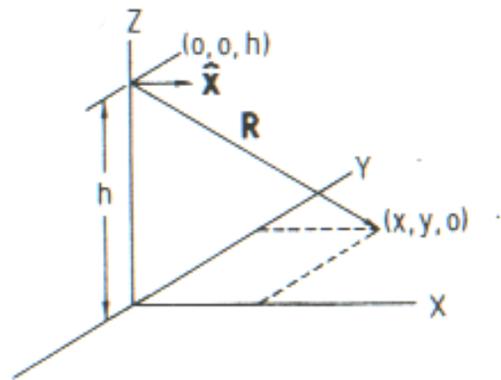
**Il SAR usa un impulso chirp di banda B**



# SAR (Synthetic Aperture Radar)

## *Punto di vista dell'effetto Doppler:*

il SAR discrimina zone della superficie che si trovano all'interno del lobo dell'antenna reale in virtù del fatto che il loro ritorno radar presenta uno spostamento Doppler diverso a seconda della posizione lungo la linea di azimut (direzione di volo). Confrontando lo spostamento Doppler con una frequenza di riferimento è possibile focalizzare molti segnali di ritorno su un singolo punto (target).



$$u = \hat{x} u,$$

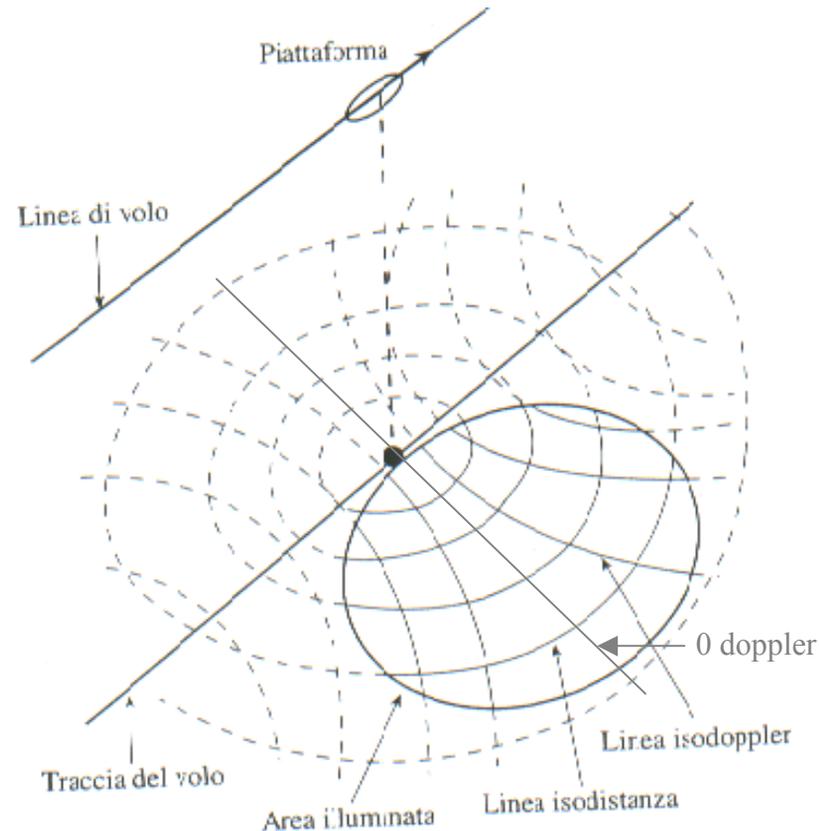
$$R = \hat{x} x + \hat{y} y - \hat{z} h.$$

Goemetry for Doppler calculation for horizontal motion above a plane surface.

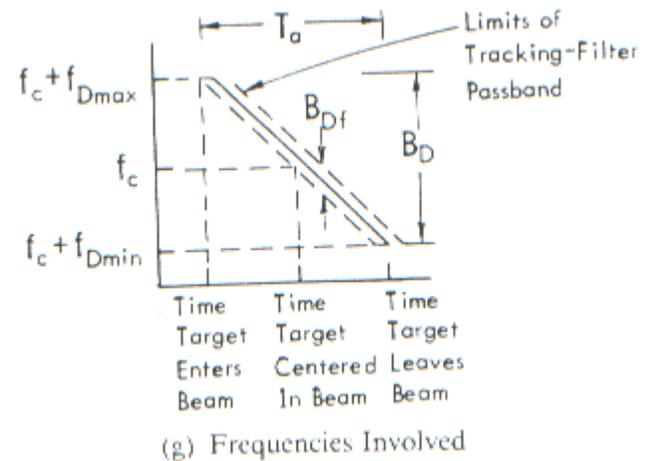
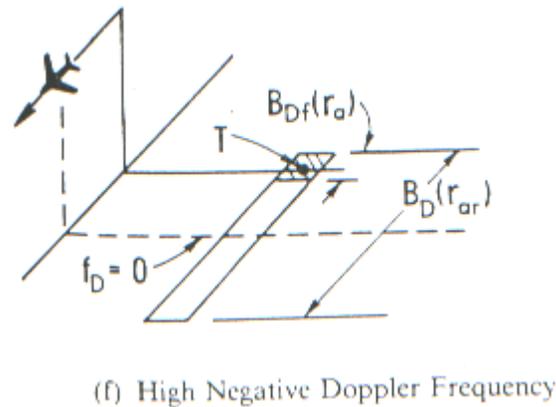
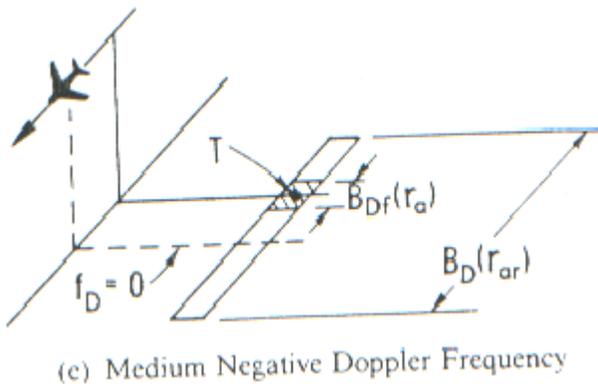
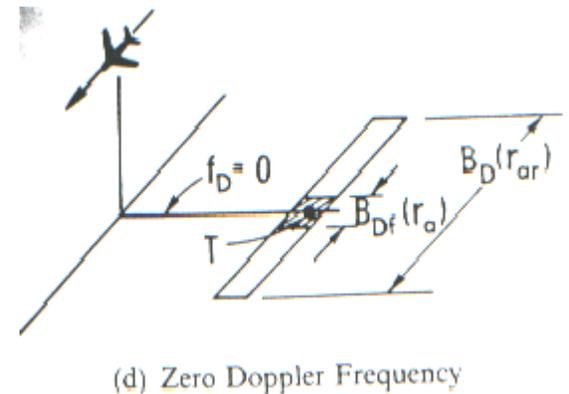
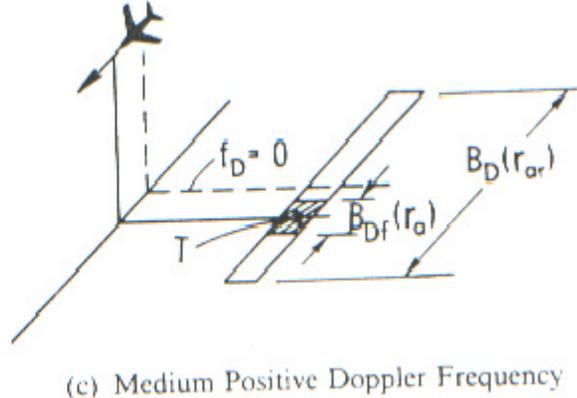
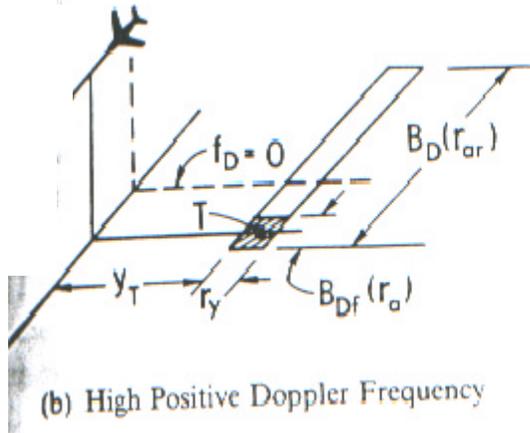
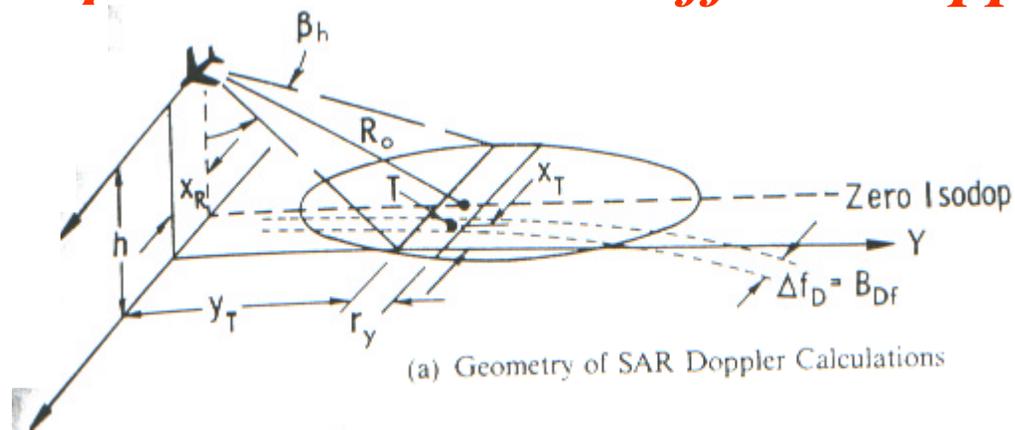
Componente radiale della velocità:  $u_R = -\frac{u \cdot R}{R}$       $u_R = -\frac{ux}{R}$

L'espressione per lo spostamento Doppler  $f_D$  per il segnale proveniente dal target in  $(x, y, 0)$  e ricevuto dal radar è:

$$f_D = \frac{-2u_R}{\lambda} = \frac{2ux}{\lambda R} = \frac{2ux}{\lambda \sqrt{x^2 + y^2 + h^2}}$$



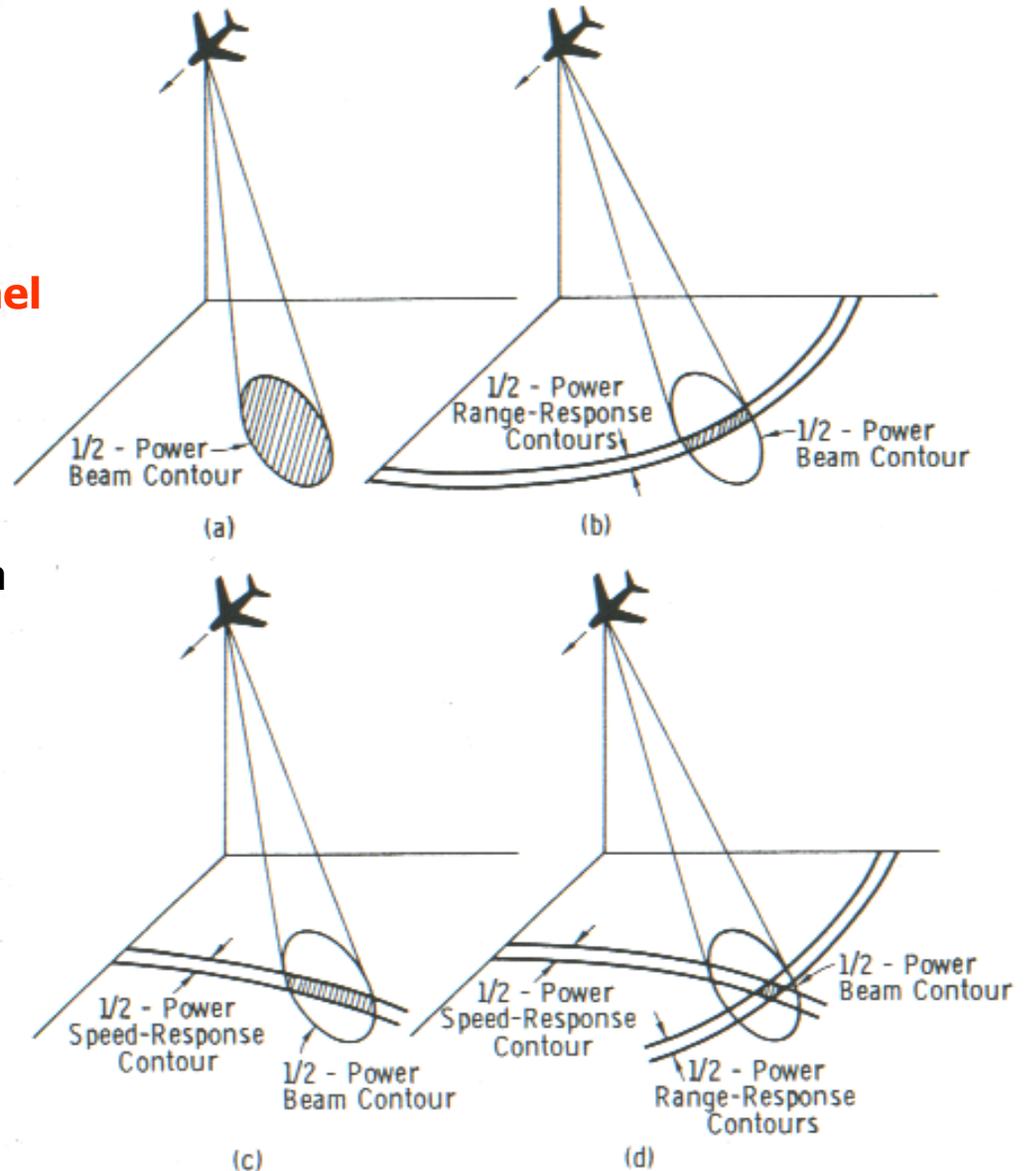
# SAR: punto di vista dell'effetto Doppler



# Risoluzioni spaziali a microonde: discriminazione in angolo, range e velocità

## Metodi di risoluzione spaziale nel telerilevamento a microonde:

- a) Solo risoluzione in angolo
- b) Risoluzione in angolo e range
- c) Risoluzione in angolo e velocità
- d) Risoluzione in range e velocità



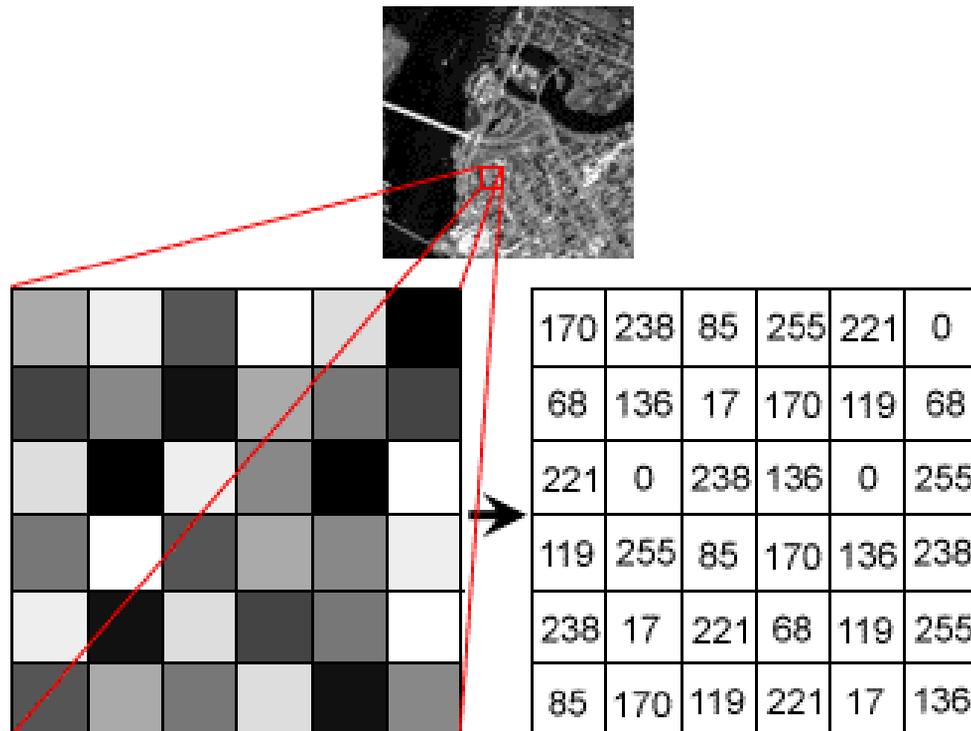
# Risoluzioni spaziali: pixel

**Risoluzione**: indica il più piccolo oggetto identificabile.

**Pixel**: rappresenta un colore (brillanza)  $\Rightarrow$  non si può vedere nulla all'interno  $\Rightarrow$  solo con due o più pixel di differente colore è possibile identificare un oggetto.

**Esempio**: risoluzione immagine SAR per ERS-1 è di circa 30 m; pixel 12.5 m

$\Rightarrow$  ogni pixel rappresenta un'area di 12.5 x 12.5 m ed è possibile identificare oggetti con dimensioni di almeno 30 m.

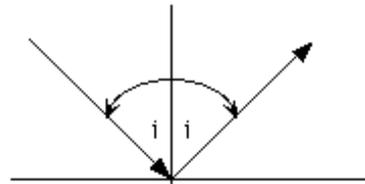


# Interpretazione delle immagini SAR: interazione delle onde em con la superficie

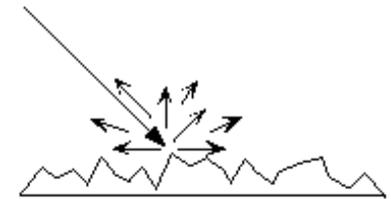
Il segnale radar viene riflesso, diffuso, assorbito e trasmesso (rifratto).

La riflessione è originata da materiali con alta  $\epsilon$  (di solito elevato contenuto d'acqua)

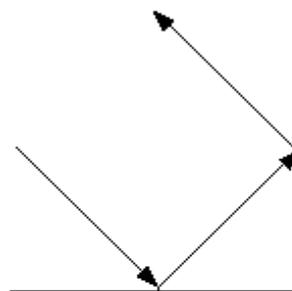
## Scattering Mechanisms



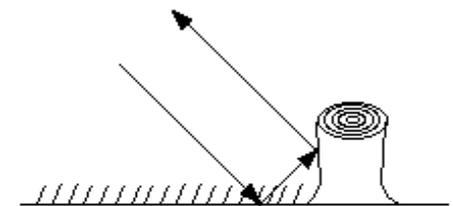
**Reflection off a smooth surface**  
The angle of incidence,  $i$ , equals the angle of reflection.



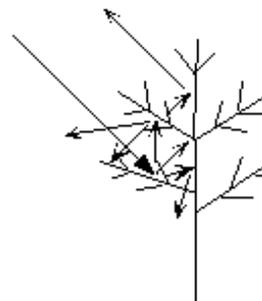
**Scattering off a rough surface**  
The variation in surface height is on the order of the incoming signal's wavelength.



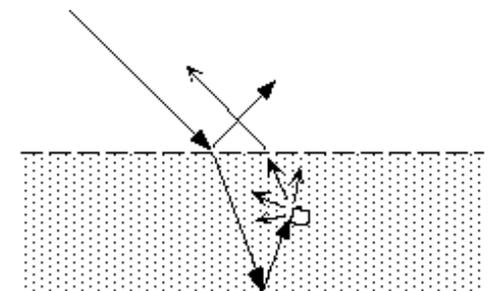
**Double Bounce**  
(Corner Reflector)



**Double Bounce**  
One possible natural occurrence - reflecting off two smooth surfaces, grass and a freshly-cut tree's stump



**Volumetric Scattering**  
Example scattering in a tree

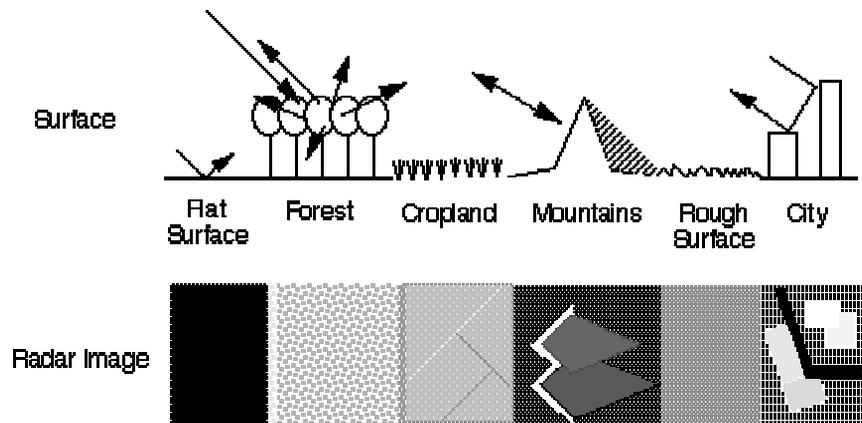


**Volumetric Scattering**  
In this example the incident radiation is both reflected and refracted/transmitted through a layer of dry snow. The refracted radiation then reflects off underlying ice, scatters off a chunk of ice in the snow, and finally refracts back toward the receiver.

# Interpretazione delle immagini SAR: interazione delle onde em con la superficie

**Pixel scuro**  $\Rightarrow$  **backscatter basso**

**Pixel chiaro**  $\Rightarrow$  **backscatter alto**



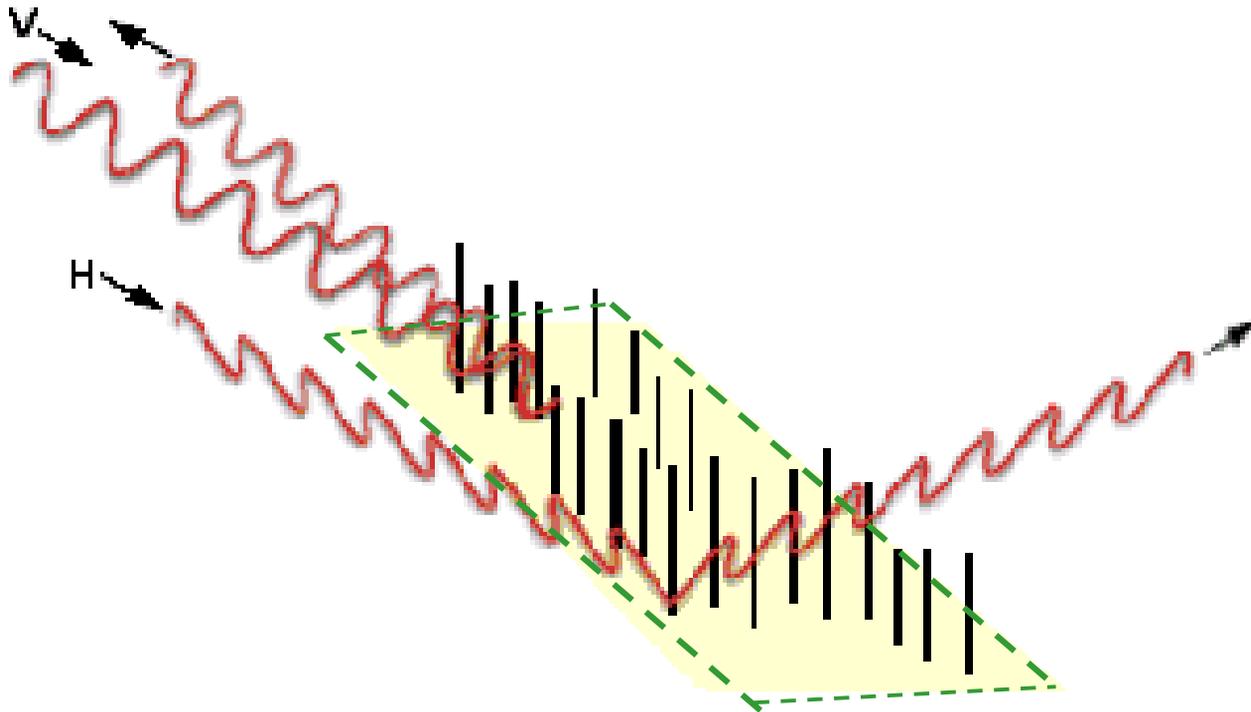
**Il backscatter di un target ad una particolare  $\lambda$  varia per diverse cause:**

- **Dimensioni degli scatteratori all'interno del target**
- **Contenuto d'acqua**
- **Polarizzazione dell'onda incidente e angolo di osservazione**

- **Vegetazione: è di solito piuttosto rugosa per le usuali freq. radar  $\Rightarrow$  appare chiara**
- **Superficie inclinata verso il radar  $\Rightarrow$  appare molto chiara**
- **Superficie non illuminata dal radar (in ombra)  $\Rightarrow$  appare scura**
- **Edifici disposti in modo da provocare il "double bounce"  $\Rightarrow$  appaiono molto chiari**
- **Strade e ferrovie (superfici piate)  $\Rightarrow$  appaiono scuri**

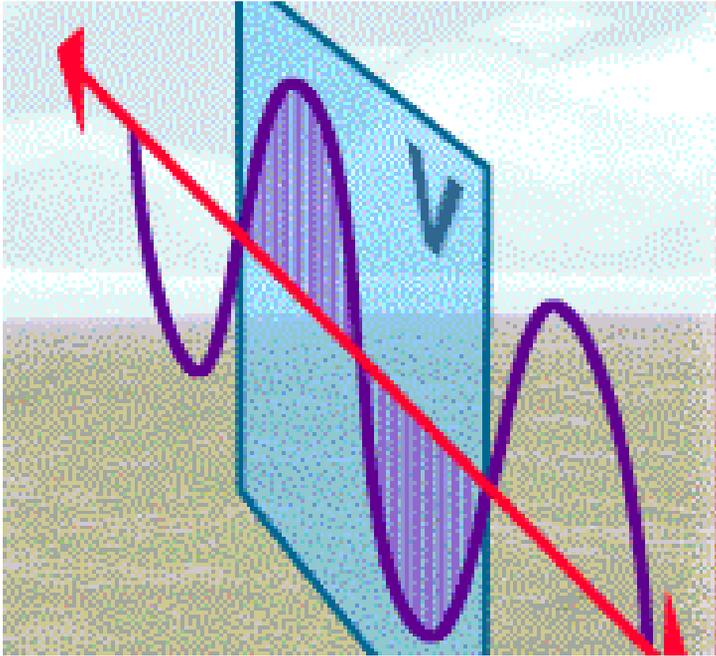
# SAR: polarizzazione

Assuming that the scatterers will act as short vertical dipoles, then incident, **horizontally polarized** microwave energy will not interact with the canopy and will scatter from the surface underneath. Conversely, **vertically polarized** microwave energy will interact strongly with the dipoles.



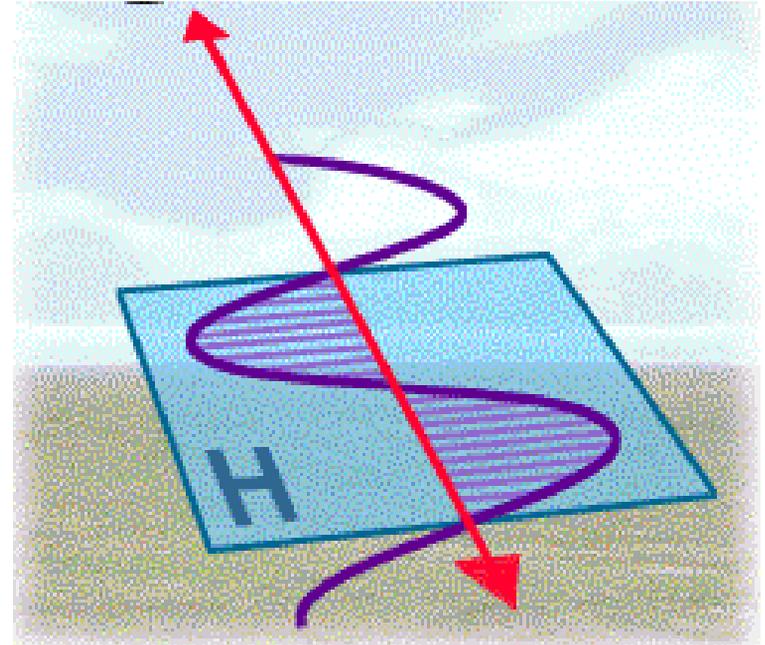
# SAR: polarizzazione

## Vertical Transmit/ Vertical Receive (VV)



For instance, VV is the preferred polarization configuration in studying the small-scale roughness of (capillary) waves on the water surface, VV is better than HH or cross-polarised combinations, which means it is used extensively for surface wind speed extraction.

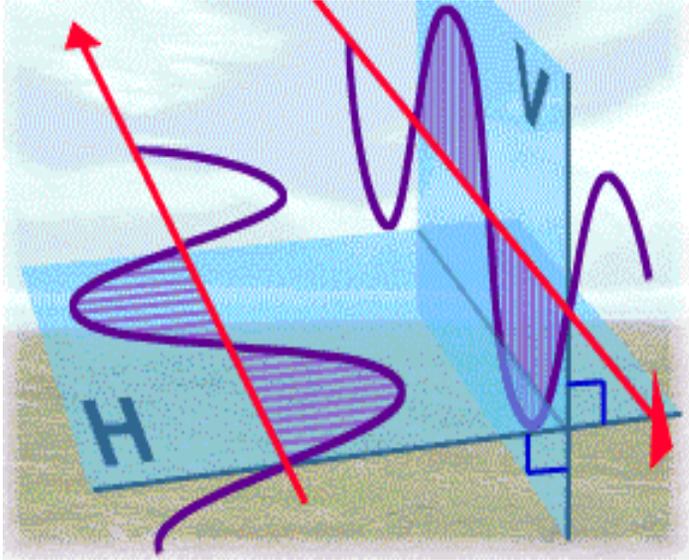
## Horizontal Transmit/ Horizontal Receive (HH)



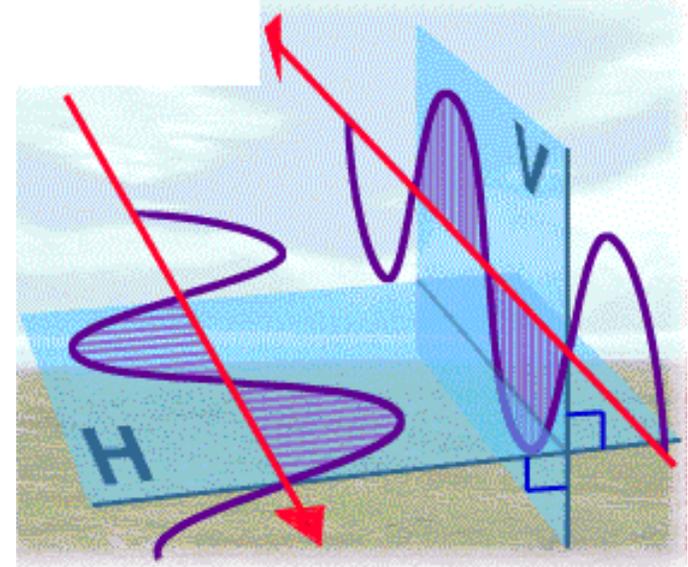
For instance, HH polarisation is the preferred polarisation configuration in the study of soil moisture. HH is very suitable for separating marine ice and water, since it is less sensitive to water roughness than VV polarisation, thus producing an improved contrast between the two target types. For a similar reason, HH is used for ship detection.

# SAR: polarizzazione

**Vertical Transmit/Horizontal Receive  
(VH) - Cross Polarization**



**Horizontal Transmit/Vertical Receive  
(HV) - Cross Polarization**



Since the backscatter from water surfaces is reduced under cross-polarised SAR illumination/detection, using the VH or HV technique is very suitable for detecting targets on the water surface, which accommodate multiple scattering necessary for depolarisation. Such targets are, for example: ship superstructures and various ice deformations (ridging, fractures and rubble). For a similar purpose, the separation of broadleaf from grain crops, for example, benefits from cross-polarised SAR imaging, since depolarization is much stronger with the geometries of broadleaf vegetation where multiple scattering of the radar beam is much more likely. There are also indications that the detection of geological linears benefits from cross polarisation when the look angle is acute.