



Synthetic Aperture Radar: Applicazioni nel Telerilevamento

Fabio Pacifici

f.pacifici@disp.uniroma2.it

**Earth Observation Laboratory
DISP, Tor Vergata University, Rome, Italy**

17 Gennaio 2008



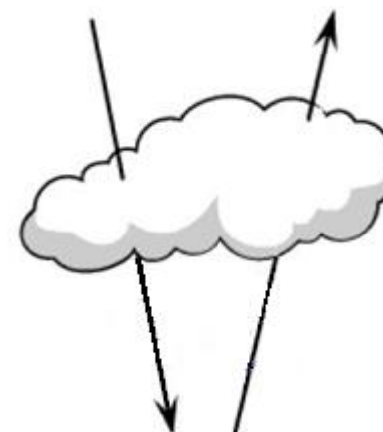
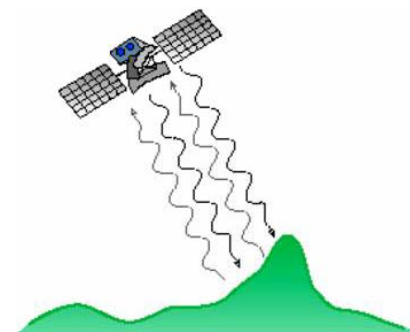
Sistemi di telerilevamento attivi

Nei sistemi di telerilevamento attivi (RADAR), l'antenna trasmette segnali a microonde verso la superficie della Terra dove questi vengono retrodiffusi.

La parte dell'energia elettromagnetica che ritorna nella direzione dell'antenna viene rilevata dal sensore.

Il telerilevamento a microonde usa le onde elettromagnetiche con lunghezza d'onda tra 1 mm e 1 m. Tali λ , relativamente lunghe, hanno il vantaggio notevole di poter penetrare le nuvole e di essere insensibili alle condizioni atmosferiche, come la presenza di nebbia. La capacità di attraversare le idrometeore e di penetrare le superfici aumenta all'aumentare della lunghezza d'onda. Inoltre, i radar hanno la possibilità di acquisire dati in qualsiasi momento del giorno, incluse le ore notturne.

Oss. L'interpretazione delle immagini RADAR è meno intuitiva rispetto all'interpretazione delle immagini ottiche.





Cosa misura il Radar?

Emette impulsi a cadenza regolare e rileva:

AMPIEZZA – FASE



Il risultato è una IMMAGINE.

La luminosità dei pixel dell'immagine radar dipende proporzionalmente dalla quantità di energia riflessa verso l'antenna.

La quantità di energia retrodiffusa è una combinazione di interazioni elettromagnetiche con la superficie osservata, tra cui:

- Rugosità, dimensioni e forma della superficie;
- posizione della superficie rispetto al radar;
- proprietà elettriche e contenuto di umidità del bersaglio.



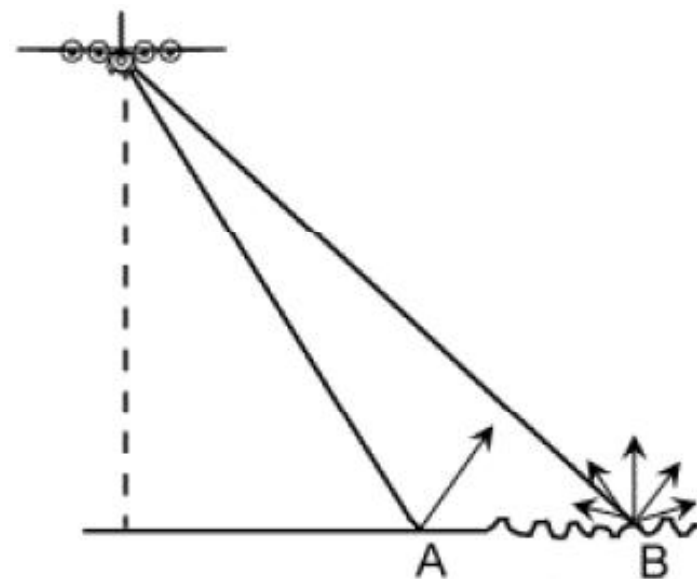
Rugosità della superficie

La rugosità della superficie è un fattore dominante nel determinare la luminosità di un pixel dell'immagine radar.

Oss. La rugosità di una superficie non è una caratteristica assoluta, ma è relativa alla lunghezza d'onda di lavoro ed all'angolo di incidenza.

Una superficie è considerata *liscia* se le variazioni di altezza sono inferiori alla lunghezza d'onda del radar. Una superficie liscia (es. strada o acqua) causa *riflessione speculare* (A). Per cui, tali aree appaiono con tonalità scure nell'immagine.

Una superficie rugosa (es. terreno nudo) scattera parte dell'energia nella direzione del radar (B). Per cui, tali aree appaiono con tonalità più chiare rispetto ad una superficie liscia.





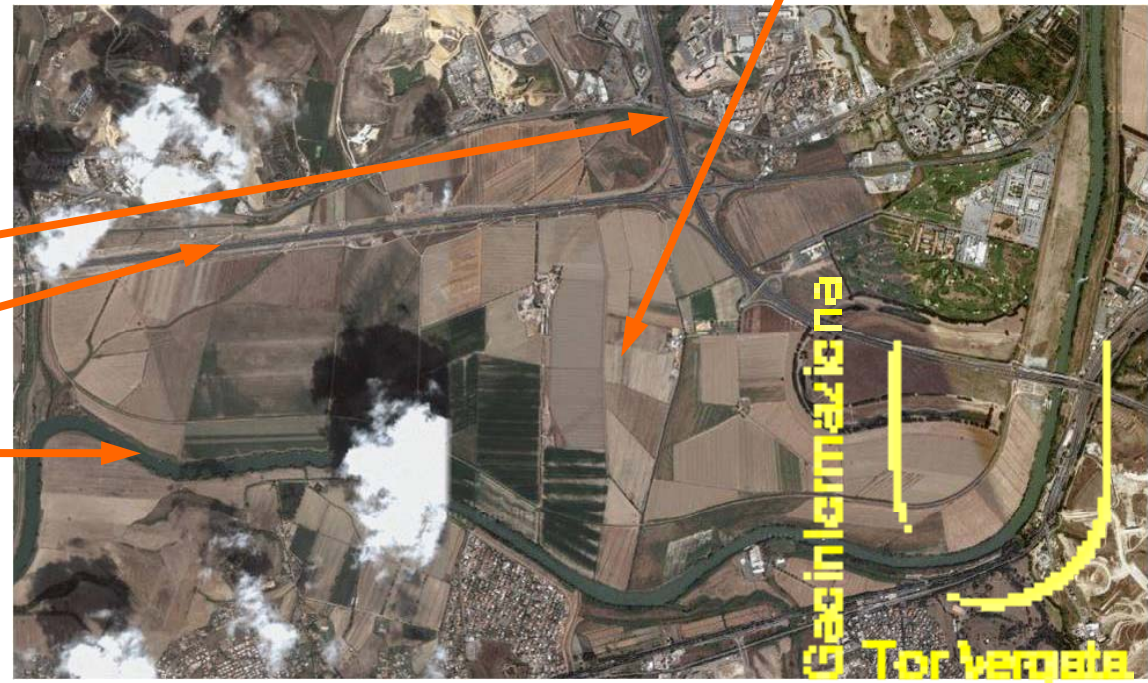
Rugosità della superficie



Zona agricola

Presenza di aree piu' o meno scure

GRA
Roma-FCO
Tevere



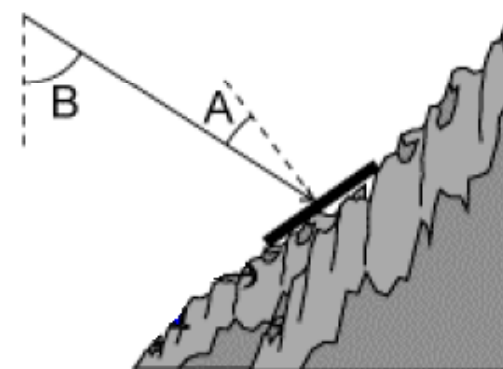
OSS. Assenza di nubi nell'immagine SAR



Posizione della superficie rispetto al radar

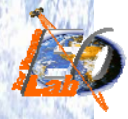
L'inclinazione della superficie osservata (es. montagne e colline) ha effetto sulla quantità di energia ricevuta dal radar dal singolo pixel.

L'angolo locale di incidenza è definito come l'angolo tra la direzione di propagazione dell'onda elettromagnetica e la perpendicolare alla pendenza della superficie osservata (A).



Più l'orientazione di una superficie è vicina alla perpendicolare alla direzione di propagazione, maggiore è la potenza che la superficie rinvia verso il sensore. Perciò, le superfici che *guardano* il sensore appaiono più chiare delle altre.

Oss: nelle condizioni di terreno piatto, l'angolo locale di incidenza corrisponde all'angolo di vista del radar (B).



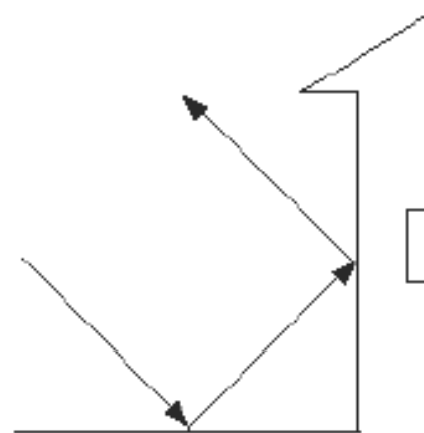
Posizione della superficie rispetto al radar



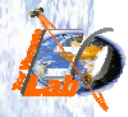


Riflessione doppia

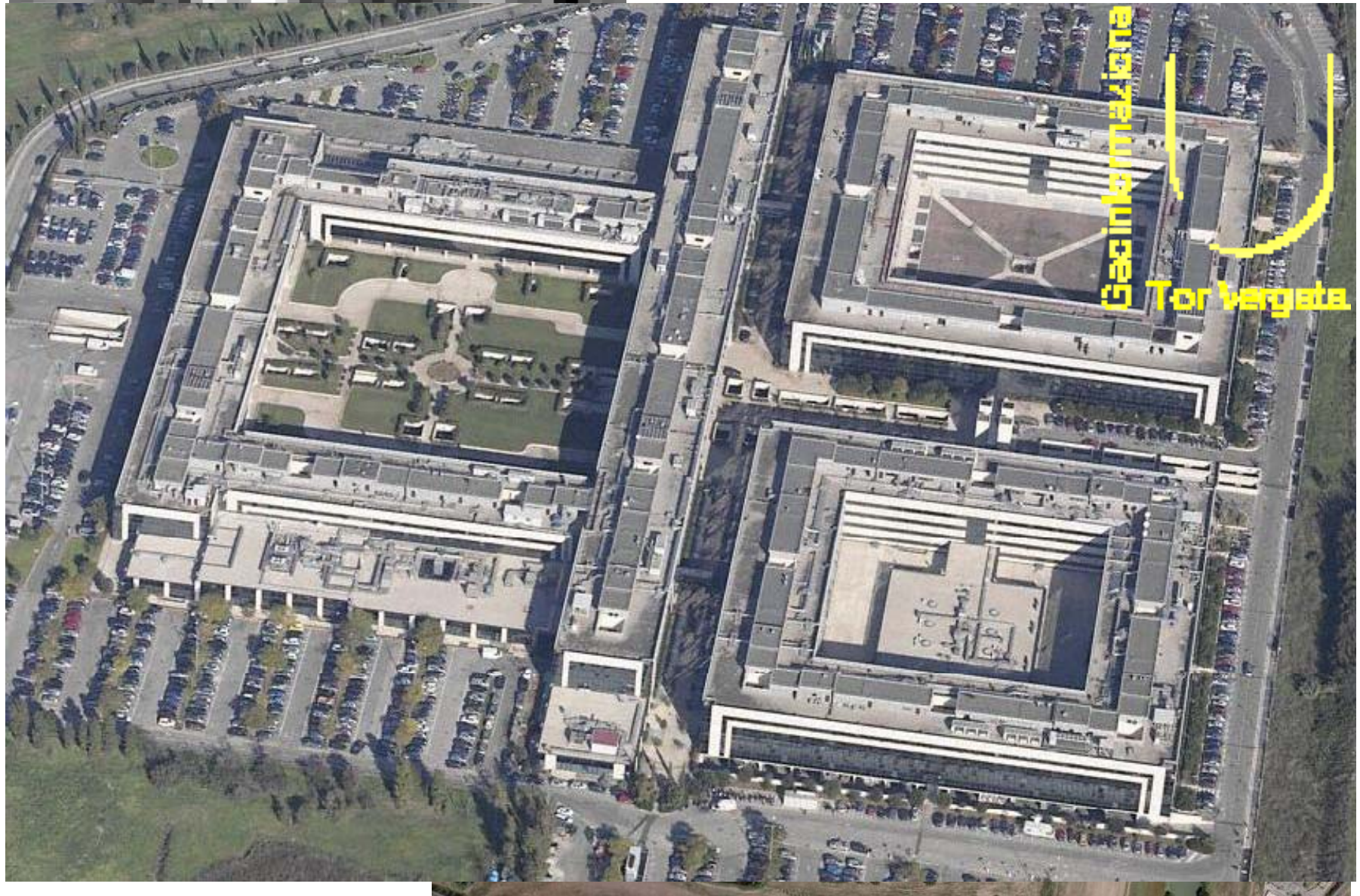
Si ha riflessione doppia quando un'onda già riflessa da una superficie orizzontale viene intercettata da una parete verticale (e viceversa) e riflessa di nuovo verso il sensore. In questo caso, l'effetto è un'onda di ritorno particolarmente forte (rapporto tra area della superficie e lunghezza d'onda).



Oss. La riflessione doppia è tipica degli ambienti urbani che risultano rappresentati da pixels con tonalità molto chiare che causando la comparsa di tessiture nell'immagine.



Riflessione doppia





Distorsione Geometrica

Similmente a quanto accade per i sensori ottici (ad esempio Landsat o QuickBird), le immagini radar sono soggette a distorsioni dovute al rilievo.



Nel caso del radar, queste distorsioni possono essere notevoli.

Tre effetti sono tipici del radar:

- distorsione prospettica (**foreshortening**);
- scavalcamento (**layover**);
- ombra (**shadowing**).



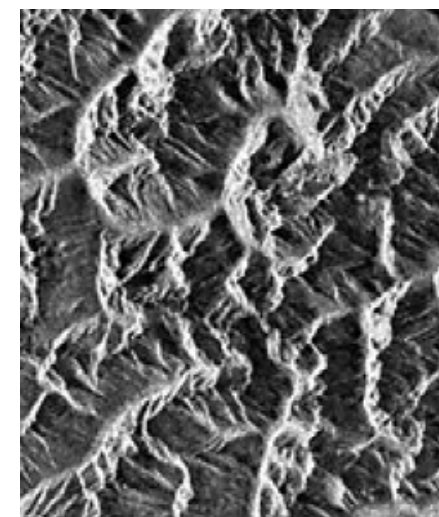
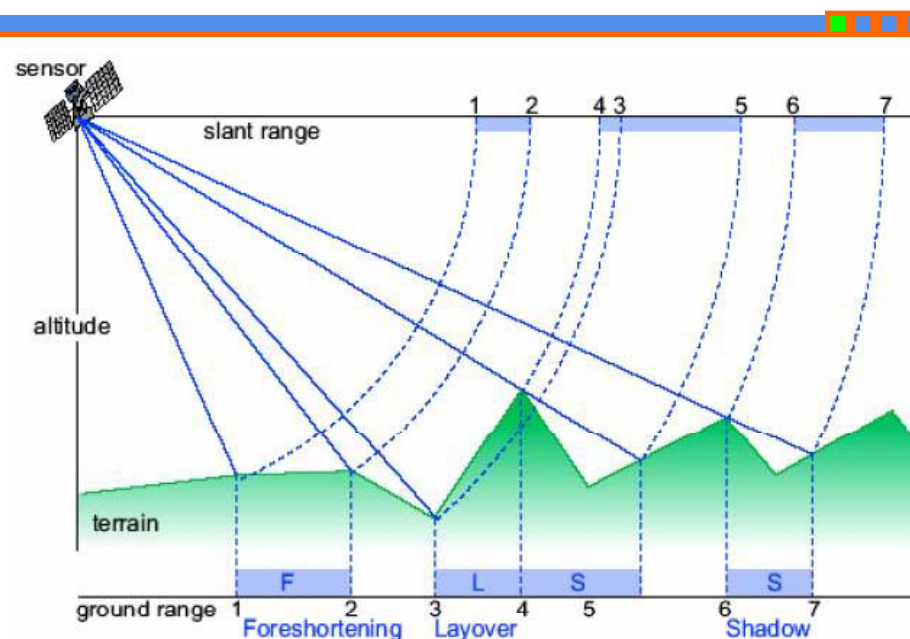
Distorsione Geometrica - foreshortening

Il radar misura le distanze in slant range, di conseguenza le aree in pendenza vengono compresse.

A seconda dell'angolo che la pendenza forma in relazione con l'angolo del fascio radar la pendenza sarà *accorciata* in modo più o meno accentuato.

Le aree *accorciate* risultano molto luminose nelle immagini radar perché vi si sovrappongono più ritorni rispetto a quelli che si avrebbero in una zona piatta.

Oss. In pratica questo effetto è tale per cui un rilievo risulta compresso nel versante che guarda il radar e allungato nella direzione opposta.



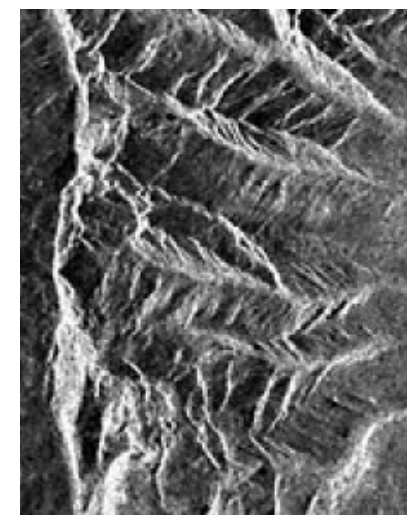
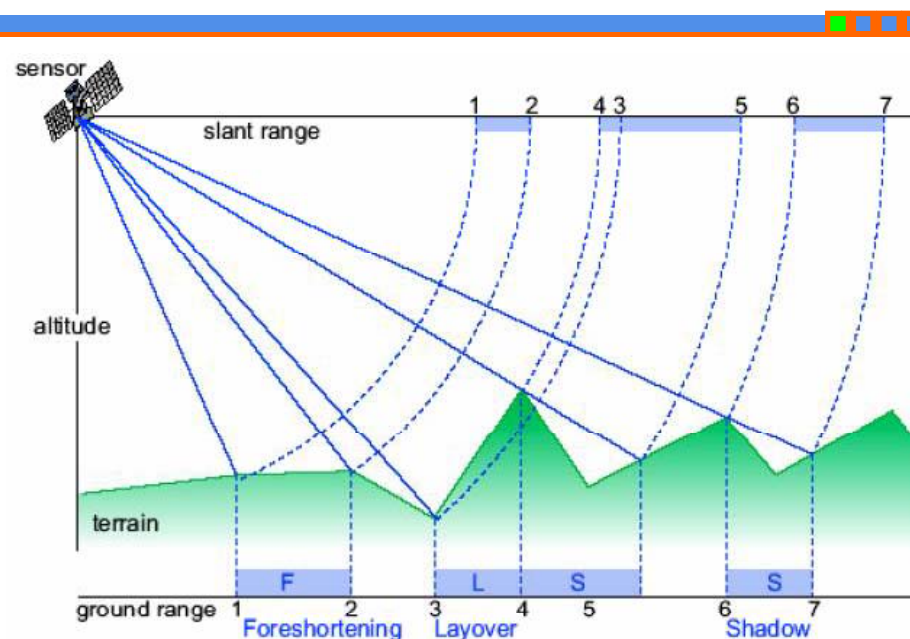


Distorsione Geometrica - layover

Se il fascio del radar raggiunge la cima della pendenza prima della sua base, la pendenza viene mostrata nell'immagine con la parte superiore più vicina rispetto a quella inferiore.

Come risultato, nell'immagine la cima della montagna sembra essersi mossa nella direzione del radar al punto da avere *scavalcato* la sua stessa base.

Lo scavalcamento è un caso estremo di distorsione prospettica, per cui anche in questo caso le zone affette da scavalcamento appaiono molto luminose.



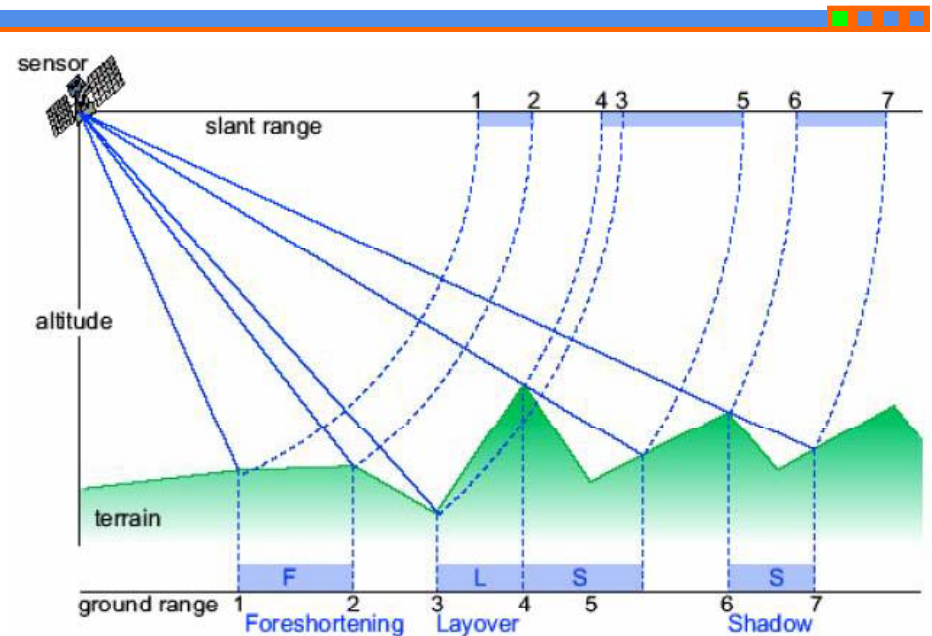


Distorsione Geometrica - shadowing

Quando l'angolo d'incidenza è troppo grande, il fascio radar non riesce ad illuminare i versanti delle montagne che guardano in direzione opposta al sensore.

Quindi, non c'è energia che possa essere retrodiffusa verso il sensore e queste regioni risultano molto scure nell'immagine.

Oss. Le ombre radar vanno ben distinte dalle aree d'ombra delle immagini ottiche dove i valori radiometrici sono alterati a causa della ridotta illuminazione del Sole.





ERS 1

Satellite ESA in banda C (5,66 cm), lanciato nel 1991.

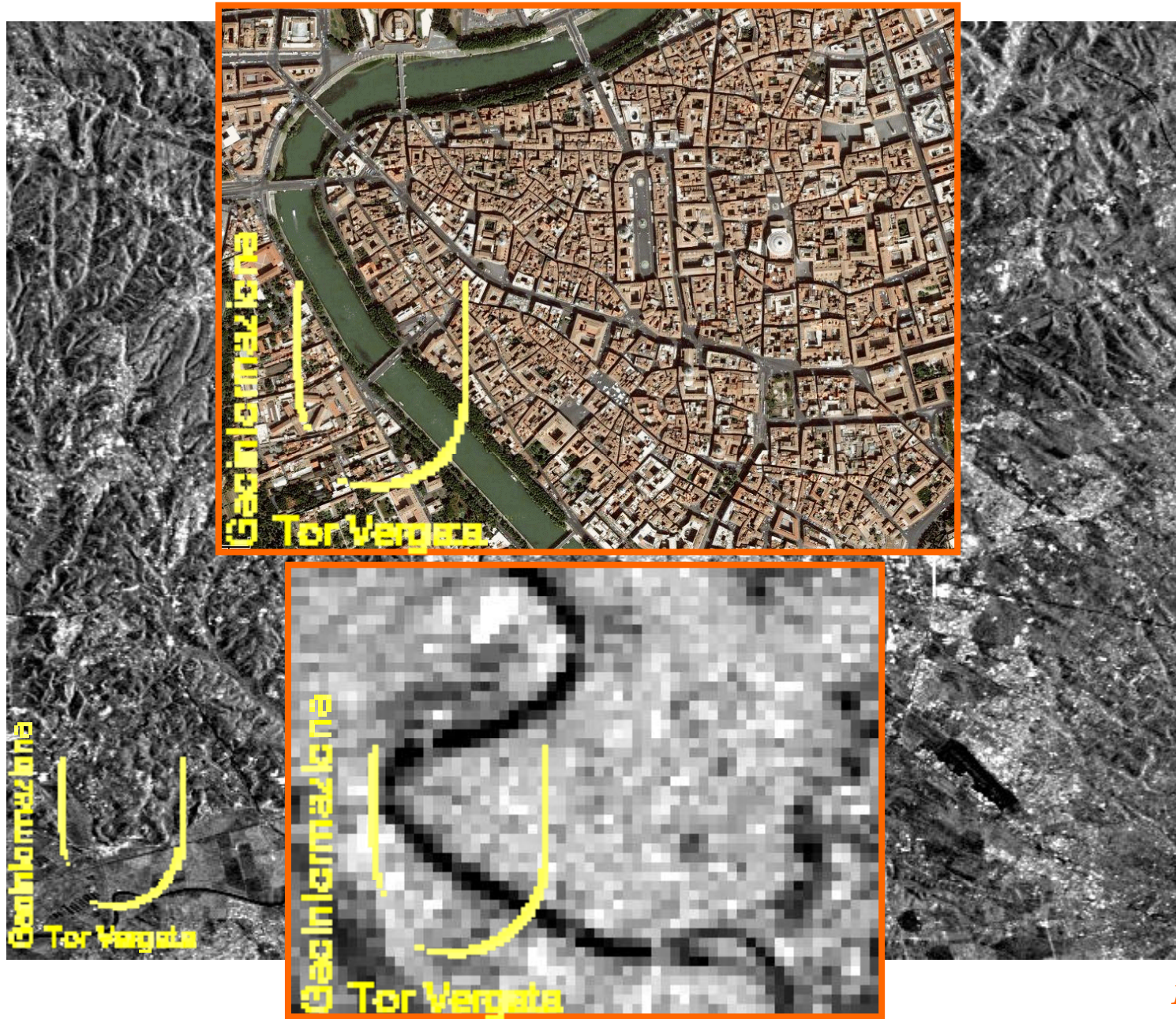
Portava un radar altimetro, un radiometro ad infrarossi, una sonda a microonde, uno strumento in banda C (5,66 cm), in grado di funzionare come diffusimetro o come misuratore di vento, o infine come SAR.

Strisciata di 100 km, angoli d'incidenza tra 20° e 26° con risoluzione di circa 30 metri, polarizzazione VV.



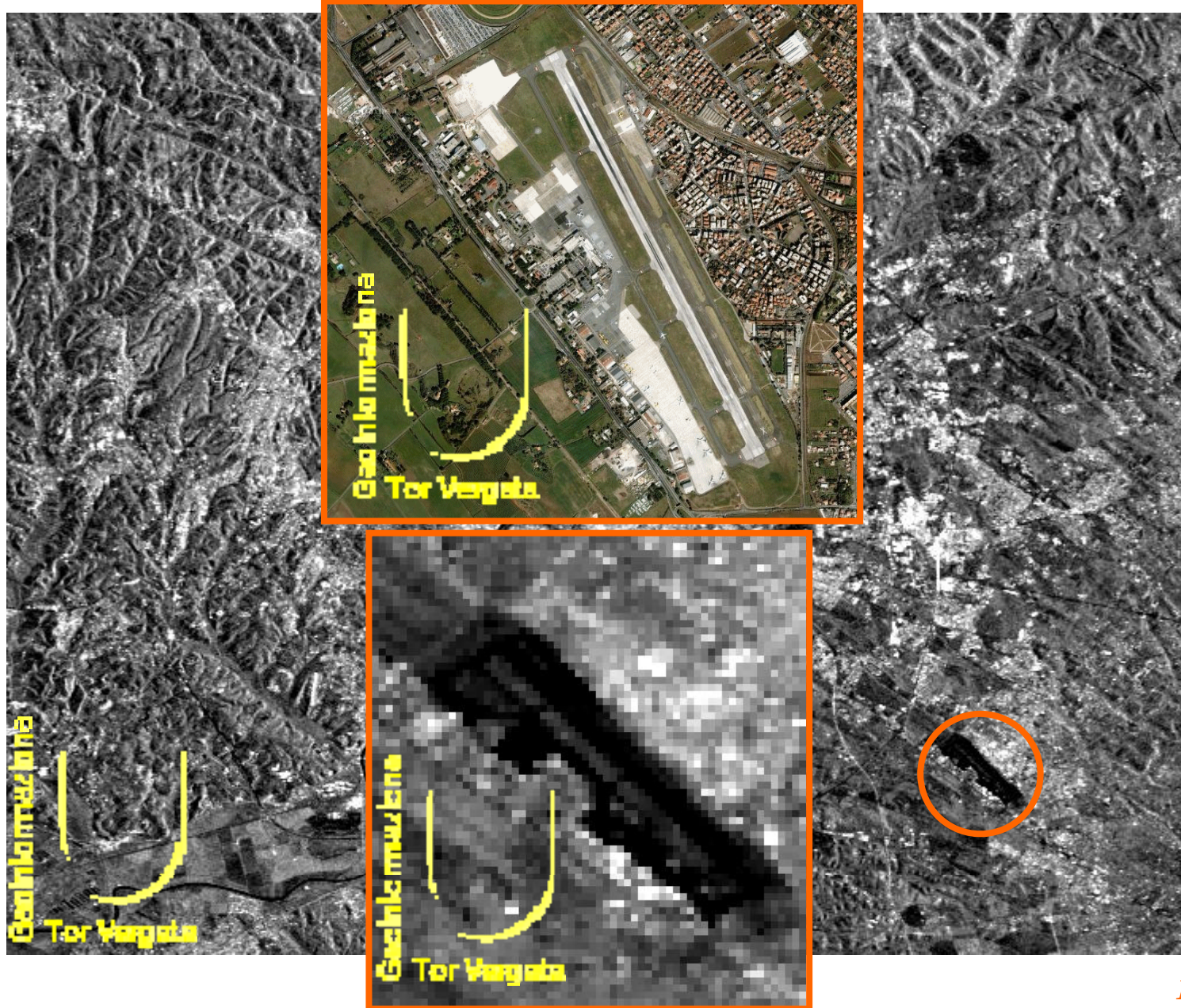


Esempio di Roma



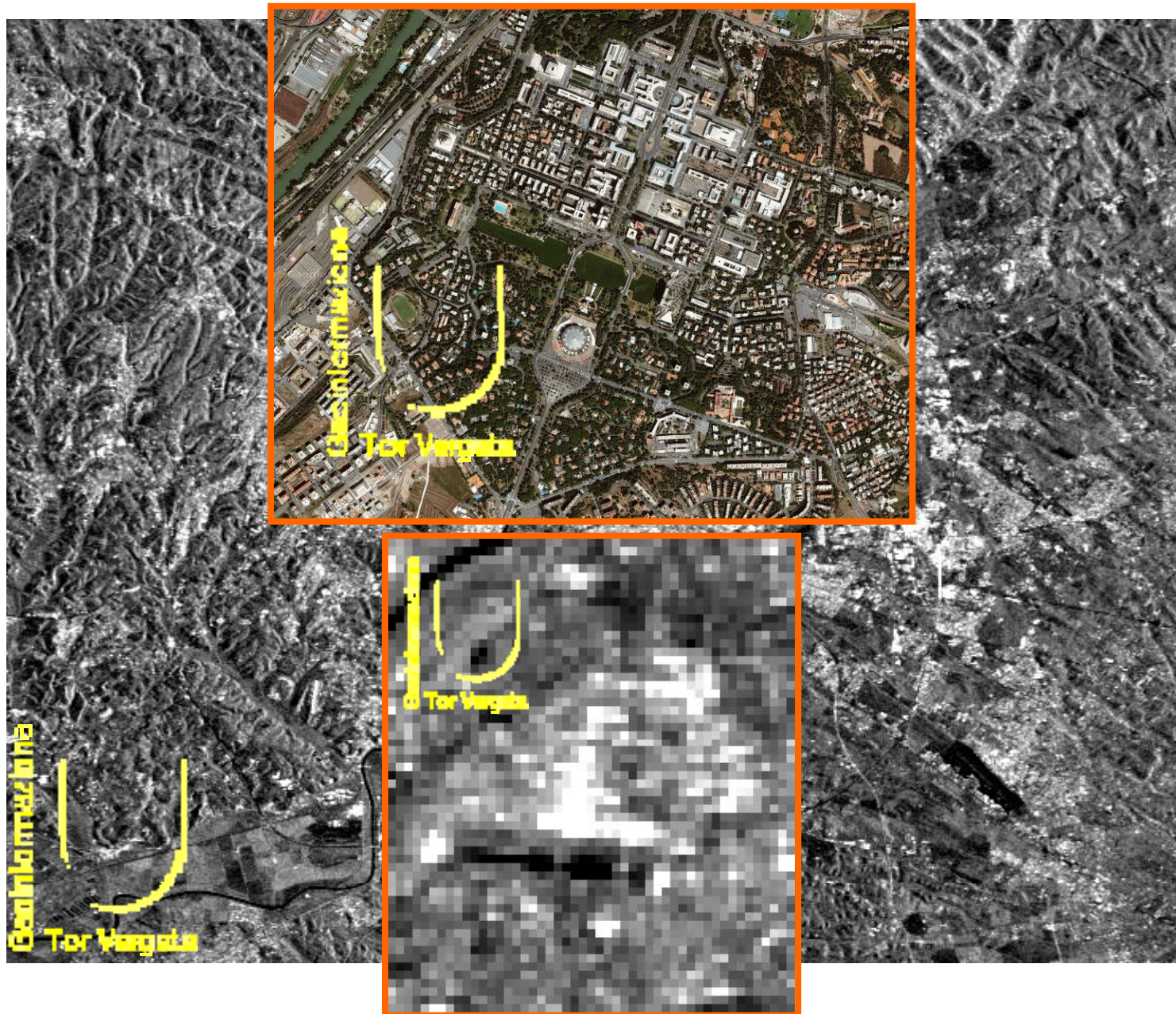


Esempio di Roma



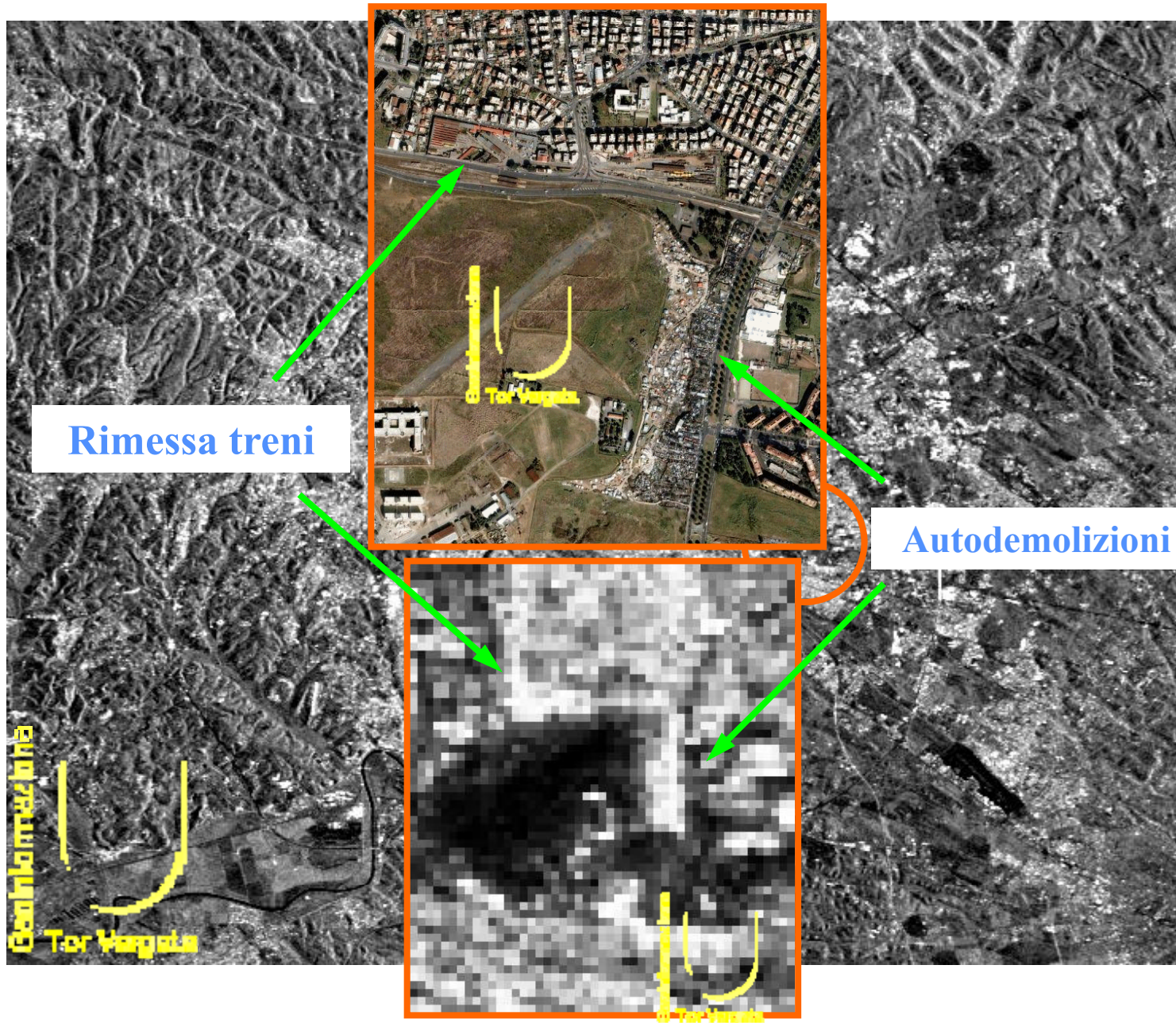


Esempio di Roma



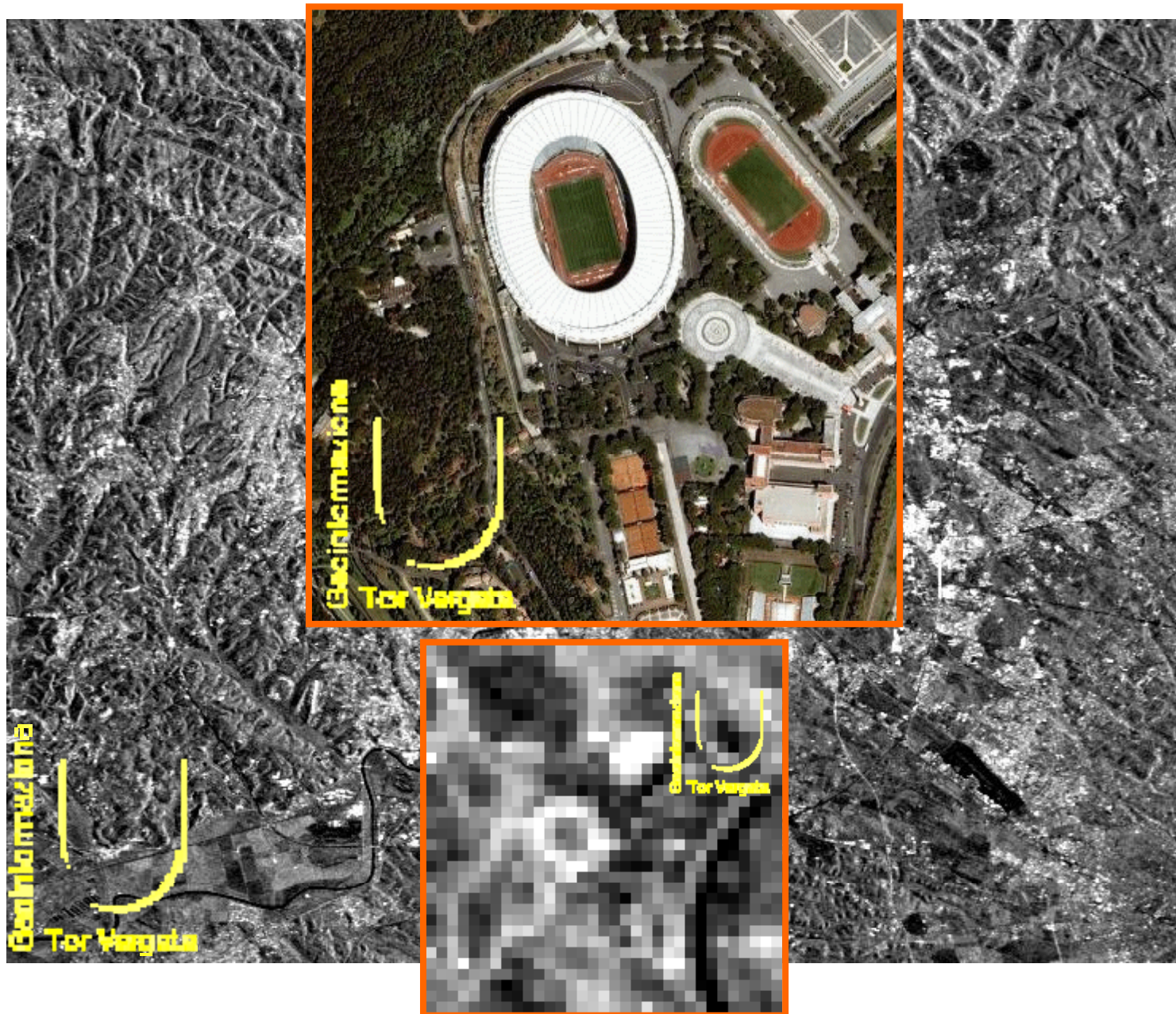


Esempio di Roma



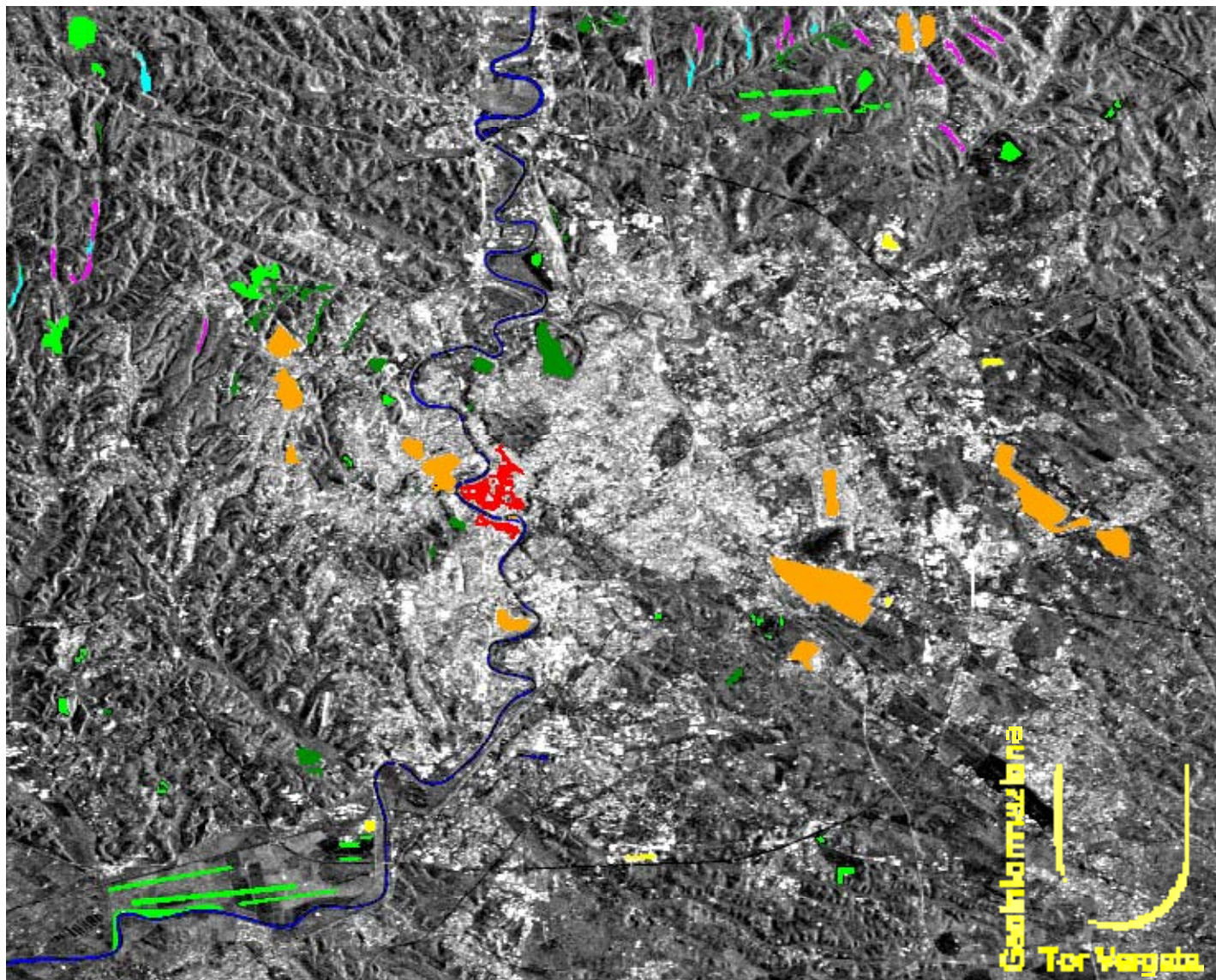


Esempio di Roma





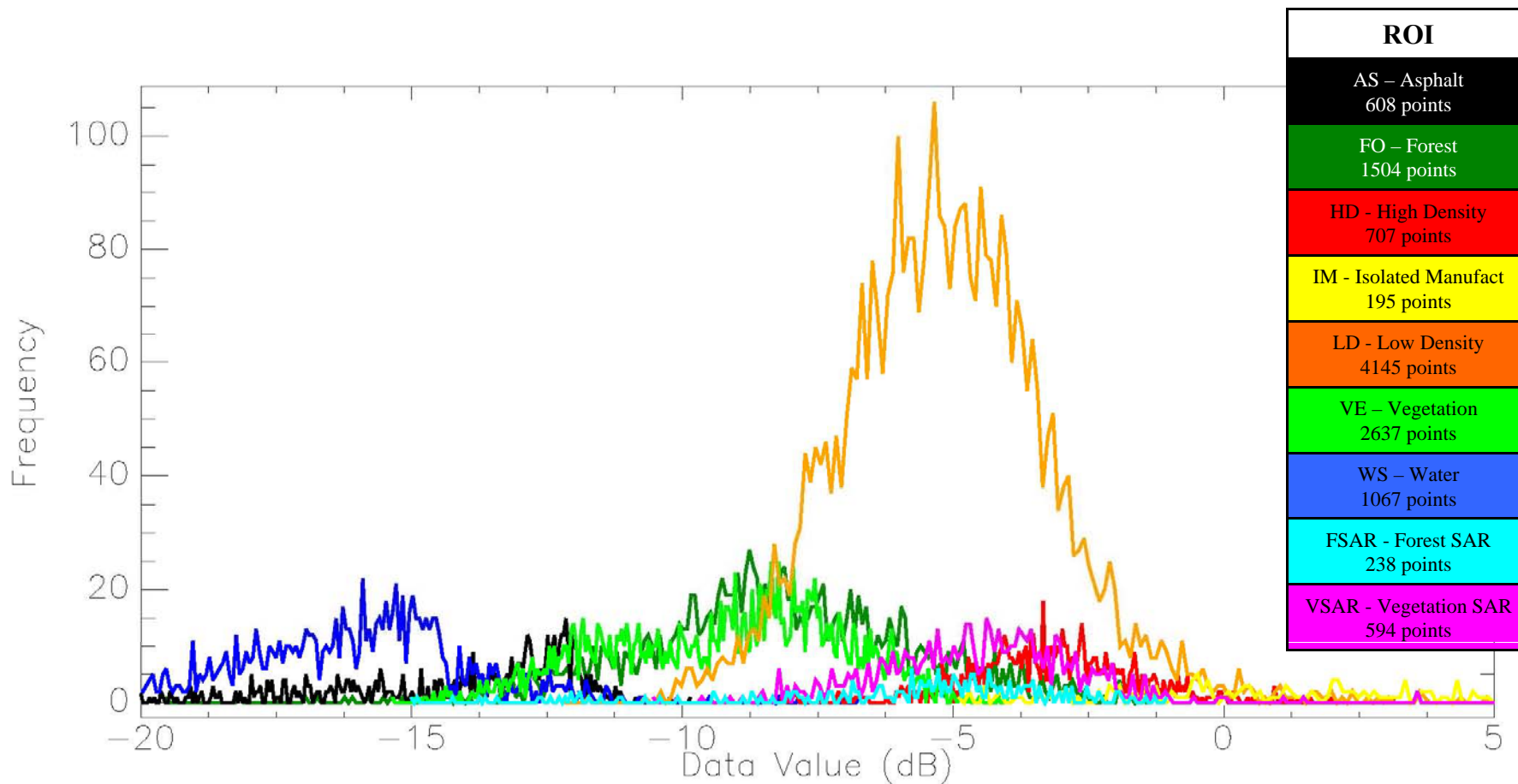
Roma – Analisi delle Region Of Interest



ROI
AS – Asphalt 608 points
FO – Forest 1504 points
HD - High Density 707 points
IM - Isolated Manufact 195 points
LD - Low Density 4145 points
VE – Vegetation 2637 points
WS – Water 1067 points
FSAR - Forest SAR 238 points
VSAR - Vegetation SAR 594 points



Roma – Analisi delle Region Of Interest



	AS	FO	HD	IM	LD	VE	WS	FSAR	VSAR
Mean	-14.056	-8.178	-3.153	3.118	-5.079	-8.909	-16.184	-5.716	-4.468