

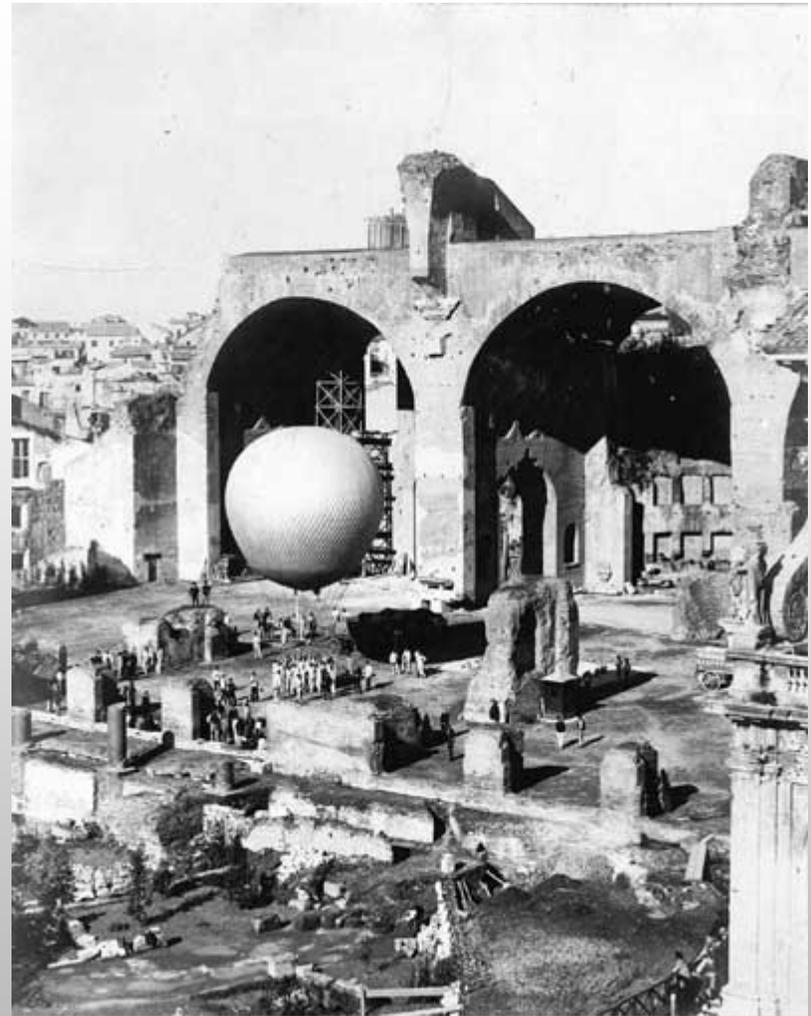
Tecnologie per i Beni Culturali
Corso di Cartografia tematica
Dott. Maria Chiara Turrini

Fotografie aeree

Per foto aeree si intendono tutte quelle foto scattate da aeromobili.

Da metà '800 fino ai primi decenni del 1900 le foto erano prese da aerostati come mongolfiere o palloni frenati, cioè vincolati al suolo con un cavo.

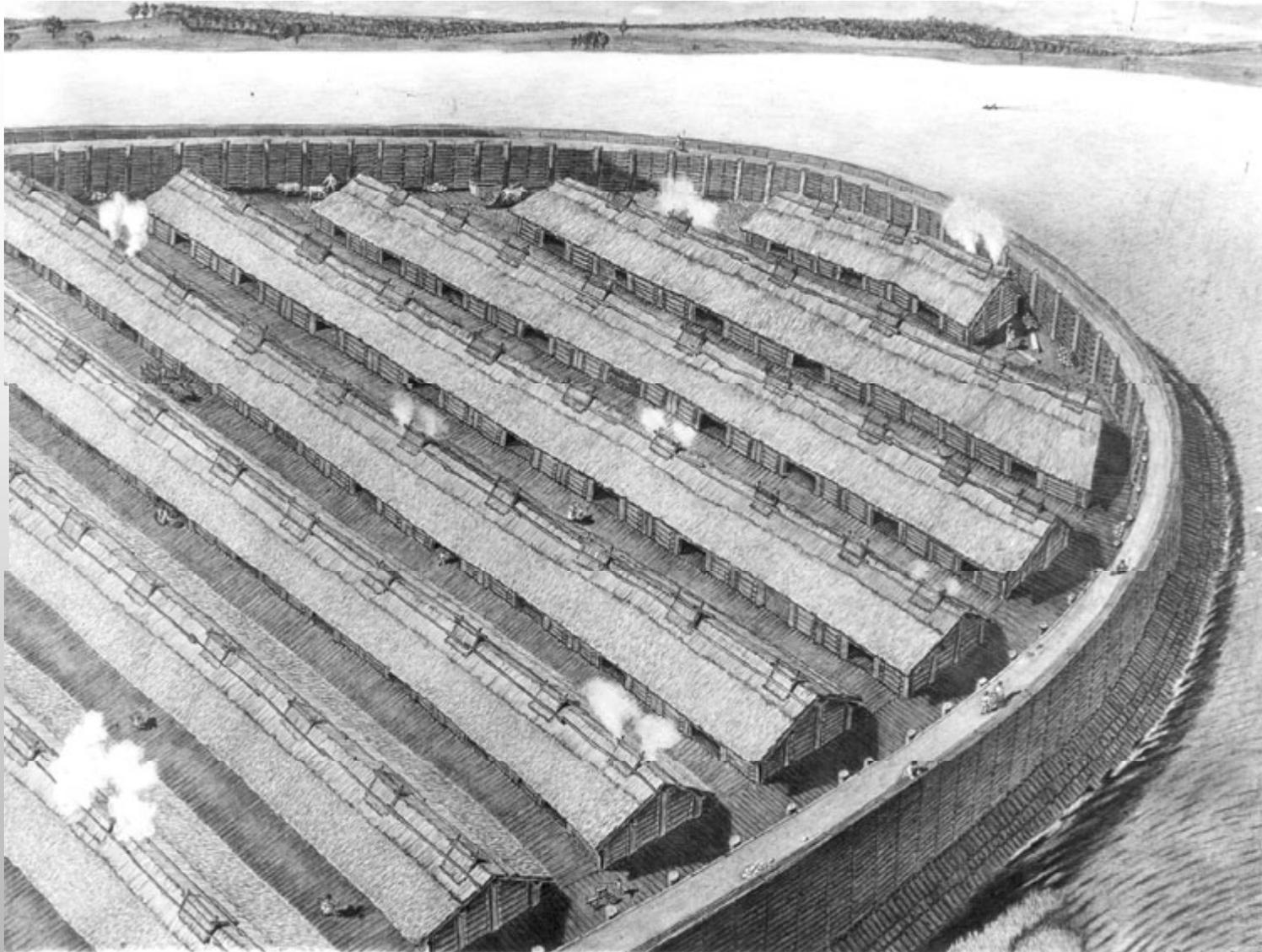
Dopo tale periodo le camere fotografiche cominciarono a essere montate su aeroplani che via via presero l'avvento sugli aerostati.



Ripresa aerea del Foro Romano e Palatino nel 1900.

*Il pallone aerostatico, manovrato da militari della Marina
nella basilica di Massenzio*

Biskupin (Polland) Biskupin, in Gąsawa commune to the east of Poznan, is a wooden fortified settlement of the Lusatian Culture of the Hallstatt period (c. 700 BC), discovered by chance in 1934. It was situated on a swampy island, which the builders had strengthened with a breakwater of several rows of wooden piles. It was surrounded by a frame-built timber wall 3m thick, and the interior was regularly built-up with parallel rows of similar-sized buildings.



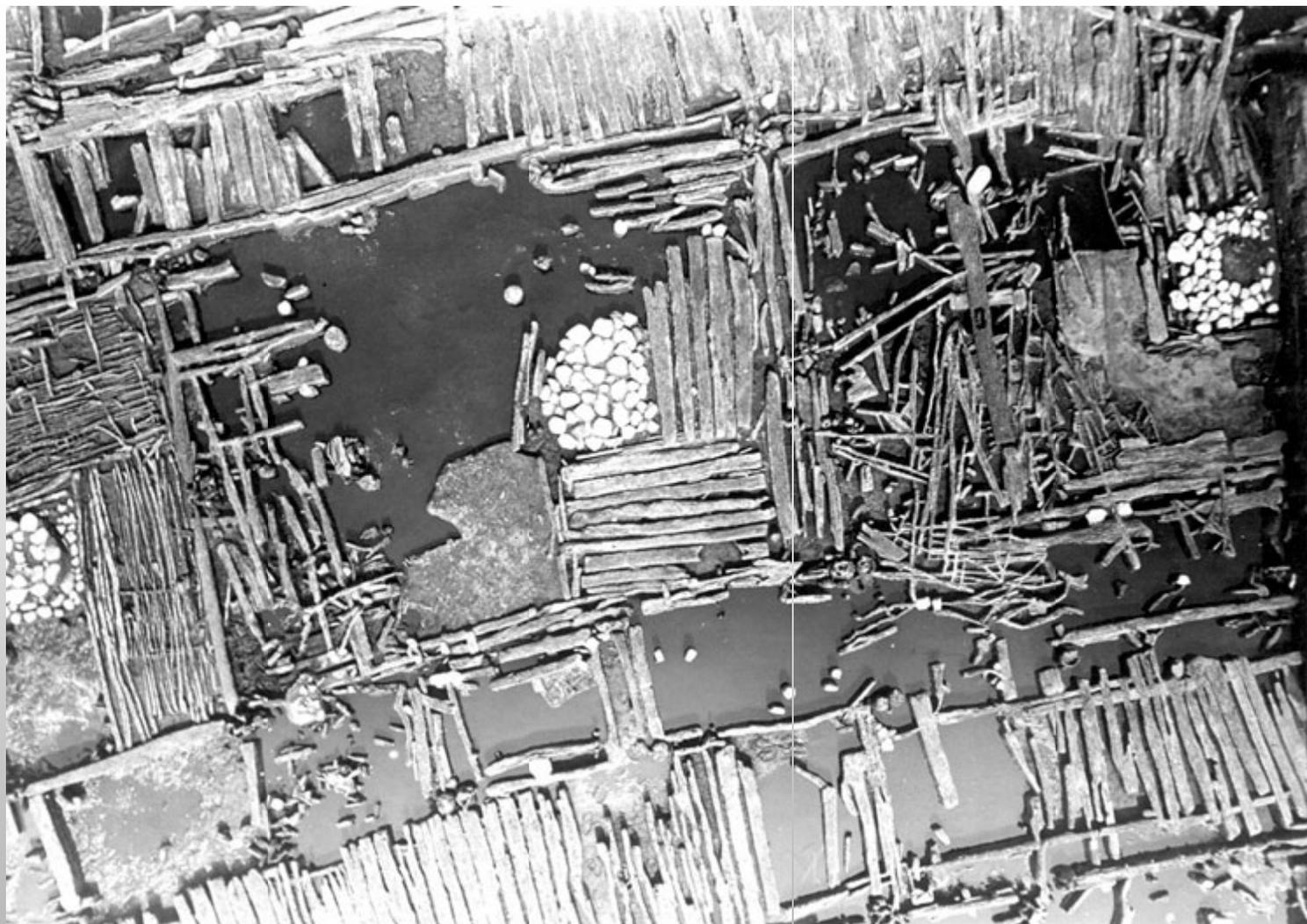
Reconstruction of the stronghold



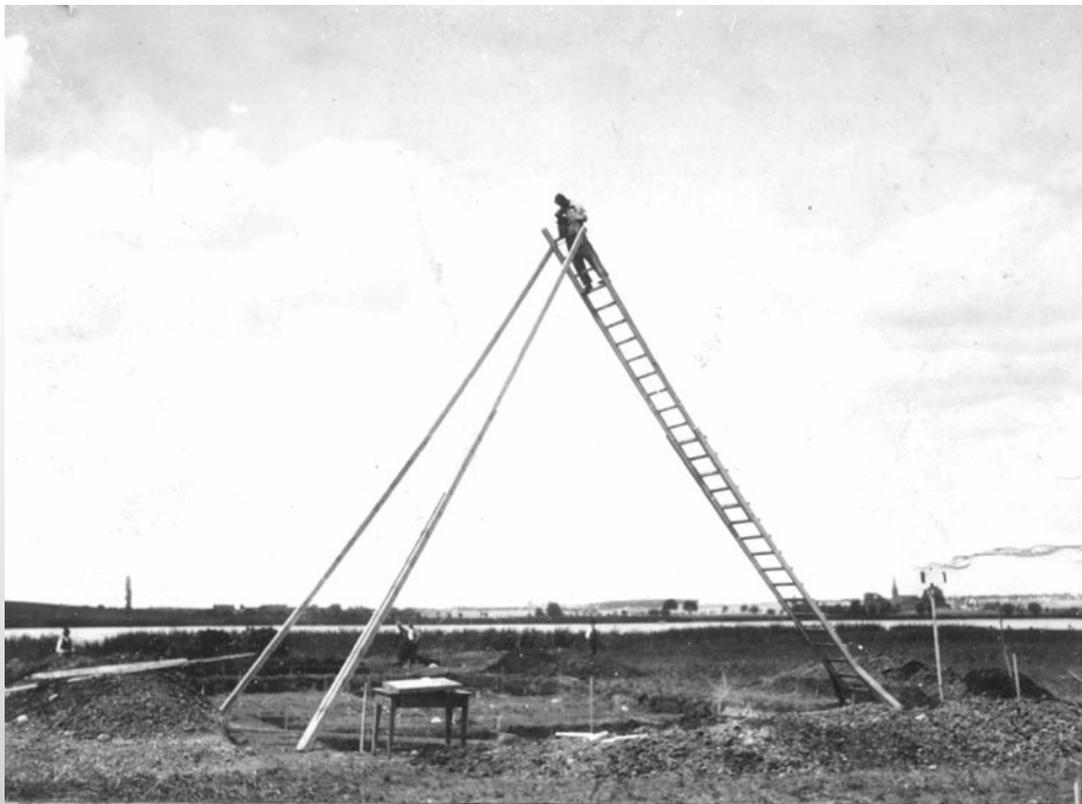
Breakwater - balloon photo taken in 1935



Huts and circuit street alongside the NE defences



Row of huts between two transversal streets



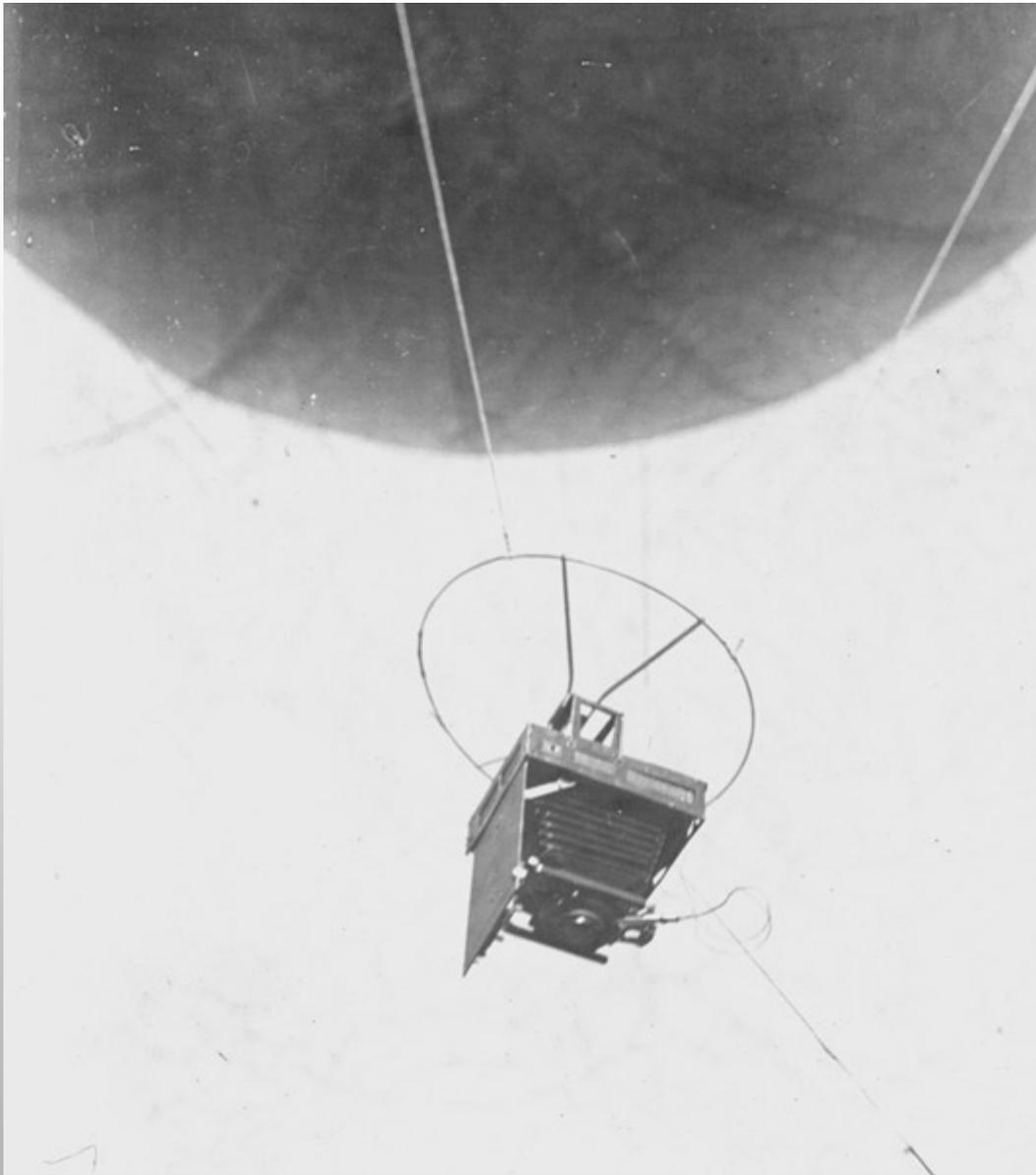
Taking photos from the ladder

The aerial photographs taken at Biskupin primarily constituted documentation of the discovered constructions. The extensive size of the explored area forced the use of this method, since photographs taken from ground level were inadequate (because they were too oblique), while those from a ladder could cover an area only 40 metres square.



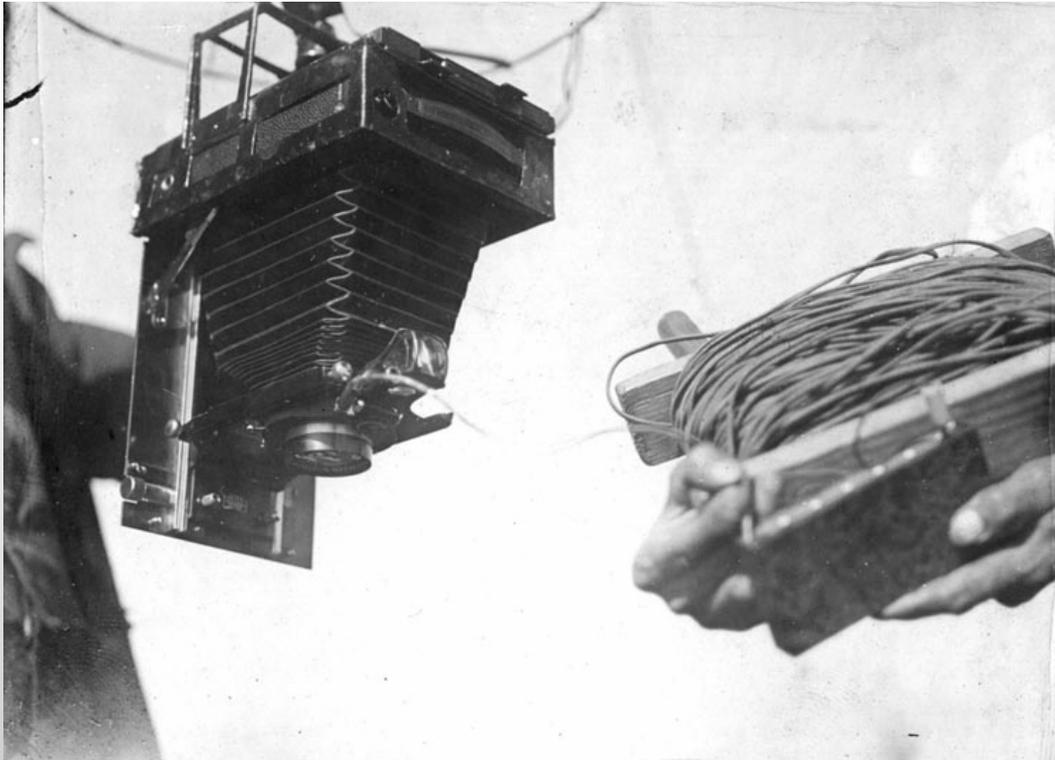
Balloon above the excavation area

In 1935 two assistants of Kostrzewski - Zdzisław Rajewski and Wojciech Kóčka, designed a small spherical balloon of a diameter of 3m and filled with 23m³ of hydrogen which gave a lift of 3.5kg. The design of this balloon was based on that of one used in 1929 to take vertical photographs of buildings at Megiddo in Palestine.



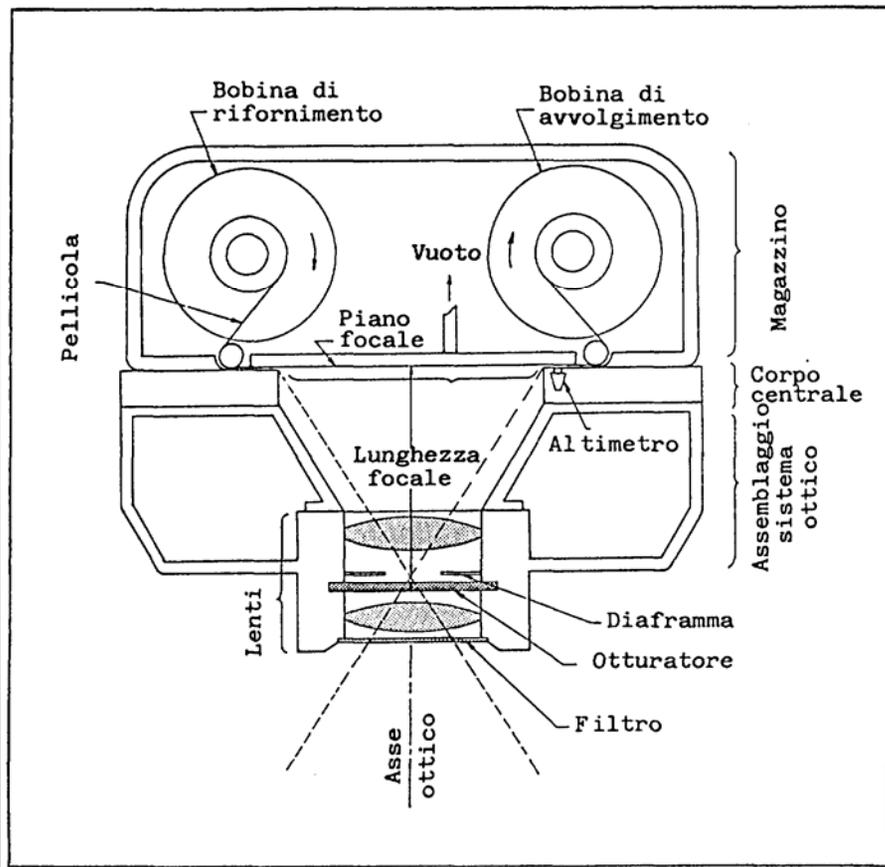
The Biskupin balloon was tethered and was used to take vertical views of the site from heights 5 - 150 m (it was not possible to achieve greater heights because of the weight of the steel tether used). The line was fixed to two hand-operated windlasses.

Balloon with a camera



Balloon camera

The shutter of the camera suspended below the balloon was released with an electric mechanism connected by a wire with a battery on the ground. After each exposure the balloon had to be brought back to earth to change the plate, the photos were taken on 9x12 and 13x18 cm glass plates

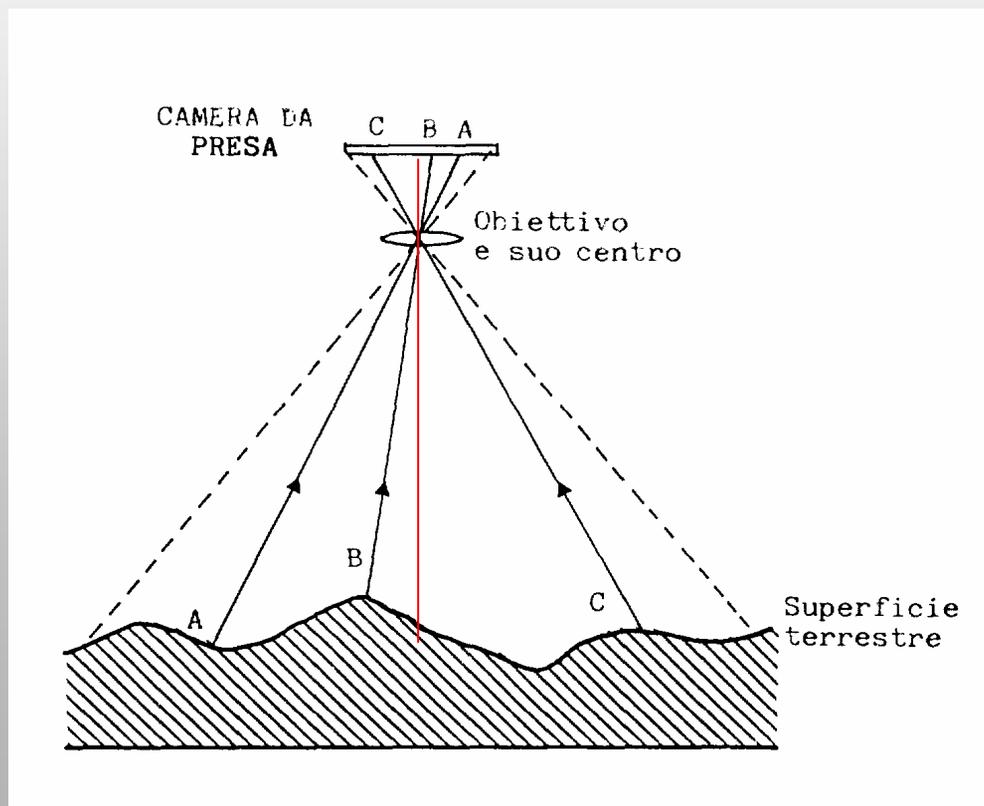


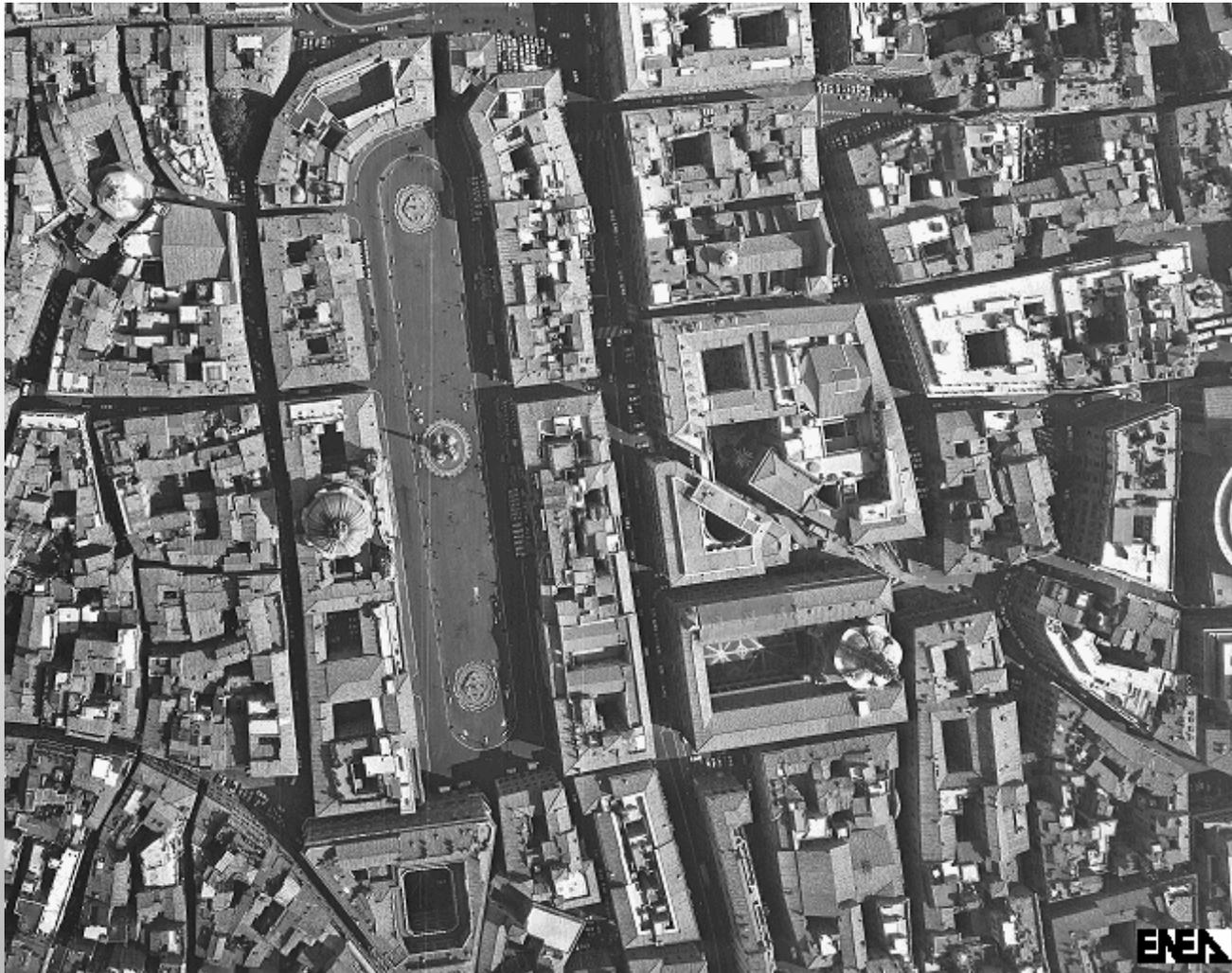
Sezione schematica e principali componenti di una camera fotogrammetrica per riprese fotografiche aeree

Le foto aeree vengono scattate da speciali camere posizionate nella carlinga degli aerei.

La foto aerea è il prodotto di una macchina fotografica simile alle normali macchine fotografiche, dalle quali differisce solo per il **fuoco fisso all'infinito**, le **speciali sospensioni** atte ad eliminare le vibrazioni dell'aereo e per il **grande formato del negativo**. Tale camera può riprendere fotografie da grandi altezze, in genere non inferiori ai 1000 m. I caratteri distintivi di queste camere sono: distanza focale, il formato del negativo e l'angolo di apertura dell'obiettivo.

Dal punto di vista geometrico la foto aerea è una proiezione centrale in quanto i raggi ottici che impressionano la pellicola passano tutti per il centro dell'obiettivo. Di conseguenza riproiettando l'immagine su un piano (la pellicola) ne risulta una rappresentazione della superficie deformata.

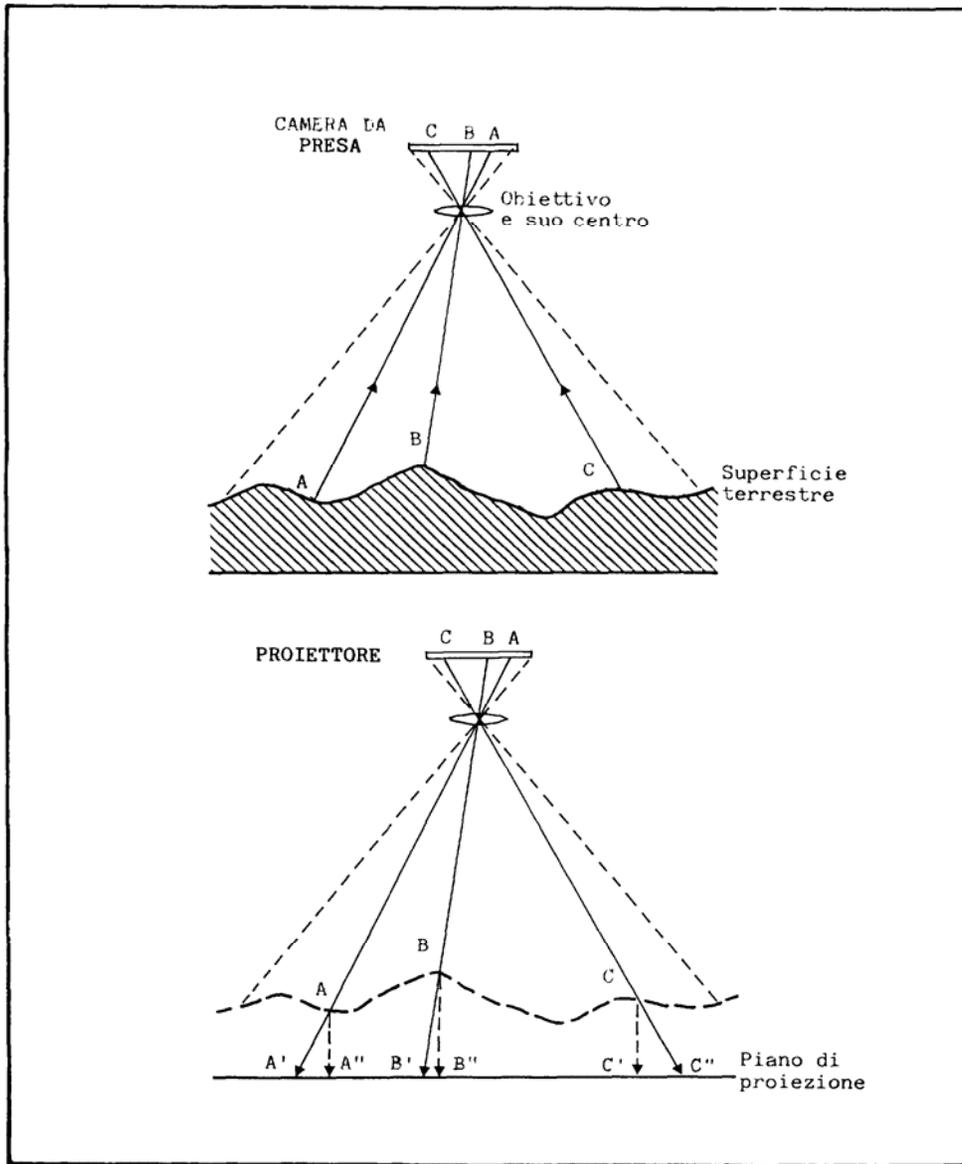




Anche nelle
foto
planimetriche
perfette si nota
la comparsa di
alcune tra le
pareti esterne
degli edifici
elevati, sia
pure molto
deformate per
effetto di
prospettiva

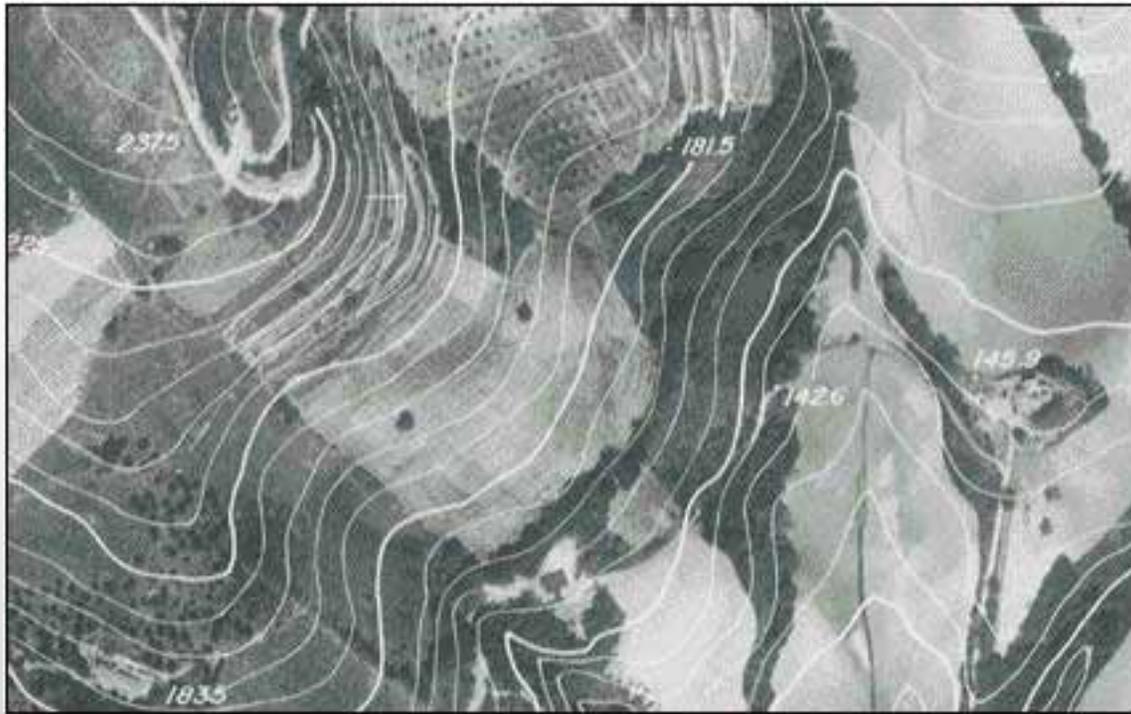
*Soprattutto nella zona a destra di Piazza Navona
sono visibili i prospetti degli edifici*

Le **ortofotocarte** sono carte derivate da fotografie aeree in cui sono state eliminate le deformazioni, ottenendo una proiezione ortogonale





Photograph of the T-64 orthophotoscope, designed and built in 1964 by Russell Bean at USGS Headquarters in Virginia



Una **ortofotocarta** è una proiezione della immagine aereofotografica su un piano di riferimento.

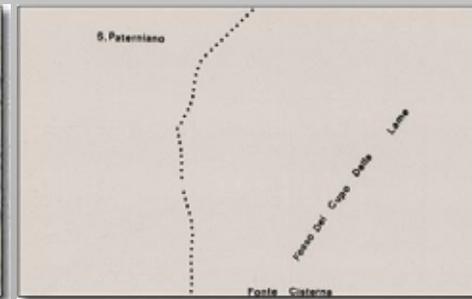
È un elaborato fotografico rettificato di una notevole precisione metrica a **scala costante**.

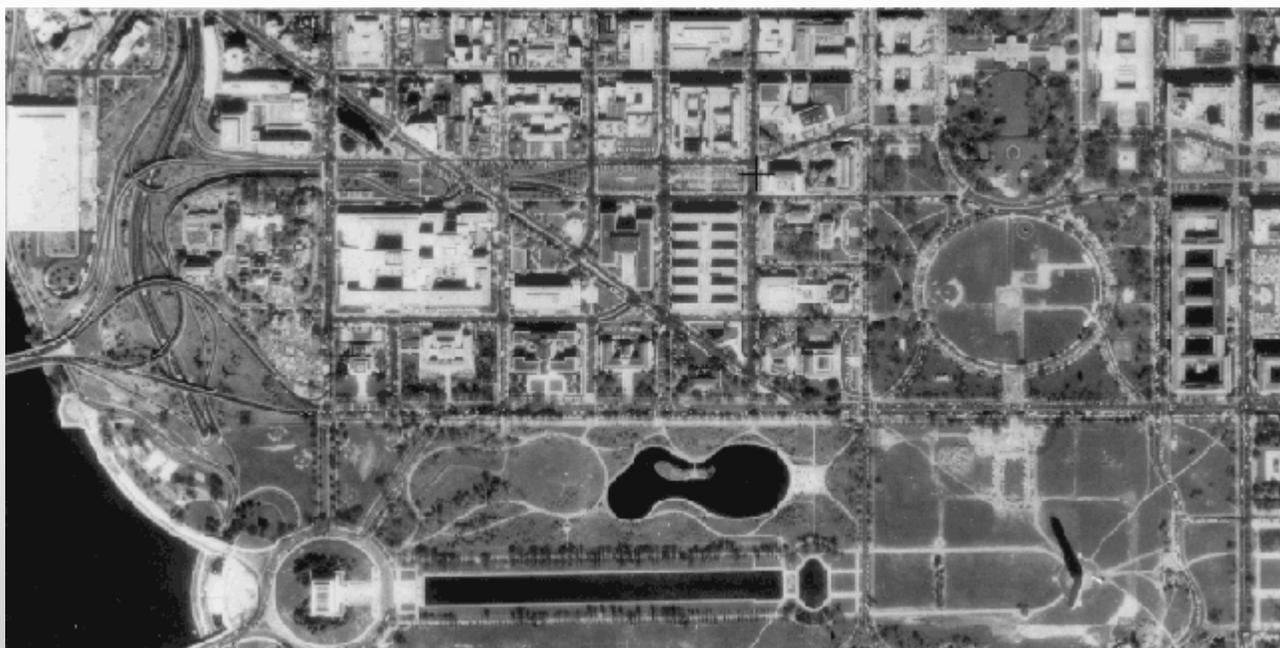
Su di essa sarà pertanto possibile sovrapporre altre cartografie, come ad esempio la C.T.R. o le tavolette I.G.M.I., ottenute con lo stesso principio



Ortofotopiano

Costituisce un elemento essenziale dell'ortofotocarta regionale insieme alle "curve di livello", ai "punti quotati", ai "limiti amministrativi" ed ai "toponimi". E' comunemente denominato "base muta" e permette, all'occorrenza, non essendo presenti segni relativi ai tematismi soprarichiamati, una chiara lettura del territorio.





An image from a part of a digital orthophoto quadrangle of Washington, DC



Vista aereo del
Colosseo

Scala 1:5000 circa



1:10000 circa



1:20000 circa



1:40000 circa

Maggiore è la scala, minore è la porzione di territorio ripreso,
maggiore è il dettaglio degli oggetti

Minore è la scala, maggiore è la porzione di territorio ripreso,
minore è il dettaglio

Foto aeree a grande scala: fino a 1:12000

Sono le più indicate per l'individuazione di monumenti, aree archeologiche, abitati e la loro analisi particolare

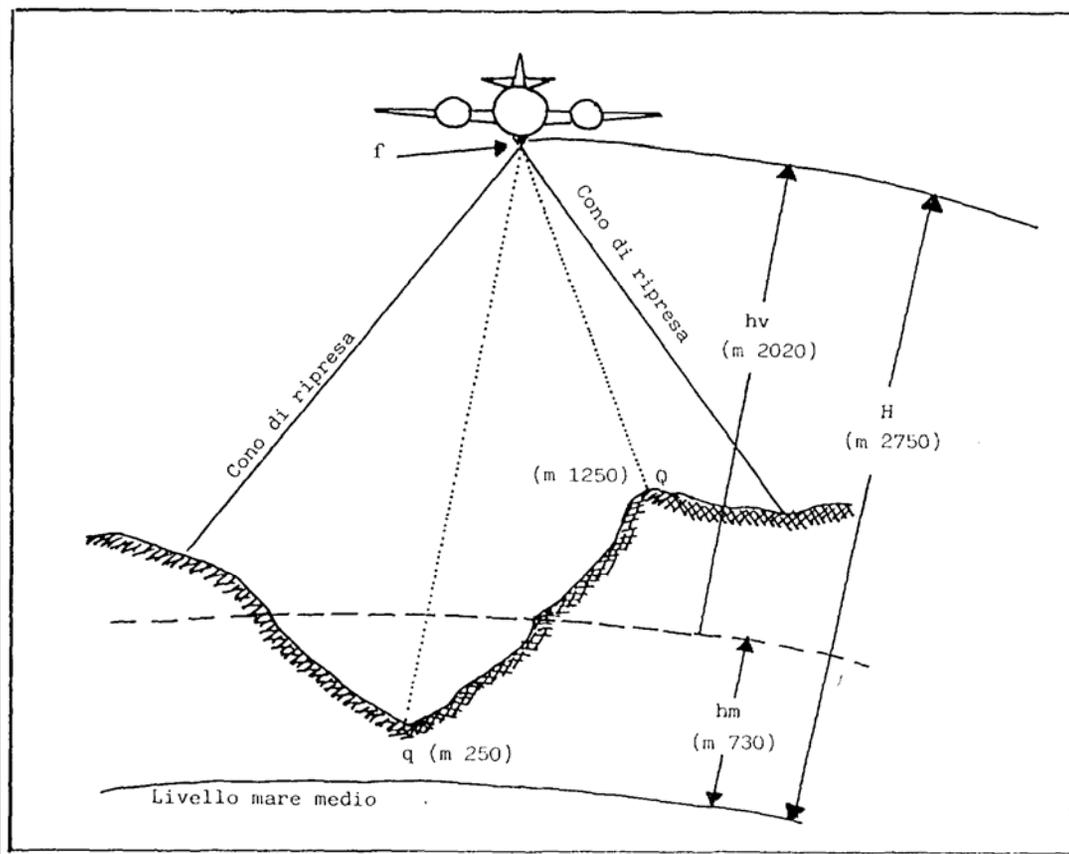
Foto aeree a media scala: da 1:12000 a 1:25000

Sono utili per gli studi topografici a medio raggio: grandi complessi monumentali, abitati esaminati con i relativi territori e le reti viarie

Foto aeree a piccola scala: oltre 1:25000

Utili per studi a vasto raggio: centuriazioni, vie di comunicazione relative a più abitati. L'utilità si va progressivamente restringendo con il diminuire della scala

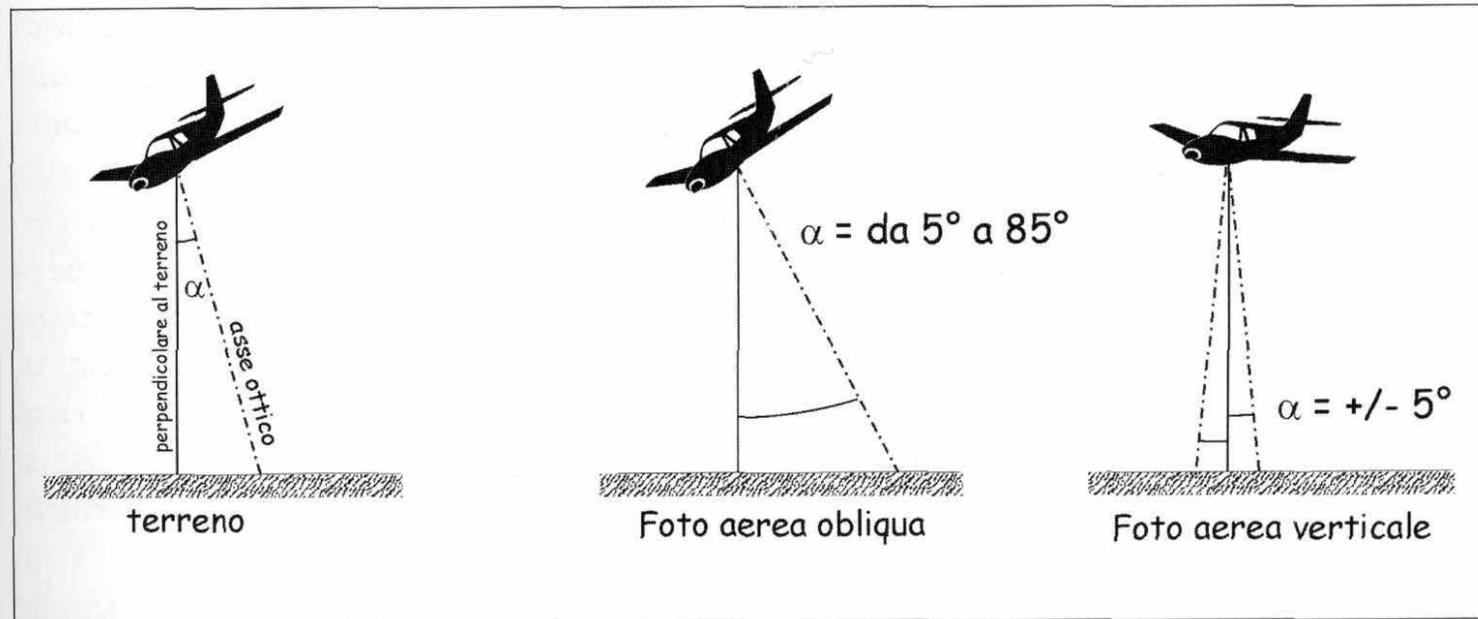
Determinazione della **scala media** di una fotografia aerea



H = quota assoluta di volo
 hm = quota media del terreno
 $hv = H - hm$ = altezza di volo
 f = focale della camera (150 mm)
 Q = quota massima del terreno
 q = quota minima del terreno
 S (scala media del fotogramma) =

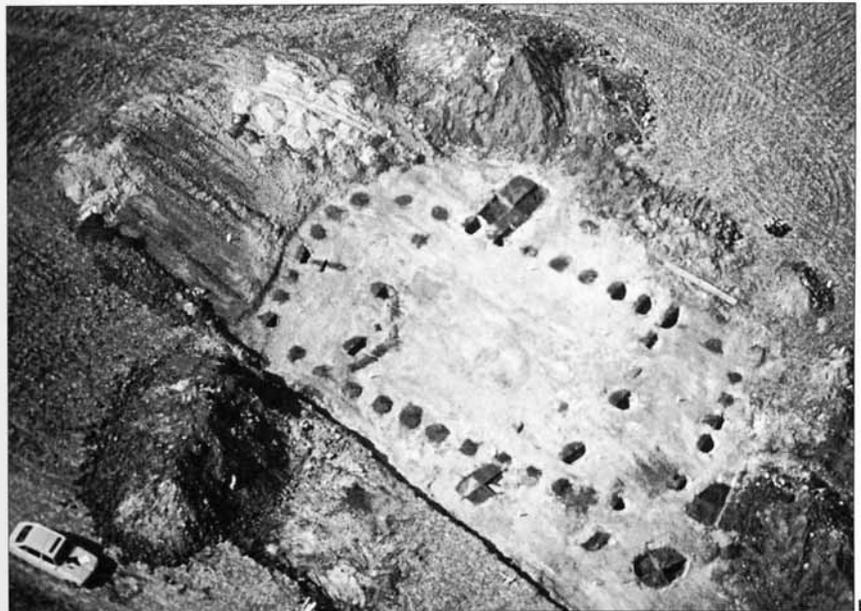
$$S = 1 : \frac{H - hm}{f}$$

Nell'esempio: $S = 1 : \frac{2750 - 730}{0,150} = 1 : 13.500$ circa



32. - Fotografia obliqua e fotografia verticale sulla base dell'inclinazione dell'asse ottico in ripresa (angolo alfa).

Le foto aeree possono essere di due tipi: **foto aeree verticali** (planimetriche), **foto aeree oblique** (prospettiche). L'inclinazione dell'asse ottico della camera da presa determina il tipo di foto. Le prime sono prese con asse ottico mediamente perpendicolare alla superficie del territorio, anche se è tollerata una deviazione fino a 5° (tilt). Questo tipo di foto è assimilabile ad una pianta. Le foto prospettiche sono prese con asse ottico inclinato rispetto al piano terrestre da 5° a 85° .



Le **foto oblique** offrono una rappresentazione della realtà molto deformata ma vicina alla nostra visione naturale.

Sono ottime per uso di documentazione, ma non sono utili per trarne informazioni numeriche.

Questo tipo di foto si distinguono in oblique basse quando nella foto non compare l'orizzonte e alte in caso contrario

4. - Verberie (Oise - Francia), abitazione gallica: a - veduta aerea obliqua; b - riscontro di scavo (foto Agache).

Foto obliqua alta



Foto obliqua bassa



Città di Montalcino, Colore, Toscana, Provincia di Siena,
Montalcino, Castello, Centro storico, Area urbanizzata, Val
d'Orcia, Valle dell'Ombrone



Eremito di Montesiepi - foto aeree oblique (primavera 2004)
(Chiusdino, Siena)



Abbazia di San Galgano - foto aeree oblique (primavera 2004)
(Chiusdino, Siena)



The Georgian terrace of Royal Crescent (Bath, England) from a hot air balloon

London Docklands in the fog from an AS355



Santa Barbara area from a small aircraft



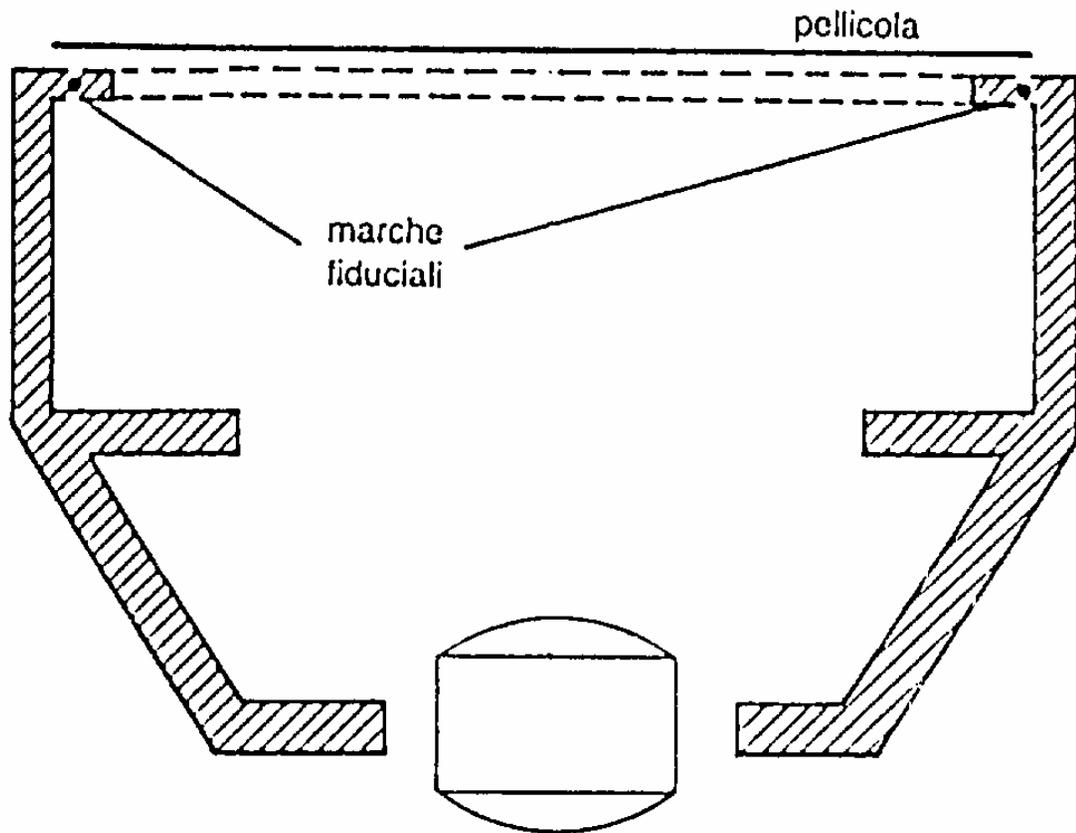


Reflection of a hot air balloon, partially obscured by a pier, an example of low-altitude aerial photography



Giza pyramid complex, photographed from Eduard Spelterini's balloon on November 21, 1904

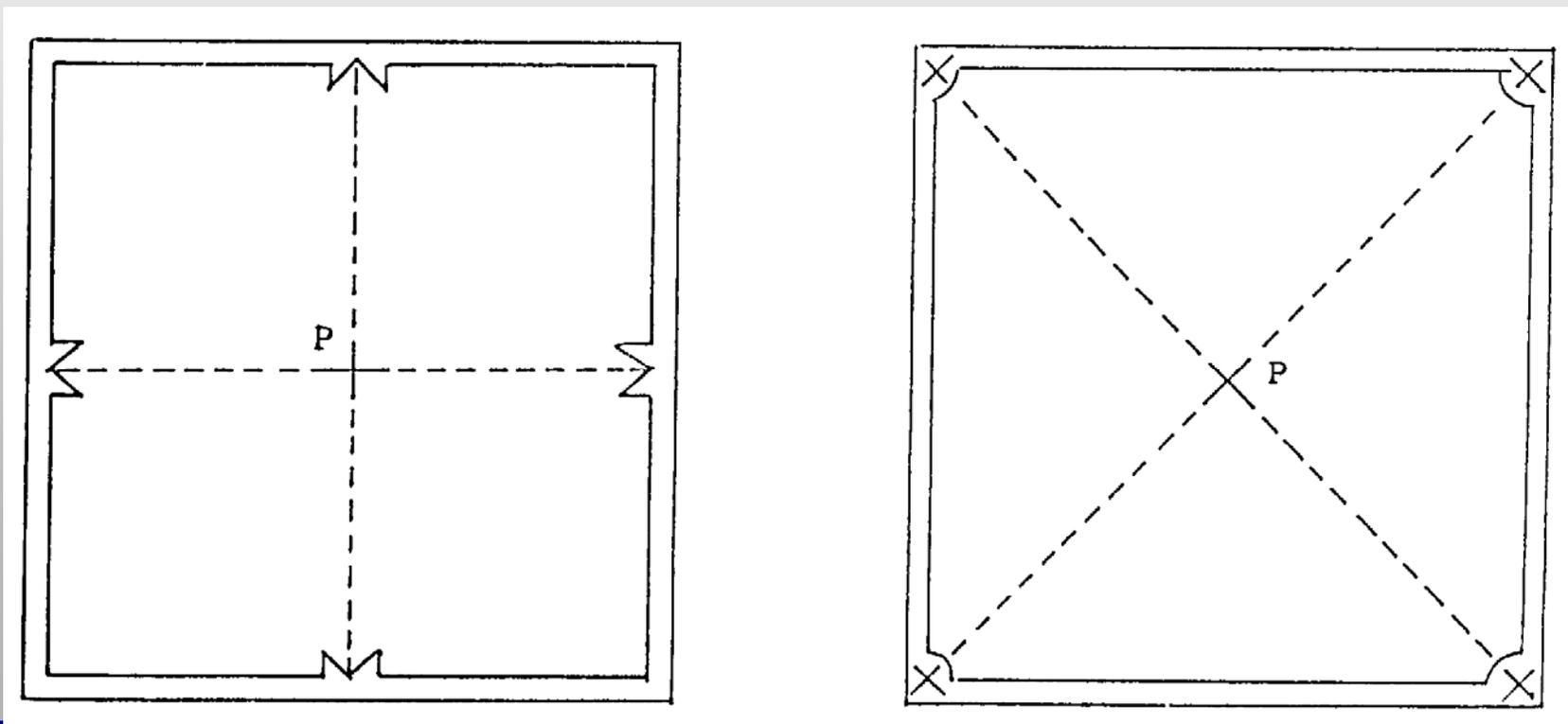
Foto aeree verticali

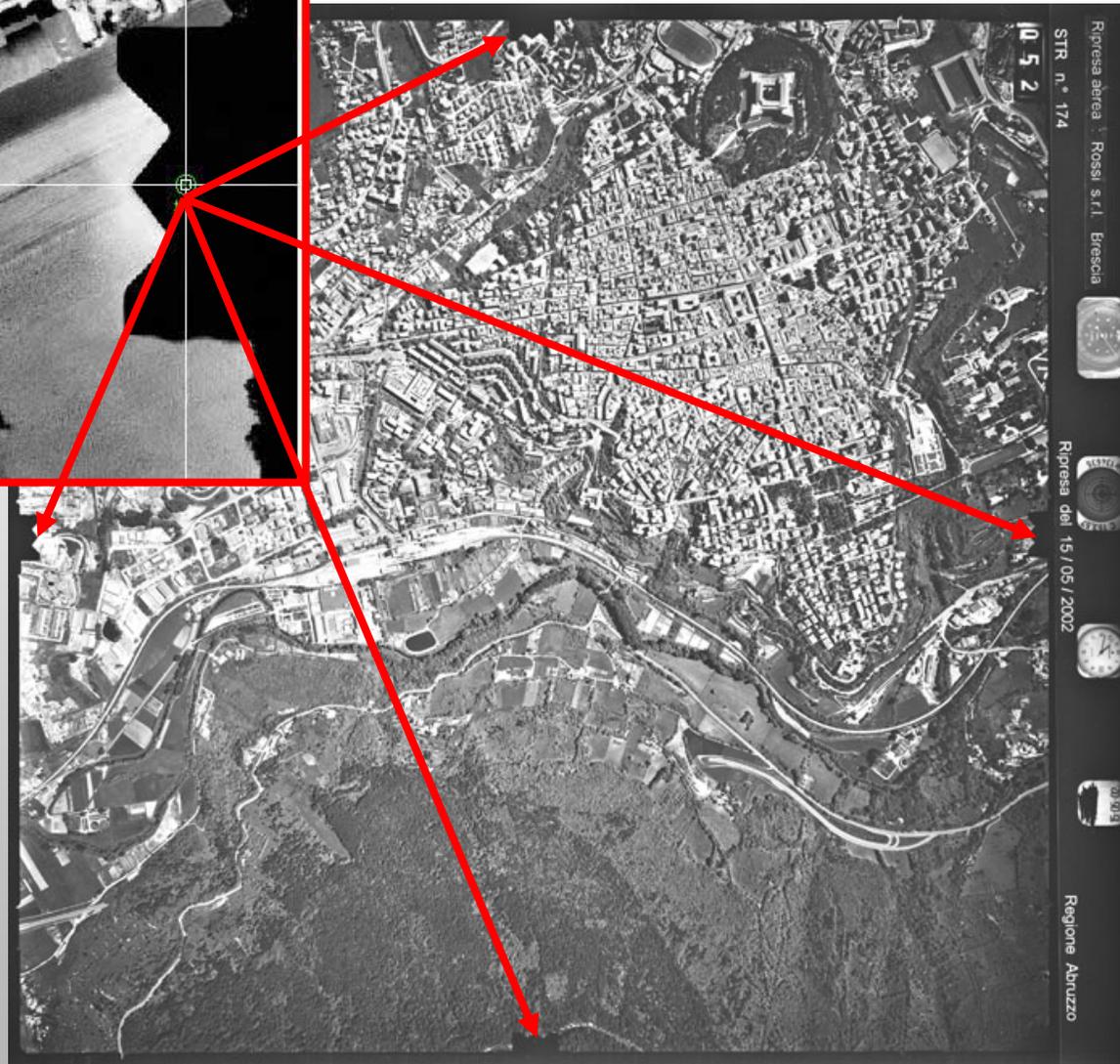
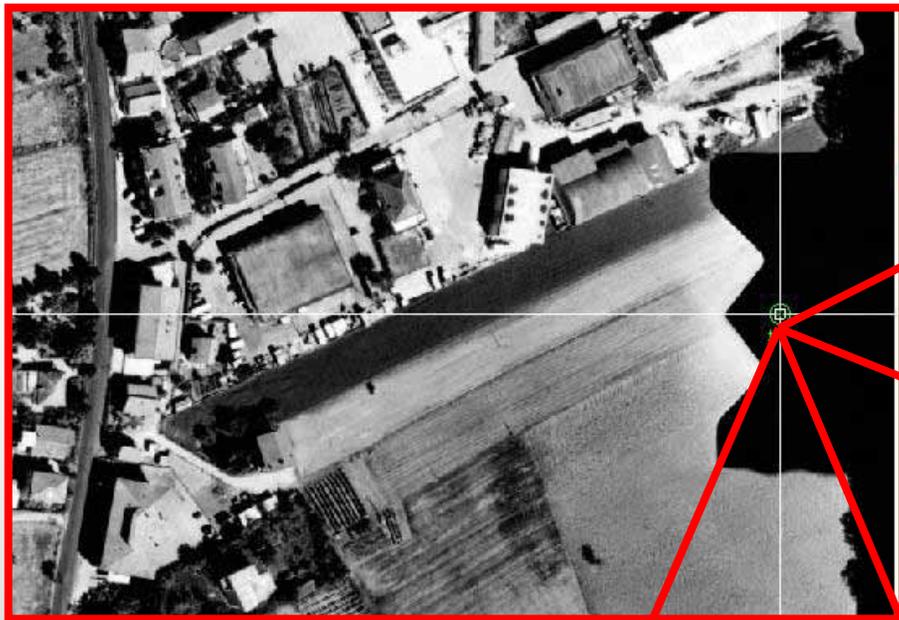


Allo scattare della fotografia sulla pellicola rimangono impressionati quattro segni di riferimento chiamati **marche fiduciali** che hanno la funzione di controllare il corretto funzionamento della camera e il buon sviluppo delle pellicole

Ogni fotogramma è un quadrato di 23 cm di lato.

Sui bordi del fotogramma sono presenti 4 marche fiduciali che permettono l'individuazione del punto principale, corrispondente alla proiezione ortogonale sul fotogramma del centro nodale dell'obiettivo, che coincide col centro della prospettiva





Marche fiduciali

Fotogramma della città di L'Aquila

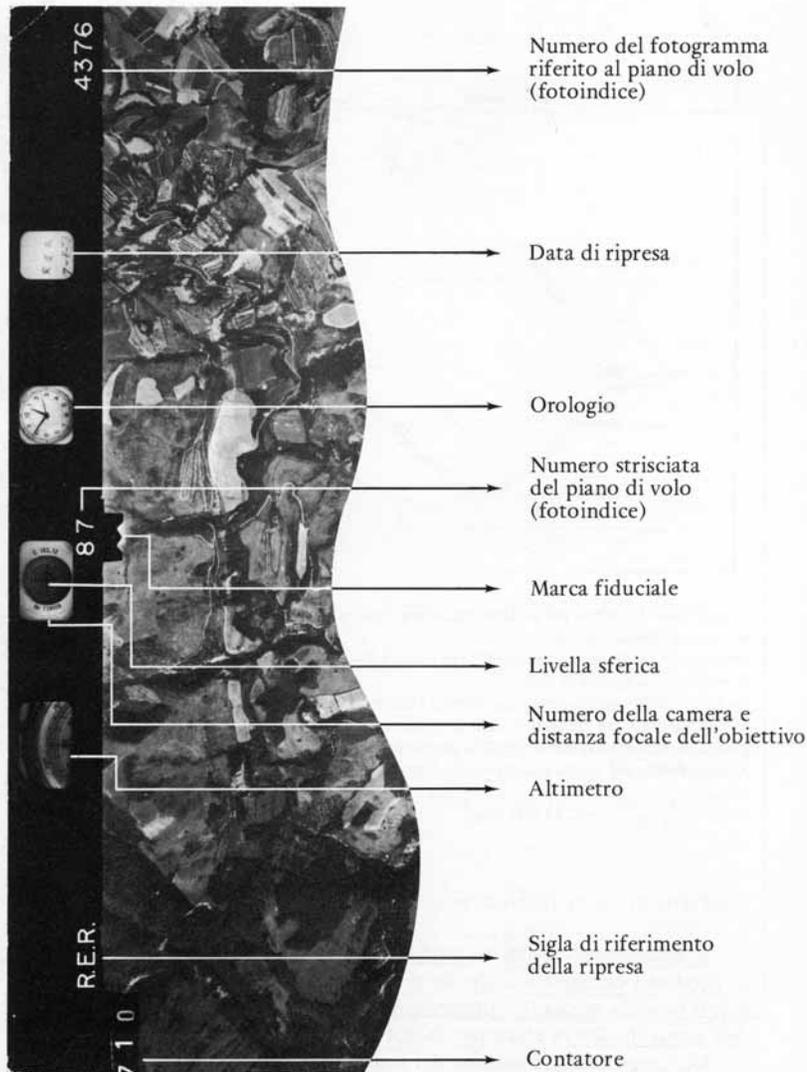


Tavola 36 — Data Strip: lato del fotogramma su cui vengono impressionati alcuni strumenti di bordo e riportati i numeri di classificazione del fotogramma.

Ciascuna foto aerea riporta al bordo una striscia “data strip” dove sono visualizzati l’altimetro, la livella, l’orologio ed il contatore necessari a ricavare dati identificativi del volo quali l’altezza e dunque la scala, l’orizzontalità del volo, l’inclinazione della luce solare ed il numero progressivo delle foto.

Spesso vengono riportati altri dati quali la distanza focale dell’obbiettivo, la marca della camera oltre ai dati sulla società che ha compiuto la ripresa.

I dati distintivi di un fotogramma sono:

- anno di volo (possono esserci più voli nello stesso anno che coprono la stessa zona)
- numero di strisciata
- numero del fotogramma.

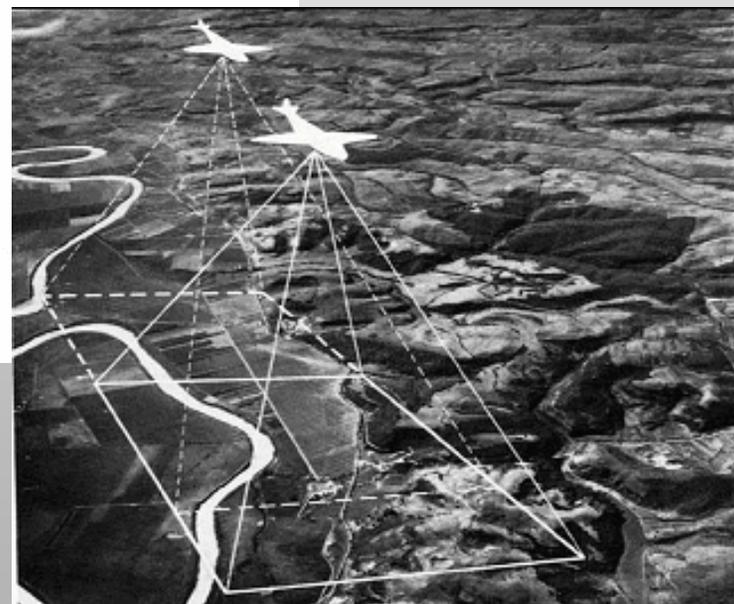
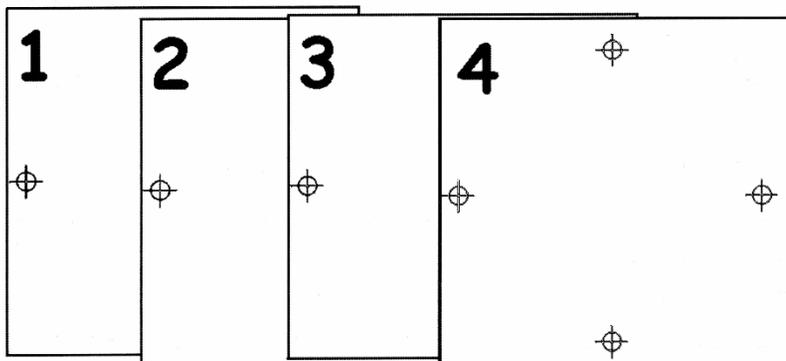
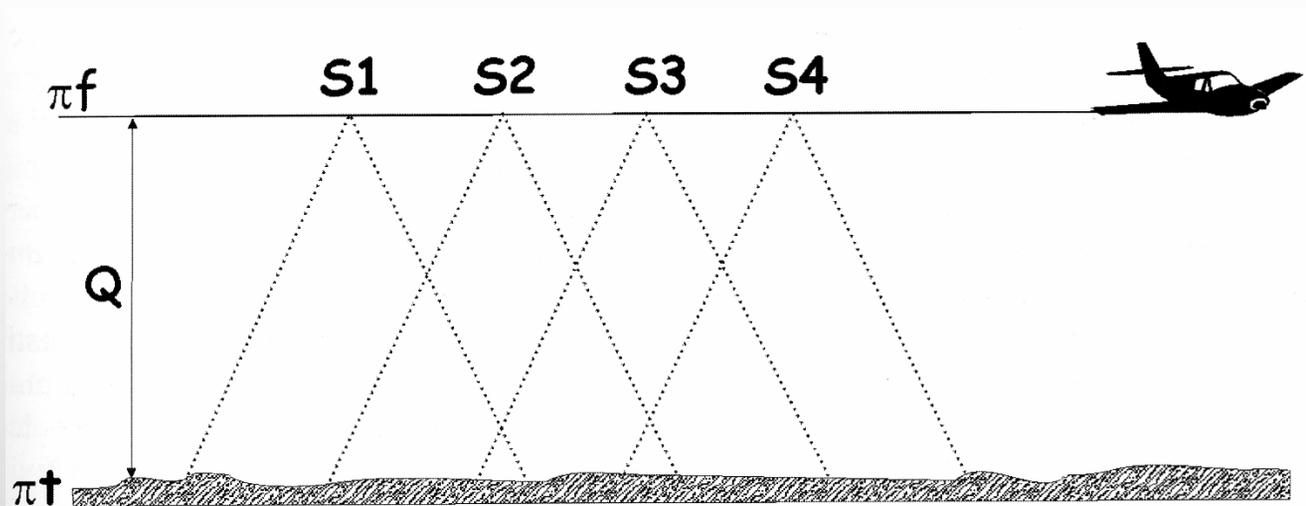
Altri dati significativi:

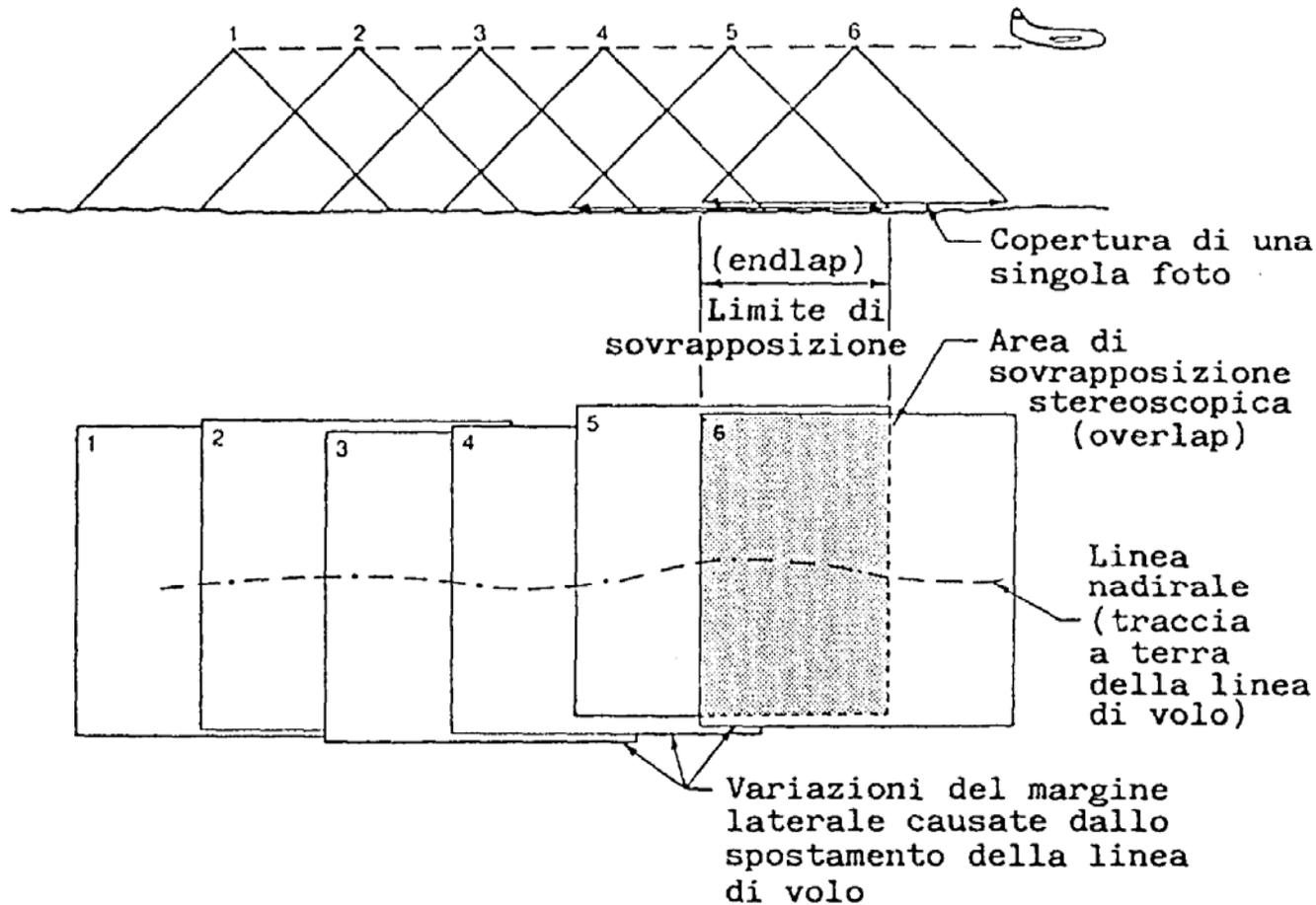
- emulsione (colore o b/n)
- scala media del fotogramma (i fotogrammi, essendo delle prospettive centrali, non hanno una scala omogenea)
- focale della camera da presa
- quota media di volo (si può ricavare dagli ultimi due valori o dalla lettura sull'altimetro).

Ulteriori dati:

- concessione S.M.A. (obbligatoria per la diffusione delle foto aeree)
- ditta esecutrice del volo
- committente.

Strisciata aerofotografica, schema

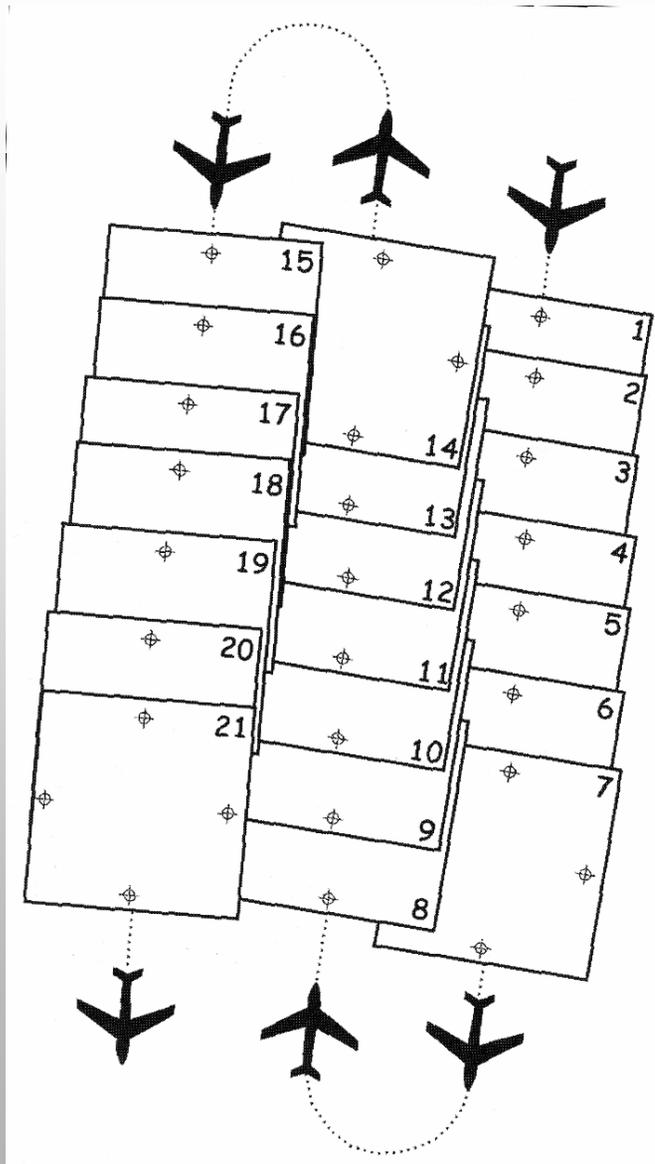




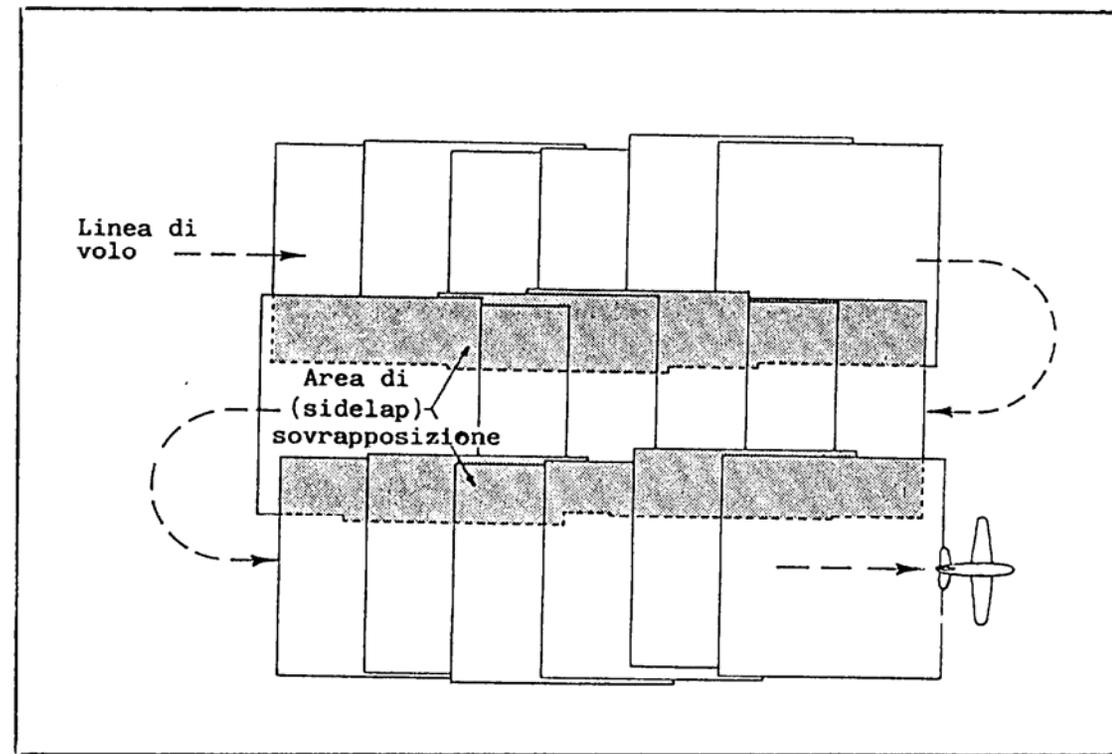
Overlap = 60% - 80%

Copertura fotografica lungo una fascia di volo (strisciata)

Blocco di strisciate, schema



Sidelap = 20%



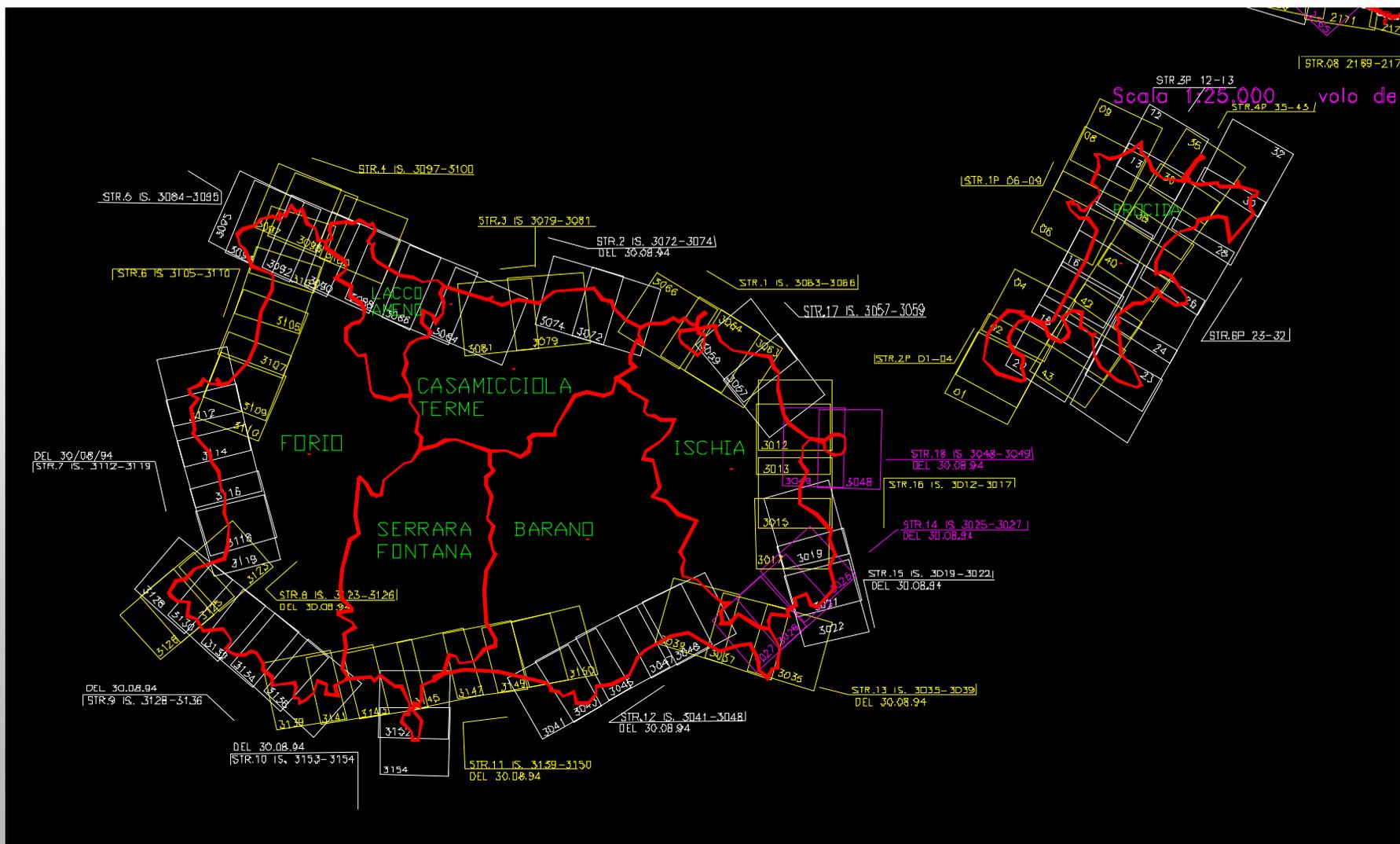
Copertura fotografica lungo fasce di volo adiacenti

I fotoindici

La ricerca delle foto aeree per via geografica è resa possibile grazie ai fotoindici. Questi sono la rappresentazione sul territorio della copertura del fotogramma. Mediante un poligono, generalmente di forma quadrata o rettangolare, viene individuata la porzione di terreno che compare all'interno del fotogramma. Quindi una strisciata sarà rappresentata da una serie di poligoni (sovrapposti secondo l'overlap) che formeranno una striscia continua più o meno lunga evidenziata sulla cartografia di base. Un volo intero apparirà come un insieme di tanti poligoni più o meno sovrapposti tra loro.

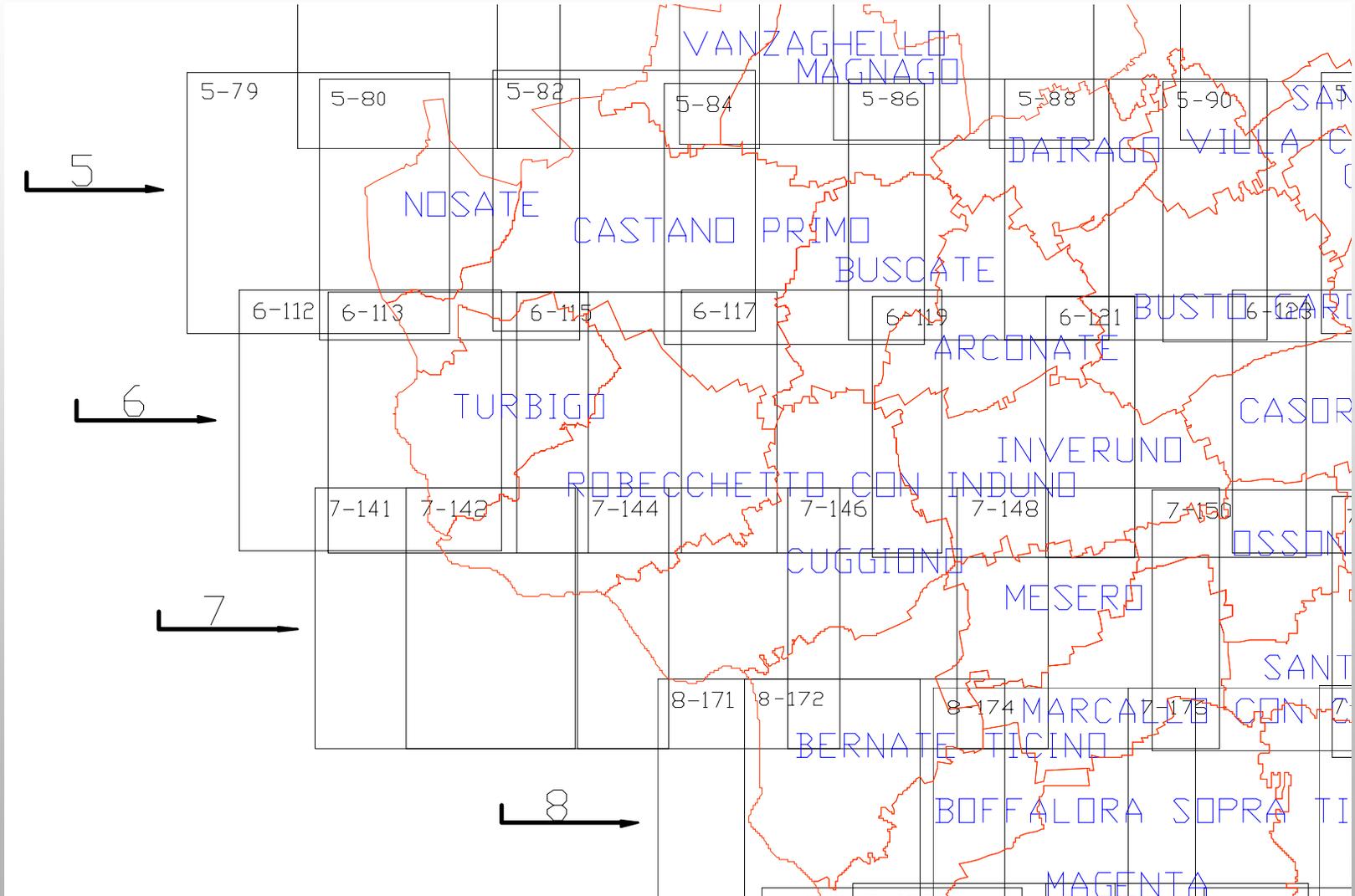


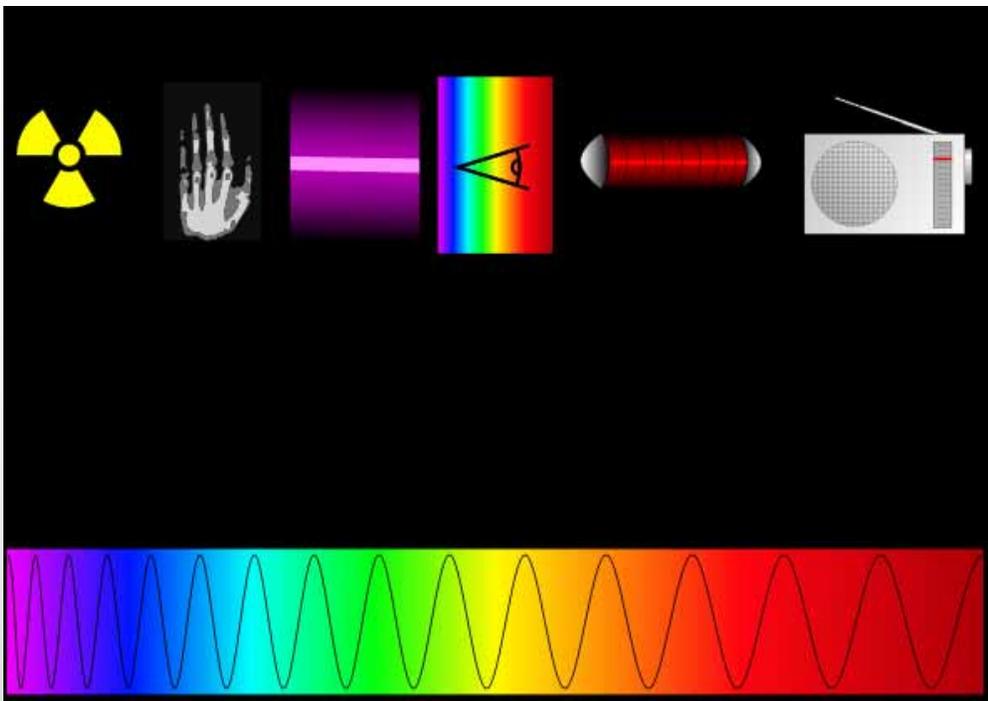
Fotoindice



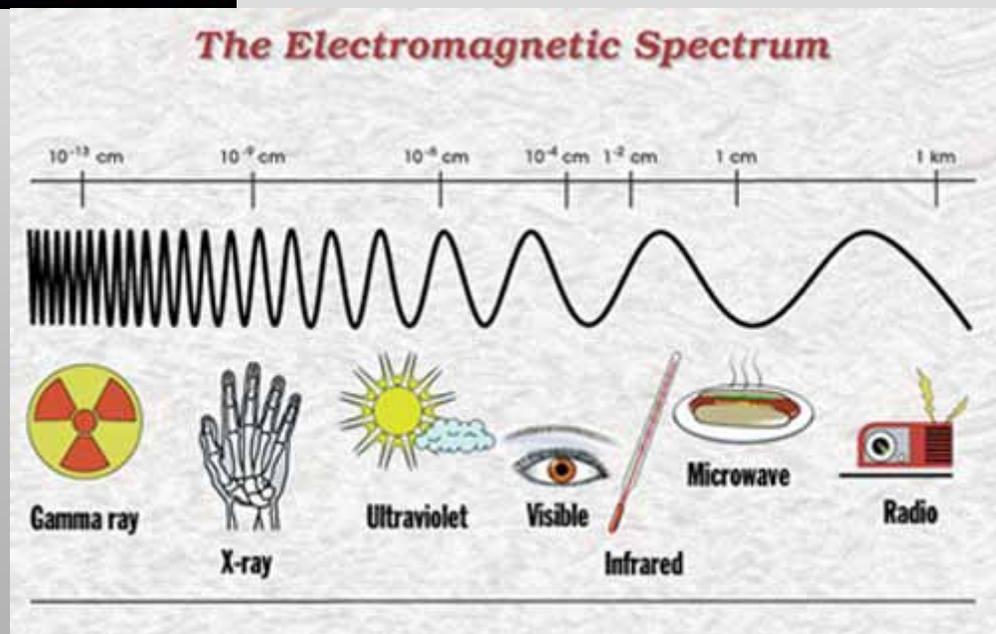


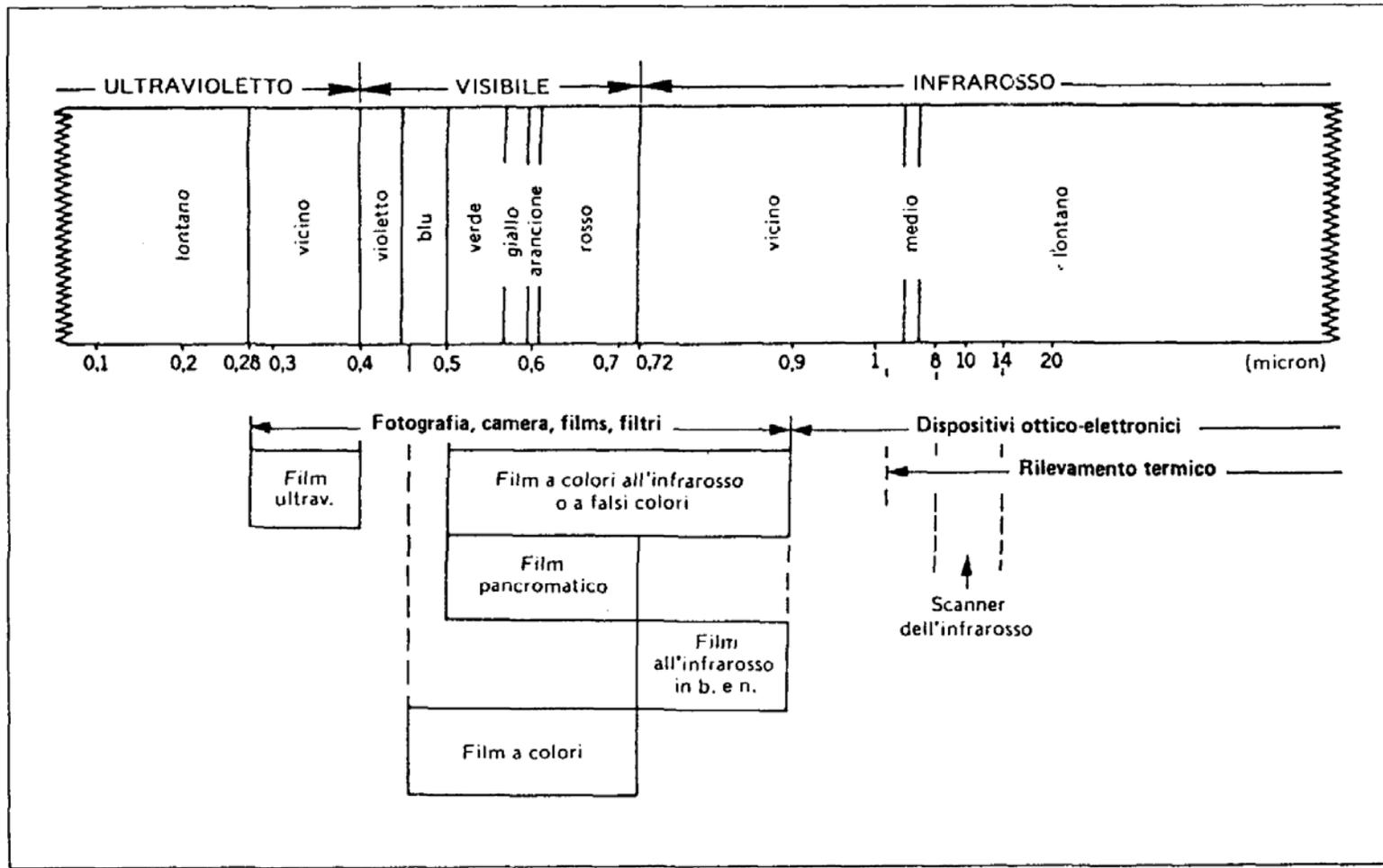
Fotoindice





Lo spettro elettromagnetico





Spettro sensibile di vari tipi di pellicole

Le pellicole che si usano per le riprese aeree sono di quattro tipi: pancromatiche (sensibili a tutti i colori visibili) in bianco e nero o a colori; all'infrarosso (sensibili alle emissioni di lunghezza d'onda superiori a quelle del rosso), in bianco e nero o a colori (falso colore).

La scelta tra i diversi tipi di supporto è dettata sia da ragioni di tipo tecnico che di tipo economico.

Le **pellicole pancromatiche in bianco e nero** sono costituite da un unico strato di emulsione sensibile a tutte le lunghezze d'onda del visibile e riproducono in toni di grigio ciò che è variamente colorato in natura. Sono più economiche delle pellicole a colori e si adattano a diverse tipologie di studi territoriali.

La scarsa sensibilità di queste pellicole alla lunghezza d'onda del verde (0.5 - 0.55 micron) rende difficoltosa la discriminazione tra le diverse essenze vegetali e quindi ne sconsiglia l'uso per studi a carattere vegetazionale.



Foto
pancromatica
B/N

Foto infrarosso
B/N

Le **pellicole all' infrarosso in bianco e nero** sono costituite da un unico strato di emulsione sensibile alla radiazione visibile (che viene filtrata) ed infrarossa vicina. I diversi toni di grigio che appaiono su queste pellicole dipendono dalla emissione infrarossa delle diverse superfici indagate più che dalla colorazione delle stesse.

Queste pellicole mettono in evidenza aspetti nascosti che ad occhio nudo non sarebbero apprezzabili; vengono impiegate con successo negli studi di carattere vegetazionale in quanto possono mettere in evidenza delle fitopatologie ancora prima che tali manifestazioni siano visibili ad un esame esteriore.

Una pianta ammalata infatti modifica il proprio spettro di emissione nel campo della radiazione infrarossa vicina e di conseguenza anche il tono di grigio sulla fotografia.

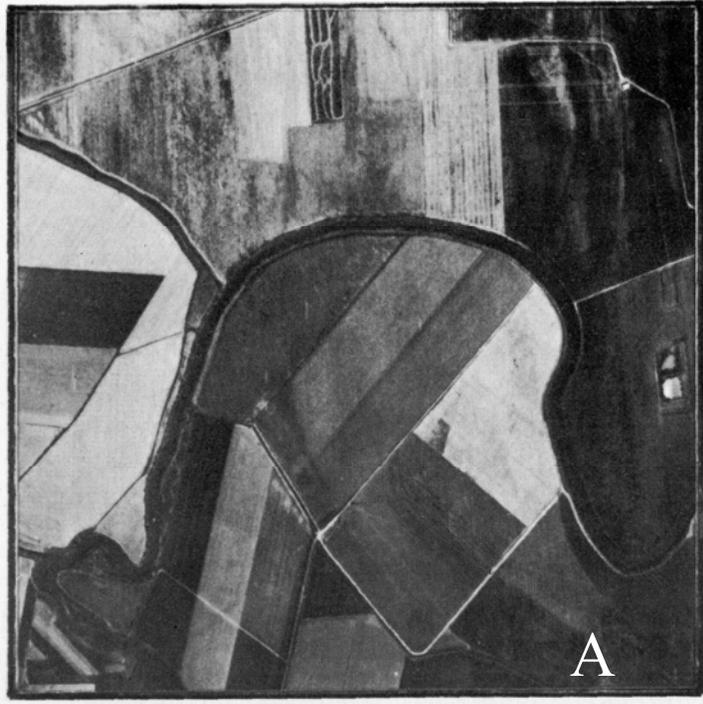
Le **pellicole pancromatiche a colori** sono costituite da tre strati di emulsione sensibili rispettivamente alle lunghezze d'onda del blu, del verde-giallo e dell'arancio-rosso. Riproducono fedelmente con i medesimi colori gli oggetti rilevati; risultano di agevole lettura e si adattano a tutti i tipi di indagine; sono più costose delle pellicole in bianco e nero.

Foto pancromatica a colori



Foto infrarosso a colori

Le pellicole all'infrarosso a colori sono costituite da tre strati di emulsione sensibili rispettivamente al verde, rosso ed infrarosso vicino. In fase di sviluppo i colori vengono restituiti in maniera modificata così che la realtà indagata assume sulla foto colori non consueti; per tale motivo queste pellicole vengono anche definite “falso colore”. Anche queste pellicole vengono impiegate con successo negli studi di carattere vegetazionale sfruttando la diversa risposta fornita dalla vegetazione nel campo della radiazione infrarossa vicina.



Ripresa aerofotografica con pellicole bianco e nero o pancromatica (A) e all'infrarosso bianco e nero (B)

Nel fotogramma A si individuano differenti toni di grigio corrispondenti a diversi usi del suolo agricolo; la tessitura non mostra invece significative variazioni.

Nel fotogramma B sono evidenti le nette differenze di tessitura e soprattutto contrasti di toni: le coltivazioni erbacee ed arboree appaiono grigio chiare perché altamente riflettenti la radiazione infrarossa; l'acqua e le zone umide appaiono pressoché nere in quanto l'assorbimento delle radiazioni rosse ed infrarosse è pressoché totale



Foto pancromatica B/N con spettro emissione luce visibile



Foto infrarossi B/N con spettro emissione luce IR

Le foto aeree o stereo-coppie vengono analizzate con particolari strumenti chiamati **stereoscopi** che permettono una **visione tridimensionale** dell'area fotografata. Lo stereoscopio è uno strumento ottico costituito da un binoculare, dotato di uno o più ingrandimenti, in genere associato ad un sistema di specchi che consentono la fusione in un'unica visione di due porzioni di immagini distanziate fra loro al fine di percepire la loro prospettiva tridimensionale.

Mediante l'utilizzo dello stereoscopio è possibile la visione di uno stereogramma, cioè dell'immagine tridimensionale del rilievo terrestre consentita dal fatto che ciascun occhio vede un oggetto con un'angolazione diversa ottenuta guardando contemporaneamente due immagini separate di punti omologhi appartenenti a due aerofotogrammi successivi (sovrapposti per il 60%).

L'osservazione mediante stereoscopio è però alterata **dall'esagerazione delle pendenze** rispetto alla realtà, che è funzione dell'altezza alla quale è stata effettuata la ripresa, quindi della scala del fotogramma; tale fenomeno tuttavia risulta utile durante la fase di fotointerpretazione.

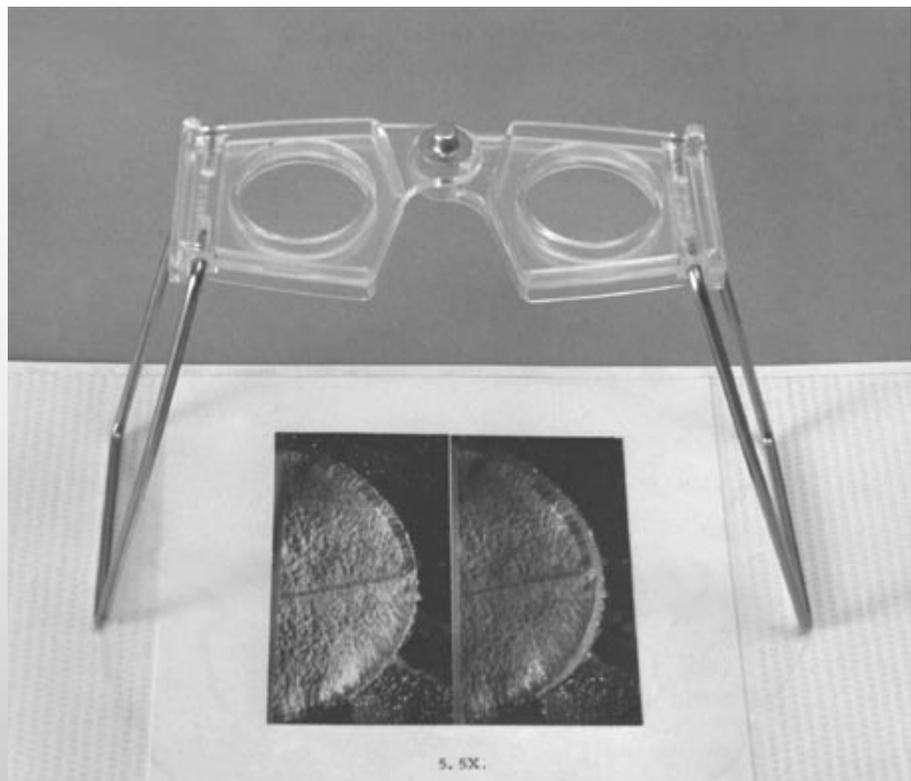




Un **anàglifo** è un'immagine a cui, mediante opportuni filtri, viene data la valenza tridimensionale della scena originariamente ripresa.

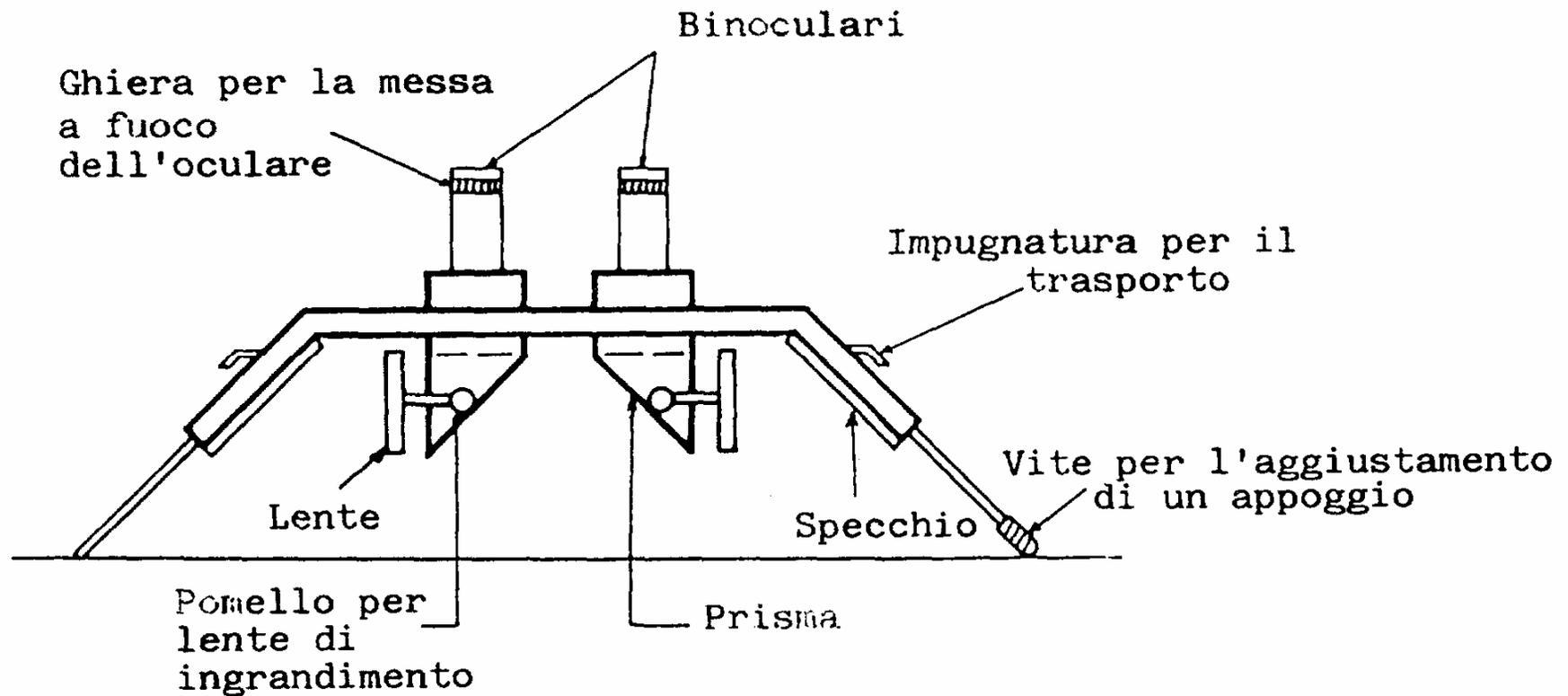
Un anaglifo contiene due immagini sovrapposte, che idealmente rappresentano il punto di vista dei due occhi dell'osservatore della scena. Per la piena fruizione di un'immagine anaglifica è necessario indossare dei caratteristici occhialini con filtri colorati al posto delle lenti, che assegnano una porzione ben specifica dello spettro a ciascun occhio, porzione che era stata stabilita in fase di preparazione dell'anaglifo.

Gli anaglifi sono il sistema a basso costo più comune per ricreare l'illusione della profondità nelle semplici immagini bidimensionali, sia cartacee che proiettate. Il loro principale difetto consiste nella scarsa fedeltà cromatica offerta, soprattutto in presenza di colori saturi.

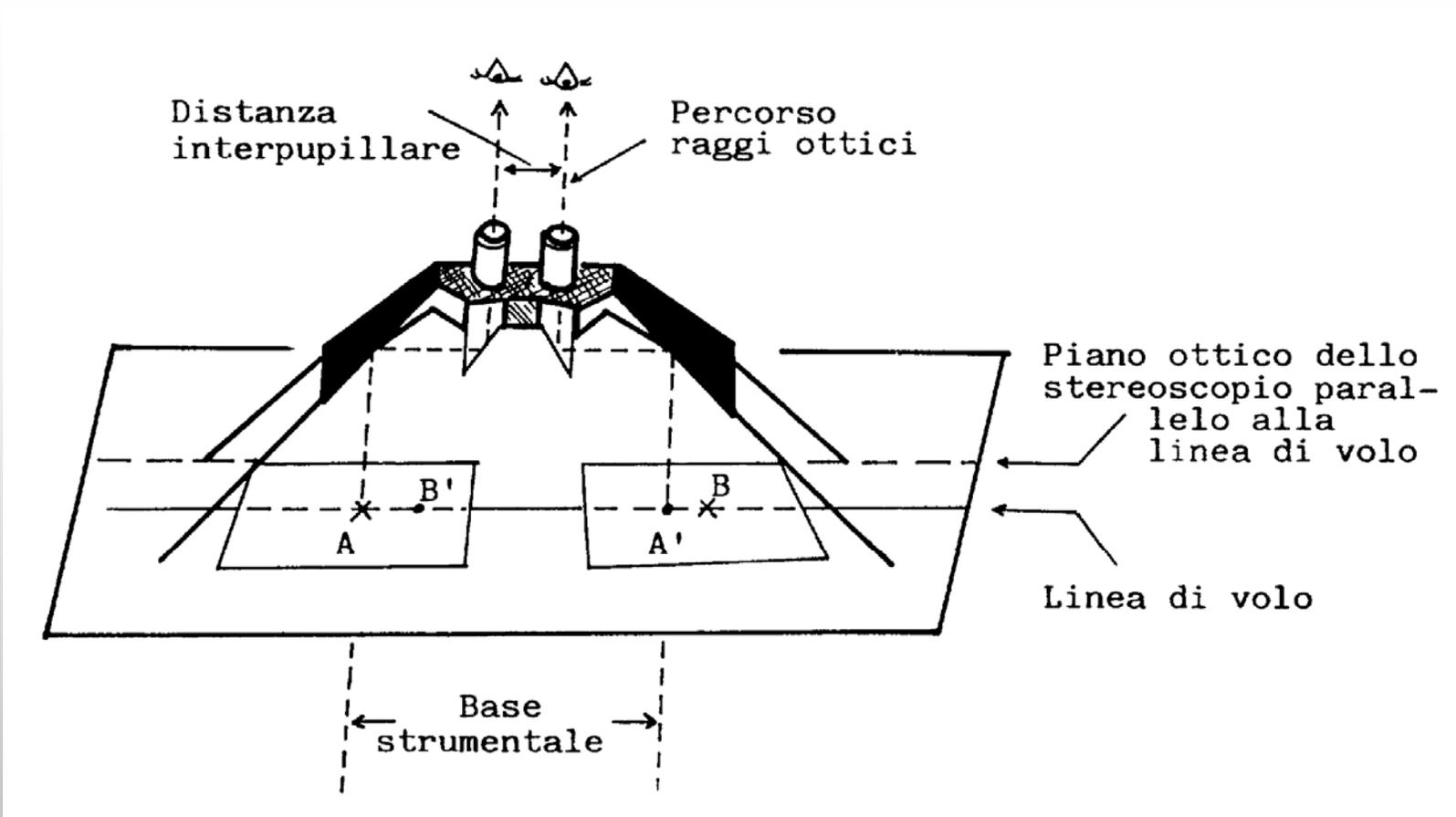


Stereoscopio tascabile





Stereoscopio a lenti, specchi e prismi



Disposizione delle fotografie aeree per la loro lettura mediante stereoscopio a specchi

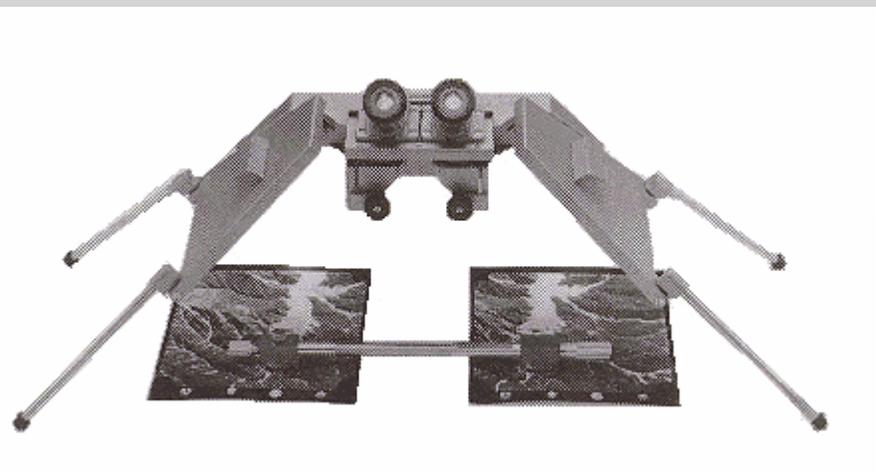


Doppio

Stereoscopi da tavolo



Singolo



Con l'ausilio di software specifici è possibile ricostruire, mediante elaborazione numeriche delle foto aeree digitalizzate (stereomodello) ed osservazione stereografica a video, elaborati digitali utilizzabili anche in ambiente GIS. La visione stereoscopica può avvenire secondo diverse metodologie con speciali schede grafiche 3D, schermi polarizzatori ed appositi occhiali.



Fotogrammetria Digitale: visione stereoscopica realizzata mediante stereoscopio analogico (a sinistra) e sistema scheda grafica di tipo Stereo Ready, polarizzatore ed occhiali polarizzati passivi (a destra).



Stereoscopia digitale

