

2. LA CARTOGRAFIA TEMATICA

1. La finalità della cartografia tematica

Contemporaneamente alla descrizione geometrica (o topografica) del territorio si è sentita la necessità di rappresentare altri aspetti della superficie terrestre o fatti in stretto rapporto con le attività, gli spostamenti, i viaggi dei popoli. Le carte degli itinerari dei Romani e quelle di navigazione compilate dai viaggiatori italiani fin dal XIV secolo sono esempi di carte che, unitamente alla configurazione della superficie terrestre, contenevano informazioni di altro tipo, quali i percorsi terrestri e le rotte marine. Nel XIX secolo, con il progredire delle conoscenze scientifiche, la necessità di rappresentare più compiutamente l'ambiente naturale e i fatti antropici ha determinato un distacco crescente tra la cartografia topografica, o più generalmente geografica, e una nuova cartografia, successivamente definita «tematica». Le carte politiche, geognostiche, idrografiche, delle foreste realizzate sin dagli inizi del XIX secolo, sono un esempio di questa evoluzione.

1.1. La rilevazione di «altri aspetti» della superficie terrestre

Nelle carte tematiche gli aspetti che interessa rilevare, aventi un preciso riferimento topografico, sono trascritti mediante simboli qualitativi o quantitativi su un fondo, o supporto, costituito generalmente da carte topografiche più o meno complete, o da rappresentazioni con esse confrontabili. Si utilizza quindi per la localizzazione delle informazioni un sistema di due coordinate di riferimento analogo a quello utilizzato dalla cartografia di base e si qualifica l'informazione con un simbolo appropriato. Così facendo si inserisce nel piano della carta una terza coordinata, rappresentando perciò uno spazio tridimensionale.

detritiche, ecc.) e degli affioramenti litoidi, le caratteristiche dell'alterazione e dell'erosione.

Questa serie di informazioni può portare spesso alla definizione della «famiglia» dei suoli, a quella classificazione che tiene conto della natura della roccia-madre. Si avranno quindi suoli derivati da:

- rocce intrusive, sia acide che basiche;
- rocce effusive, sia acide che basiche;
- tufi vulcanici;
- rocce calcaree e dolomitiche;
- conglomerati e sabbie;
- arenarie e marne arenacee;
- rocce argillose;
- rocce gessose;
- rocce scistoso-cristalline;
- sedimenti marini litorali;
- depositi alluvionali.

Da ultimo vanno considerati, nelle nostre regioni, gli effetti degli interventi antropici: esistono ancora aree ove l'agricoltura poco meccanizzata, la scarsa pratica della correzione chimica e dell'irrigazione (tutti fatti a volte visibili sulle foto aeree) hanno consentito un uso del suolo che riflette le proprietà fisiche dei suoli maggiormente legate alla roccia-madre.

Dall'analisi di tutti questi dati si giunge alla definizione dei fattori pedogenetici: in effetti le zone che presentano gli stessi caratteri d'insieme (geologia, morfologia, esposizione, copertura vegetale, ecc.) risultano «zone omogenee» ove i suoli *possono* avere le stesse caratteristiche o, almeno, avere in comune gli stessi fattori pedogenetici. Così la realizzazione di una carta pedologica può procedere per gradi, provvedendo dapprima alla compilazione di documenti provvisori relativi a uno o più fattori pedogenetici tra quelli prima indicati, poi a una carta morfo-pedologica più elaborata alla quale associare, via via che se ne abbia la disponibilità, le indicazioni dei rilievi diretti e, infine, una carta pedologica e delle attitudini colturali (fig. 57).

4.1.6. Vegetazione

Il manto vegetale costituisce una delle prime realtà che si presentano nell'osservazione dello spazio geografico unitamente alla conformazione della superficie terrestre.

L'importanza della vegetazione alla vita animale è nota: le piante attraverso la «sintesi clorofilliana» producono zucchero e ossigeno uti-

lizzando l'energia solare; gli organismi animali, che si alimentano o di altri animali (che si nutrono di vegetali) o direttamente di piante, impiegando gli zuccheri prodotti originariamente dalle piante e l'ossigeno liberato da esse nell'atmosfera ottengono l'energia necessaria alla loro vita. Inoltre, come visto in precedenza, la vegetazione assolve ad altre funzioni sulla Terra, collaborando al disfacimento delle rocce e alla formazione del suolo, proteggendo i versanti dall'erosione, immettendo nell'atmosfera notevoli quantità di acqua attraverso la traspirazione, ecc.

È per questi motivi, oltre che per il puro interesse conoscitivo, che la vegetazione viene studiata essenzialmente in due modi diversi: il primo, *floristico*, conduce a un'elencazione sistematica delle specie rinvenute nel territorio corredata dalle notizie relative a ogni specie, ma non permette di risolvere a pieno i problemi che coinvolgono in varia misura la vegetazione; il secondo, *fitosociologico*, analizza la vegetazione come associazione o aggregazione di individui appartenenti a specie diverse che si trovano in competizione e in concorrenza nell'utilizzazione dello spazio atmosferico e terrestre, in rapporto al peso che i fattori ambientali hanno sulle diverse specie. Questo secondo modo consente quindi d'individuare le interazioni tra i fattori ambientali (clima, microclima, suolo, ecc.) e la vegetazione stessa, nonché di prevedere l'evoluzione della composizione floristica al variare nel tempo di uno o più fattori dell'ambiente.

La distribuzione della vegetazione, assumendo il valore di documento di base e, contemporaneamente, d'applicazione, costituisce uno degli elementi caratteristici dell'ambiente da considerare nella gestione del territorio (fig. 58).

Le relative carte tematiche possono essere realizzate con criteri e livelli di approfondimento diversi e destinate a finalità differenti.

Quando la vegetazione viene rappresentata in base alle specie dominanti e alla successione degli strati nello spazio della massa vegetale si ottengono *carte fisionomico-strutturali*. Vengono in tal modo qualificati gli strati erbacei, cespugliosi e arborei definendone lo sviluppo in altezza e la copertura percentuale (figg. 59 e 60).

Numerosi elementi tra quelli considerati dai due metodi possono essere agevolmente rilevati tramite l'interpretazione di fotografie aeree essendo la vegetazione (o almeno lo strato superiore più elevato della massa vegetale) sempre visibile dall'alto. La caratteristica più importante delle coperture aerofotografiche è la scala alla quale vengono eseguite, in quanto a parità delle altre condizioni della ripresa è questa che determina la possibilità d'individuazione dei dettagli nel-



Fig. 58 - Carta della vegetazione (da G.C. Avena e C. Blasi, Carta della vegetazione del bacino del Tevere, Cnr - Istituto di ricerca sulle acque, 1978)



Seslerietalia apenninae — Praterie a fisionomia variabile da coperture ad alta densità con *Festuca violacea* ssp. *violacea*, *Poa violacea*, *Plantago atrata*, *Crepis aurea* ssp. *glabrescens* a compagini con copertura prevalentemente medio-bassa costituita da *Sesleria apennina*, *Carex kitaibeliana*, *Anthyllis vulneraria* ssp. *pulchella*, *Edraianthus graminifolius*, *Armenia canescens* ssp. *nebrodensis*.

— Vegetazione orofila e rupestre in affioramenti litoidi e clastiti sciolte di vetta (*Asplenietea rupestris*); vegetazione glareicola in clastiti sciolte o debolmente compattate nella maggior parte dei casi raccolte in fasce e coni di detrito con locali dominanze di *Festuca dimorpha*, *Heracleum sphondilium* ssp. *orsinii*, *Isatis allionii*, *Arenaria bertolonii*, *Valeriana montana* ed altri elementi ascrivibili alla classe *Thlaspietea rotundifolii* (ordine prevalente *Thlaspietalia stylosi*).

— Localmente si rinvencono ridotti addensamenti ascrivibili alla classe *Vaccinio-Piceetea* evidenziati da cespuglieti depressi ad *Arctostaphylos uva-ursi*, *Juniperus nana*, *Daphne oleoides*, *Vaccinium myrtillus*, ecc.

VEGETAZIONE MONTANA



Fagetalia silvaticae — Faggeti puri chiusi e subordinatamente misti (alla base della formazione) a *Sorbus aria* ssp. *aria*, *Sorbus aucuparia* ssp. *aucuparia*, *Acer opalus*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer obtusatum*, *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus*.



— Boschi di caducifoglie di transizione all'orizzonte sottostante, prevalentemente chiusi dovuti alla confluenza di elementi appartenenti ai *Fagetalia silvaticae* ed ai *Quercetalia pubescentis* (*Acer campestre*, *Acer pseudoplatanus*, *Carpinus betulus*, *Corylus avellana*, *Fraxinus ornus*, *Quercus cerris* ecc.); ordine prevalente *Fagetalia silvaticae*.

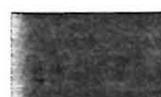
PRATERIE MONTANE E SUBMONTANE



Brometalia erecti — Praterie mesofile a *Festuca ovina* s.l., *Bromus moliis*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense*, *Ranunculus bulbosus*, *Brachypodium pinnatum* ecc.; presentano generalmente copertura continua e sono inserite nell'orizzonte dei Faggeti (anche nelle schiarite) e subito a monte di questi come strutture di raccordo e passaggio alle soprastanti praterie di altitudine dei *Seslerietalia apenninae*.

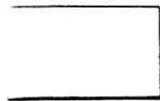
— Praterie meso-xerofile e francamente xerofile prevalentemente diradate a *Bromus erectus*, *Koeleria splendens*, *Galium lucidum*, *Sesleria nitida*; di solito insistono su versanti a gradiente elevato, esposti a meridione ed interessati da litotipi o clastiti in affioramento. Nella maggior parte dei casi svolgono il ruolo di elementi di sostituzione di strutture arboree submontane.

VEGETAZIONE SUBMONTANA



Quercetalia pubescentis — Querceti misti a *Quercus pubescens*, *Fraxinus ornus*, *Acer campestre*, *Ostrya carpinifolia*, *Corylus avellana* e boschi termofili di *Quercus pubescens*: di solito a struttura chiusa e soggetti ad intensa ceduzione. Prevalentemente in esposizioni meridionali e con marcata preferenza per i litotipi calcarei e calcareo-dolomitici.

Entrambi gli aspetti sono fortemente antropizzati in quanto, specialmente nei querceti termofili, vaste aree sono state erose a vantaggio dei coltivi.



— Boschi di *Castanea sativa*, prevalentemente chiusi, condotti a ceduo e a frutto; localmente il substrato litologico (vulcaniti ed areniti), particolari condizioni di geomorfotopia e l'azione antropica, favoriscono la permanenza di lembi boschivi ed esemplari sparsi nell'orizzonte dei querceti termofili.

— Il settore basale del piano submontano è caratterizzato dalla presenza di elementi termo-xerofili egressivi dai *Quercetalia ilicis* (*Quercus ilex*, *Juniperus oxicedrus*, *Spartium junceum*, *Buxus sempervirens*, *Asparagus acutifolius*, ecc.) che localmente, in coincidenza di diradamenti naturali ed antropici, assumono fisionomie variabili da cespuglieti a boscaglie di sostituzione.

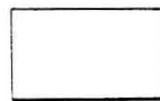
FORMAZIONI ARBOREE ED ARBUSTIVO-CESPUGLIOSE A SCLEROFILLE DEL PIANO BASALE



Quercetalia ilicis – Lecceci, prevalentemente chiusi, al contatto con i querceti termofili submontani, composti prevalentemente da *Quercus ilex*, *Arbutus unedo*, *Phyllirea ssp.*, *Pistacia terebinthus*, *Buxus sempervirens*, *Rubia peregrina*, *Ruscus aculeatus*, *Lonicera etrusca*, *Clematis flammula*.

In vari settori del bacino (ad es. media valle del Tevere e Valle Nerina) si rinvencono addensamenti molto estesi a *Pinus halepensis*. Lembi di macchia mediterranea (nella sezione terminale del bacino) ad *Arbutus unedo*, *Myrtus communis*, *Smilax aspera*, *Clematis flammula*, *Cistus ssp.*, *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus*, *Laurus nobilis*, *Euphorbia dendroides*. Localmente e su superficie molto frammentarie si rinvencono lembi di garighe a cisti e complessi erbaceo-arbustivi ascrivibili alle classi Thero-Brachypodietea ed Ononido-Rosmarinetaea.

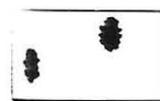
VEGETAZIONE ANTROPICA



Coltivi – Colture erbacee e orticole soggette a rotazione e arboree permanenti selezionate (uliveti, vigneti, corileti, mandorleti, ecc.) o promiscue (vigneti-uliveti, frutteti polifitici) su erbaio artificiale utilizzate a pascolo. I consorzi di specie infestanti rientrano nella maggior parte dei casi, nei *Chenopodietalia* e nei *Bidentetalia*.



Rimboschimenti: In tutta l'area del bacino si rinvencono quasi esclusivamente impianti arborei a Conifere rappresentati dai generi *Abies*, *Pinus*, *Picea*, *Pseudotsuga*, *Cupressus*, *Juniperus*.



Quercus cerris (), *Quercus pubescens* (),

VALORI DI COPERTURA DELLA VEGETAZIONE



Copertura 100-70%



Copertura 70-40%



Copertura < 40%

nsità
ssp.
a da
thus

vetta
com-
locali
ionii,
Thla-

cinio-
perus

della
palus,

emente
ed ai
etulus,
getalia

Dactylis
n ecc.;
Faggeti
ordo e

Bromus
ono su
clastiti
ti sost-

s, Acer
s pube-
temente
alcareo-

ei quer-

A. *Vegetazione naturale*

Tipi di vegetazione legnosa

- I. Boschi a più strati con prevalenza di latifoglie (a) o di aghifoglie (b).
- II. Boschi monostratificati (fustaie o colture monospecifiche, rimboschimenti di vecchio impianto) con prevalenza di latifoglie (a) o di aghifoglie (b).
- III. Cespuglieti non utilizzabili a struttura naturale, rimboschimenti di recente impianto, chiusi (a) o con chiarie erbose (b).
- IV. Cedui di ogni tipo, chiusi (a), molto aperti (b).

Tipi di vegetazione erbacea

- V. Praterie miste a brughiera di altitudine (a) o semplici a cotica continua (b) o discontinua (c), prati stabili (d).
- VI. Vegetazione pioniera o comunque poco coprente su suoli erosi, pietraie, calanchi. Coperture apprezzabili (a), scarse (b), molto scarse (c).
- VII. Vegetazione di ambienti umidi (a) o inondata (b), vegetazione di fondo (c) o assente (d).

B. *Colture*

- VIII. Colture arboree specializzate, a: pioppeti, b: vigneti, c: frutteti.
- IX. Seminativi con diversi tipi di rotazione (a), con la risaia compresa nella rotazione (b), risaia stabile pluriennale (c).
- X. Colture intensive di tipo orticolo, a pieno campo (a), protette (b).

Specie arboree e cespugliose più frequenti nel territorio da rilevare:

1. *Abies alba*
2. *Acer campestre*
3. *Acer pseudoplatanus*
- 4.
5. *Fagus sylvatica*
- 6.

Esempi:

- Ib,1,5 Bosco pluristratificato con prevalenza di Abete bianco e Faggio
 IVa,5 Ceduo chiuso di Faggio
 IXc Risaie stabili
 IXa/Xa Riunione in una sola area di due tipi disposti in mosaico.
-

Fig. 59 - Metodo di rivelamento fisionomico secondo Pirola e Chiusoli (1976)

l'identificazione delle specie arboree e cespugliose attraverso l'analisi della chioma (o corona), della sua struttura, del potere di riflessione dei tessuti vegetali, nonché delle altezze degli strati vegetali e del numero di individui per unità di superficie. Le piccole scale (1:30.000 e 1:50.000) permettono minori dettagli nell'identificazione della specie,

Categorie per forma biologica		Categorie strutturali
<i>Forme biologiche fondamentali</i>		<i>Altezza degli strati</i>
Piante legnose:		8 = > 35 m
Latifoglie sempreverdi	B	7 = 20 - 35 m
Latifoglie decidue	D	6 = 10 - 20 m
Aghifoglie sempreverdi	E	5 = 5 - 10 m
Aghifoglie decidue	N	4 = 2 - 5 m
Afille	O	3 = 0,5 - 2 m
Semidecidue (B + D)	S	2 = 0,1 - 0,5 m
Miste (D + E)	M	1 = < 0,1 m
Piante erbacee:		<i>Copertura</i>
Graminoidi	G	c = continua (> 75%)
Erbe a foglia ± larga	H	i = interrotta (50-75%)
Licheni e muschi	L	p = a parco, a macchie (25-50%)
<i>Caratteristica della foglia</i>		r = rarefatta (6-25%)
dure (sclerofille)	h	b = sporadica (1-5%)
tenere	w	a = quasi assente, estremamente scarsa (< 1%)
succulente	k	
larghe (> 400 cm ²)	l	
piccole (< 4 cm ²)	s	

1° Esempio:

D = una foresta di latifoglie decidue

D7 = c.s. con altezza media comprese tra 20-35 m

D75 = c.s. in cui uno strato arboreo è tra 20-35 m e un secondo tra 5-10 m di altezza.

2° Esempio (descrizione separata degli strati):

D6wc, D4wp, G2r. Foresta di latifoglie decidue con due strati a copertura diversa e con uno strato erbaceo di piante graminoidi a scarsa copertura.

Fig. 60 - Metodo di rilevamento fisionomico-strutturale secondo Küchler (1967)

ma consentono un'analisi — possibile in quanto è maggiore il campo abbracciato da ogni fotogramma — delle variazioni di tonalità, di colore o di tessitura (19) di estese coperture arboree, nonché una immediata individuazione della densità di copertura (20). Come per tutte le soluzioni in fotografia aerea, la strada migliore è un compromesso: una scala intorno al 1:15.000 consente ancora un'ottima individuazione dei dettagli e della comparazione tra affioramenti vegetali su

19. Per tessitura di una immagine si intende il tono, la dimensione e la forma degli elementi che costituiscono l'oggetto.

20. Per densità di copertura si intende la percentuale di superficie orizzontale «coperta» dalle parti aeree della vegetazione.

superfici abbastanza ampie (10 kmq circa), comprese in un singolo fotogramma, per la compilazione di carte fisionomico-strutturali in scala 1:25.000.

La scelta del tipo di pellicola e del filtro da utilizzare nella ripresa permette di fare apparire differenze di tonalità o di colore sulla immagini fotografiche. Ciò dipende dalla capacità di riflessione dei tessuti vegetali rispetto alle diverse lunghezze delle onde che compongono la luce solare incidente (ved. par. 3.4, cap. 2, parte I). Nella fig. 61 è mostrato in modo generico l'andamento della riflessione percentuale delle conifere e delle latifoglie; nella 62 sono indicate le sensibilità alle diverse lunghezze d'onda delle emulsioni pancromatiche e infrarosse: mettendo in relazione le due figure si comprende come le pellicole IR consentano una migliore discriminazione tra i due gruppi vegetali. Nelle figg. 63 e 64 sono distinti più in dettaglio gli andamenti della riflessione di varie specie.

Le fotografie a colori e all'infrarosso falsocolore (par. 3.4, cap. 2, parte I) permettono un notevole aumento della possibilità di discriminazione di piccole variazioni della riflessione delle varie lunghezze d'onda, in particolare nel verde, messe ancor più in evidenza nell'IRfc. La diffusione atmosferica però fa apparire, sulle fotografie a colori eseguite al di sopra di 1000 metri di altezza dal suolo (scala 1:6.600), una dominante bleu difficile da eliminare e che attenua le differenze di colore nell'immagine, tanto che non è particolarmente utile l'impiego di tale emulsione per rilevamenti che non siano di dettaglio. L'impiego di pellicole IRfc, pur diminuendo l'effetto della diffusione atmosferica sensibile da quote superiori ai 1000 metri, limita la discriminazione dei colori in quanto la diminuzione della scala riduce la superficie degli oggetti alla quale è legata la sensibilità cromatica dell'occhio.

La scelta della stagione è legata all'andamento dei ritmi fenologici (ripresa vegetativa, defoliazione, ecc.) delle essenze presenti nel territorio in studio: ad es. l'individuazione delle specie dei boschi misti viene agevolata se la ripresa aerea è eseguita nel periodo della defoliazione delle specie a foglia caduca.

L'ora della ripresa influenza l'inclinazione dei raggi solari: angoli di incidenza brevi comportano la presenza di ombre lunghe, sia dei rilievi che degli alberi; ma mentre l'ombra dei rilievi è dannosa in quanto non permette la visione degli oggetti non illuminati, quella degli alberi viene frequentemente utilizzata come criterio d'identificazione. Infine l'analisi della forma del tetto delle coperture boschive consente ulteriori qualificazioni della vegetazione arborea attraverso

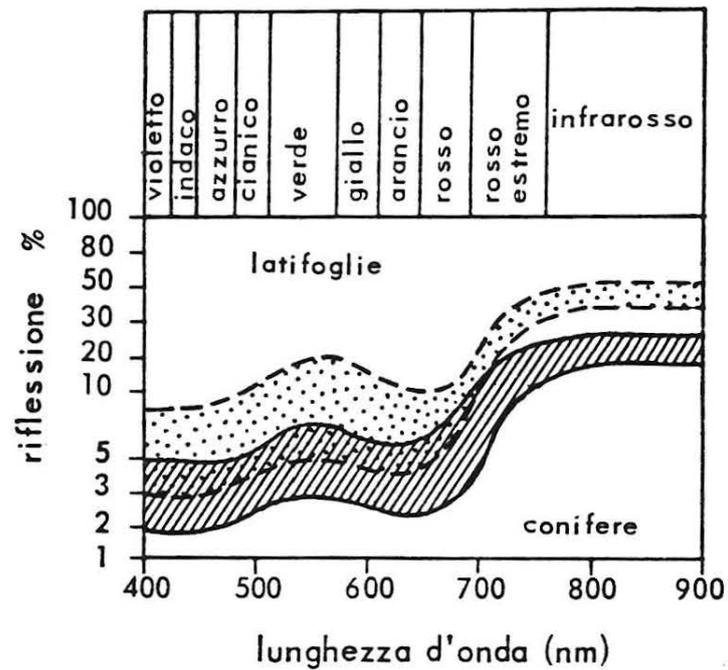


Fig. 61 - Riflessione delle latifoglie e delle conifere a diverse lunghezze d'onda (da F. Guidi, *Fotogrammetria, fotointerpretazione, telerilevamento*, Ist. geog. mil., Firenze, 1978)

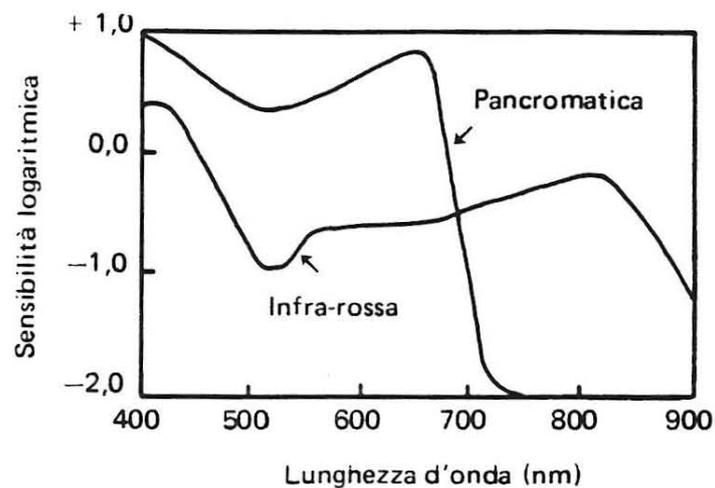


Fig. 62 - Sensibilità spettrale delle emulsioni pancromatiche e infrarosse (modificata da Manuel De Photo - Interpretation, Technip, Paris, 1970)

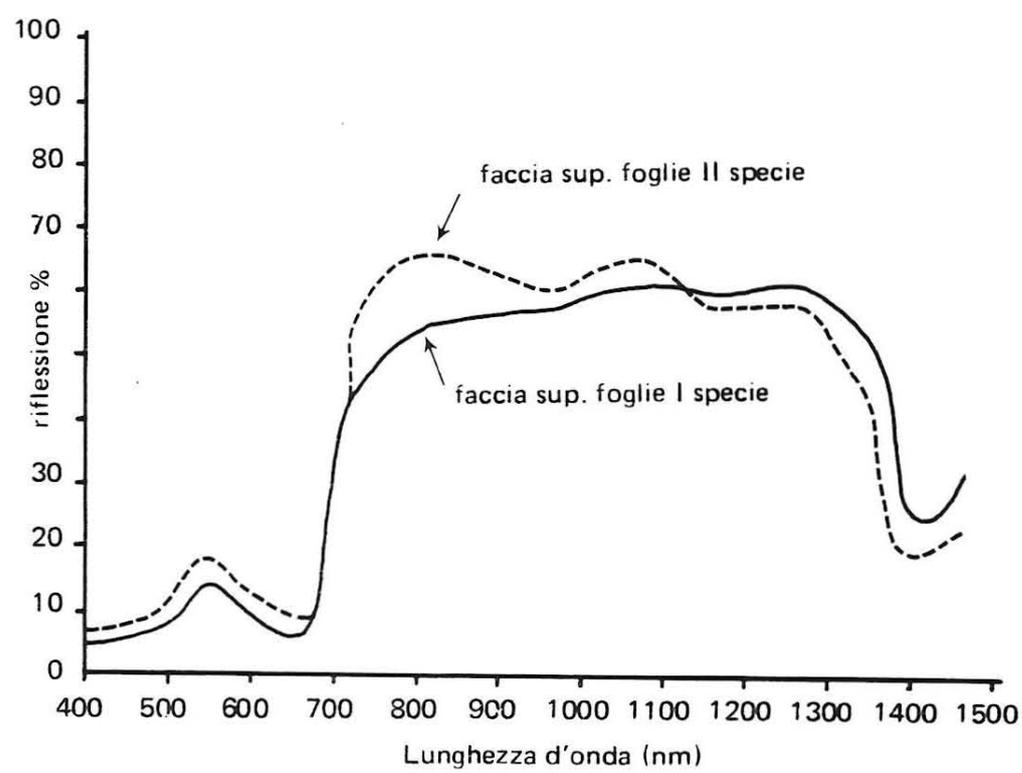


Fig. 63 - Riflessione di alcune specie arboree a diverse lunghezze d'onda (da F. Guidi, *Fotogrammetria, fotointerpretazione, telerilevamento*, Ist. geog. mil., Firenze, 1978)

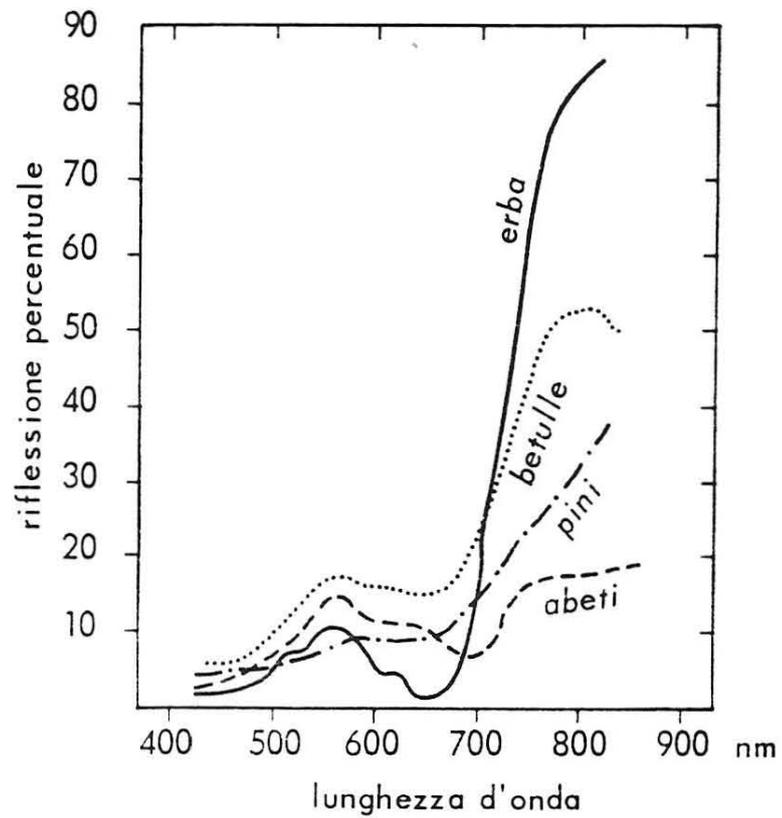


Fig. 64 - Riflessione di coperture erbacee rispetto ad alcune specie arboree, a diverse lunghezze d'onda (da F. Guidi, *Fotogrammetria, fotointerpretazione, telerilevamento*, Ist. geog. mil., Firenze, 1978)

la visione stereoscopica, la distribuzione delle ombre e le chiavi d'interpretazione appropriate.

È da notare che l'impiego delle fotografie aeree permette pure numerose operazioni d'inventario, quali l'altezza degli alberi (mediante l'impiego di tecniche fotogrammetriche speditive), il diametro delle corone e dei fusti e, da questi, le stime di volume, nonché la densità di popolamento.

I dati rilevabili dalla copertura aerofotografica, dopo una rapida campagna di controllo, offrono informazioni sufficienti alla realizzazione delle carte fisionomiche o fisionomico-strutturali (fig. 65).

Opportune campagne di ricerche sia sui dati qualitativi e quantitativi della composizione floristica dei diversi tipi di vegetazione sia sui caratteri ambientali portano alla compilazione di carte *floristico-ecologiche* e, ove si giunga anche alla definizione delle relazioni dinamiche tra le specie individuate, delle loro probabili linee evolutive e delle associazioni stabili in relazione al clima, la rappresentazione della vegetazione avviene in chiave *fito-sociologica* (fig. 66).

Carte particolari e di non facile realizzazione sono quelle della *vegetazione potenziale*, ossia della vegetazione che si costituirebbe in un determinato ambiente a partire dalle condizioni attuali di flora e di fauna, senza interventi dell'uomo e fino a quando il clima non subisca modificazioni notevoli. Questo tipo d'analisi costituisce la base di programmi d'intervento sul territorio per le aree d'interesse naturalistico da proteggere, quali i parchi naturali.

4.1.7. *Clima*

La *meteorologia* studia l'atmosfera terrestre rilevandone le caratteristiche chimiche e fisiche, registrandone le continue variazioni e prevedendone le evoluzioni future. Le informazioni provengono da una fitta rete di stazioni terrestri e marine, da palloni-sonda inviati fin negli strati più alti dell'atmosfera e dai satelliti meteorologici extratmosferici.

La *climatologia* invece studia «il complesso dei fenomeni meteorologici che definiscono lo *stato medio* dell'atmosfera in una data regione». Si utilizzano quindi i dati di *tutti* i fenomeni meteorologici (e non solamente di alcuni anche se di carattere predominante) per individuare l'andamento abituale del tempo (mediante calcoli statistici su osservazioni diurne, mensili, annuali e secolari e non su fenomeni di carattere sporadico) in una regione determinata (e non in singole località).

PARTE III

FOTOGRAMMETRIA E FOTOINTERPRETAZIONE

NOZIONI DI AEROFOTOGRAMMETRIA

GENERALITA'.

Introduzione.

La foto aerea è il prodotto di una macchina fotografica (detta *camera*) simile alle normali macchine fotografiche, dalle quali differisce solo per il fuoco fisso all'infinito, l'automaticità dei movimenti, 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: la distanza focale f , il formato del negativo e l'angolo di apertura dell'obiettivo. Le principali camere attualmente in uso sono le seguenti:

Zeiss RMK 15/23: formato 23×23 , $f = 153$ mm, wide angle (90°);

Wild Rc5: formato 23×23 , $f = 152$ mm, wide angle (90°);

Wild Rc8: formato 23×23 , $f = 152$ mm, wide angle (90°);

Wild Rc9: formato 23×23 , $f = 88,5$ mm, super wide angle (120°);

Wild Rc5a: formato 18×18 , $f = 210,4$ mm, normal angle (60°);

Wild Rc10: formato $22,8 \times 22,8$, $f = 152$ mm, wide angle (90°), oppure $f = 88,5$ mm, super wide angle (120°);

Fairchild: formato 23×23 , $f = 152$ mm, wide angle (90°);

Nistri FOMA: formato 23×23 , $f = 152$ mm, wide angle (90°);

Galileo-Santoni IV: formato 18×20 , $f = 165$ mm;

Zeiss RMK-Rb: formato 30×30 , $f = 200$ mm;

Wild C2: formato 12×12 , $f = 165$ mm, a lastre;

SOM Poivilliers: formato 18×18 , $f = 125, 150, 210, 300$ mm intercambiabili.

Elementi caratteristici di una foto.

Fiducial marks. Sono dei punti di riferimento che si possono osservare in ogni foto ai quattro angoli della foto stessa oppure a metà di ciascun lato del fotogramma; talora, e soprattutto nelle foto più recenti, si possono vedere entrambi. Tali riferimenti sono dati o da crocette (agli angoli) o da tacche triangolari (nei lati), più raramente da simboli diversi, sempre però facilmente individuabili; fra questi ultimi abbastanza usato è quello riportato in fig. 1.

Punto principale. E' il centro geometrico della foto. Si ottiene congiungendo le *fiducial marks* dello stesso tipo, cioè quelle ai vertici del fotogramma oppure quelle a metà di ciascun lato; può definirsi anche come il piede della perpendicolare dal *centro di prospettiva* (centro ottico della camera) alla negativa.

Data strip. E' il bordo del fotogramma sul quale sono riportate le immagini degli strumenti di bordo. Facendo riferimento alla fig. 2 e partendo dall'alto, gli strumenti riprodotti sono i seguenti: a) una livella a bolla centrale; b) un orologio, indicante la data e l'ora della ripresa; c) un altimetro, che dà la quota di volo in metri o in piedi; d) una targhetta, con le se-

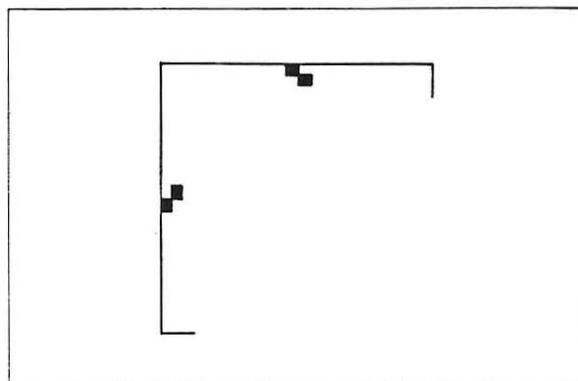


Figura 1. Esempio di *fiducial marks*.



Figura 2. Visione parziale di una foto con alcuni suoi elementi caratteristici: a sinistra, la croce in colore individua il punto principale; a destra, sul bordo del fotogramma sono visibili, procedendo dall'alto verso il basso, una livella a bolla centrale, un orologio (indicante l'ora della ripresa), un altimetro (indicante la quota di volo: 5.070 m) ed una targhetta con il numero della camera (N° 207), il numero del fotogramma (3699) e la distanza focale dell'obiettivo (152,27 mm). (Autorizzazione alla pubblicazione dell'I.G.M. n. 765 in data 13.7.1974.)

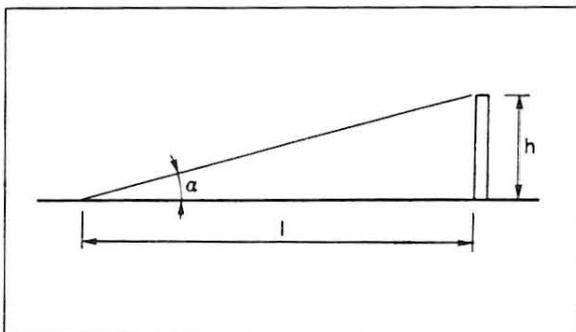


Figura 3. L'altezza (h) di un oggetto fotografato dall'alto può essere determinata misurando la lunghezza dell'ombra (l) e conoscendo l'angolo di incidenza (α) dei raggi luminosi.

guenti indicazioni: numero della camera (N° 207), numero del fotogramma (3699), distanza focale dell'obiettivo (152,27 mm).

a) Permette di controllare l'orizzontalità dell'aereo.

b) Per mezzo della data e dell'ora della ripresa fotografica si può conoscere l'altezza del sole sull'orizzonte e quindi la lunghezza delle ombre; da queste ultime è possibile risalire all'altezza degli oggetti. L'altezza del sole, cioè l'inclinazione dei raggi luminosi, è fornita da apposite tabelle valide per la regione fotografata e per la latitudine interessata. Se h è l'altezza dell'oggetto, l la lunghezza dell'ombra dell'oggetto considerato ed α l'angolo di incidenza dei raggi luminosi, si ha (fig. 3)

$$h = l \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

c) Nelle foto più recenti di produzione italiana (in particolare quelle dell'I.G.M.) la quota di volo è data in metri; spesso però, anche in Italia, la quota viene espressa in piedi (foot abbreviato in ft). Si ha:

$$1 \text{ ft} = 30,48 \text{ cm} = 0,3048 \text{ m},$$

$$1 \text{ cm} = 0,0328 \text{ ft}.$$

d) In ogni foto, generalmente, il numero del fotogramma viene ripetuto in grande, in un angolo della foto stessa per maggiore comodità (fig. 2).

Scala delle foto. Esistono due metodi per determinare la scala di una foto.

a) Si abbia una carta topografica a scala nota dell'area coperta dalla foto. Si scelgono sulla foto due punti ben definiti e chiaramente visibili, ad una distanza reciproca sui 10 cm (è bene che questa distanza non sia troppo piccola al fine di ridurre l'incidenza sul risultato della sua misura che, per quanto accurata, sarà sempre più o meno approssimata) e all'incirca alla stessa altitudine; sarebbe bene che i punti scelti giacessero su linee passanti in prossimità del punto principale al fine di evitare grossolani errori dovuti ad una non perfetta orizzontalità dell'aereo. Si identifichino quindi gli stessi due punti sulla carta topografica. Sia ora d_f la distanza misurata sulla foto fra i punti fissati e d la corrispondente distanza sulla carta. Nella misura di d è necessario avere l'avvertenza di fare riferimento sempre ai centri o a particolari ben precisi dei simboli in esame (ad esempio, il centro di un incrocio stradale, il centro o lo spigolo di un edificio ecc.); ciò al fine di evitare errori dovuti all'esagerazione grafica dei simboli usati sulle carte topografiche. Se S è la scala nota della carta, avremo:

$$\frac{d}{d_f} = \frac{S}{x},$$

ove x è la scala della foto. Ricordando ora che la scala di una carta topografica (così come quella di una foto) è sempre espressa da una frazione con l'unità di

misura al numeratore (ad esempio 1 : 25 000) la precedente uguaglianza può così scriversi:

$$\frac{d}{d_f} = \frac{1}{x},$$

da cui segue

$$x = \frac{d_f}{dS}.$$

b) Si abbia una carta a scala approssimata o con solo qualche punto quotato o solo qualche isoipsa. Si calcoli per mezzo dei pochi dati forniti dalla carta l'altitudine media del suolo. Si prenda nota della distanza focale della camera e della quota di volo, osservabili sul *data strip* della foto. Si avrà:

$$x = \frac{c}{Z_0 - h_m} = \frac{c}{Z_m}, \quad (1)$$

in cui x è la scala della foto, c la distanza focale, Z_0 la quota di volo riferita al livello del mare, h_m l'altitudine media del suolo, Z_m la quota di volo corretta. Si ricordi che, se la quota di volo è in piedi, essa deve venire trasformata in metri moltiplicandola per 0,3048 (1 ft = 30,48 cm = 0,3048 m).

La (1) può essere dimostrata nel modo seguente. Siano A, B due punti presi su di un piano-campagna orizzontale oppure due punti alla stessa altitudine media (fig. 4); siano a', b' le immagini sul piano della negativa, o secondo piano focale della lente, ed a, b le corrispondenti immagini sul primo piano focale; indichiamo poi con O il centro ottico della lente o centro di prospettiva, con N_1 il punto in cui l'asse del sistema ottico, verticale, incontra AB (quindi N_1 è il piede della normale dal centro di prospettiva al piano-campagna) e con n'_1, n_1 i corrispondenti punti sul piano

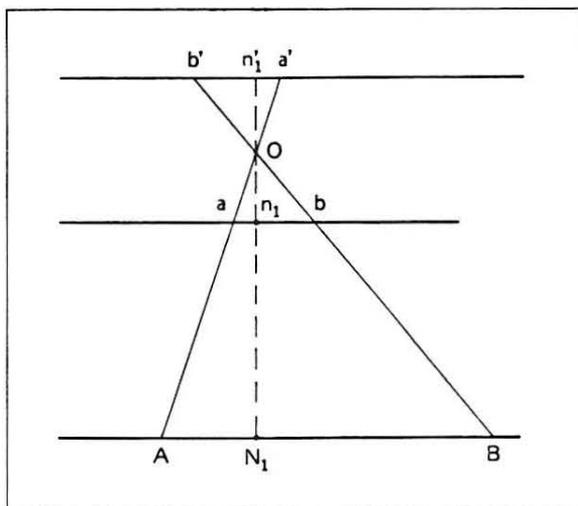


Figura 4. Determinazione della scala di una foto.

del negativo e su quello del positivo. Ora $a'b'$ è l'immagine della distanza AB sul piano del negativo e quindi è la distanza che si ha sulla foto. Poiché i due triangoli aOb ed $a'Ob'$ sono uguali (infatti le due distanze focali di una lente sono uguali fra loro), è lo stesso considerare il primo invece del secondo. Dalla similitudine dei triangoli AOB ed aOb si ha:

$$\frac{ab}{AB} = \frac{On_1}{ON_1},$$

ma, per definizione di scala, il rapporto ab/AB non è altro che la scala della foto da determinarsi, per cui

$$x = \frac{On_1}{ON_1},$$

in cui $On_1 = c$ e $ON_1 = Z_m$; pertanto si avrà

$$x = \frac{c}{Z_m}.$$

Esempio. Considerando il fotogramma n. 3699 (fig. 5) della zona del lago di Cavazzo (Udine) e la carta topografica corrispondente a scala 1 : 25 000, si determini la scala della foto secondo i due procedimenti illustrati.

a) Siano a e b i punti scelti sul fotogramma e siano A e B quelli corrispondenti sulla carta. Essendo

$$d = 121 \text{ mm}, d_f = 94,5 \text{ mm}, S = \frac{1}{25\,000},$$

si ha

$$\frac{121}{94,5} = \frac{1}{x \cdot 25\,000},$$

da cui segue

$$x = \frac{94,5}{121 \cdot 25\,000} = \frac{1}{32\,010}.$$

b) Dal *data strip* del fotogramma ricaviamo:

$c = 152,27$, $Z_0 = 5\,070$ m, $h_m = 205,5$ (media delle quote di A e B);

quindi si può scrivere

$$x = \frac{152,27 \text{ mm}}{5\,070 - 205,5 \text{ m}} = \frac{0,15227 \text{ m}}{4864,5 \text{ m}} = \frac{1}{31\,946}.$$

Si noti la lieve differenza fra i due risultati, imputabile soprattutto all'approssimazione delle misure di d e d_f .

Punto nadirale, isocentro, distanza principale, base aerea. Una linea verticale che passi per il centro di prospettiva, incontra la negativa e quindi la foto in un

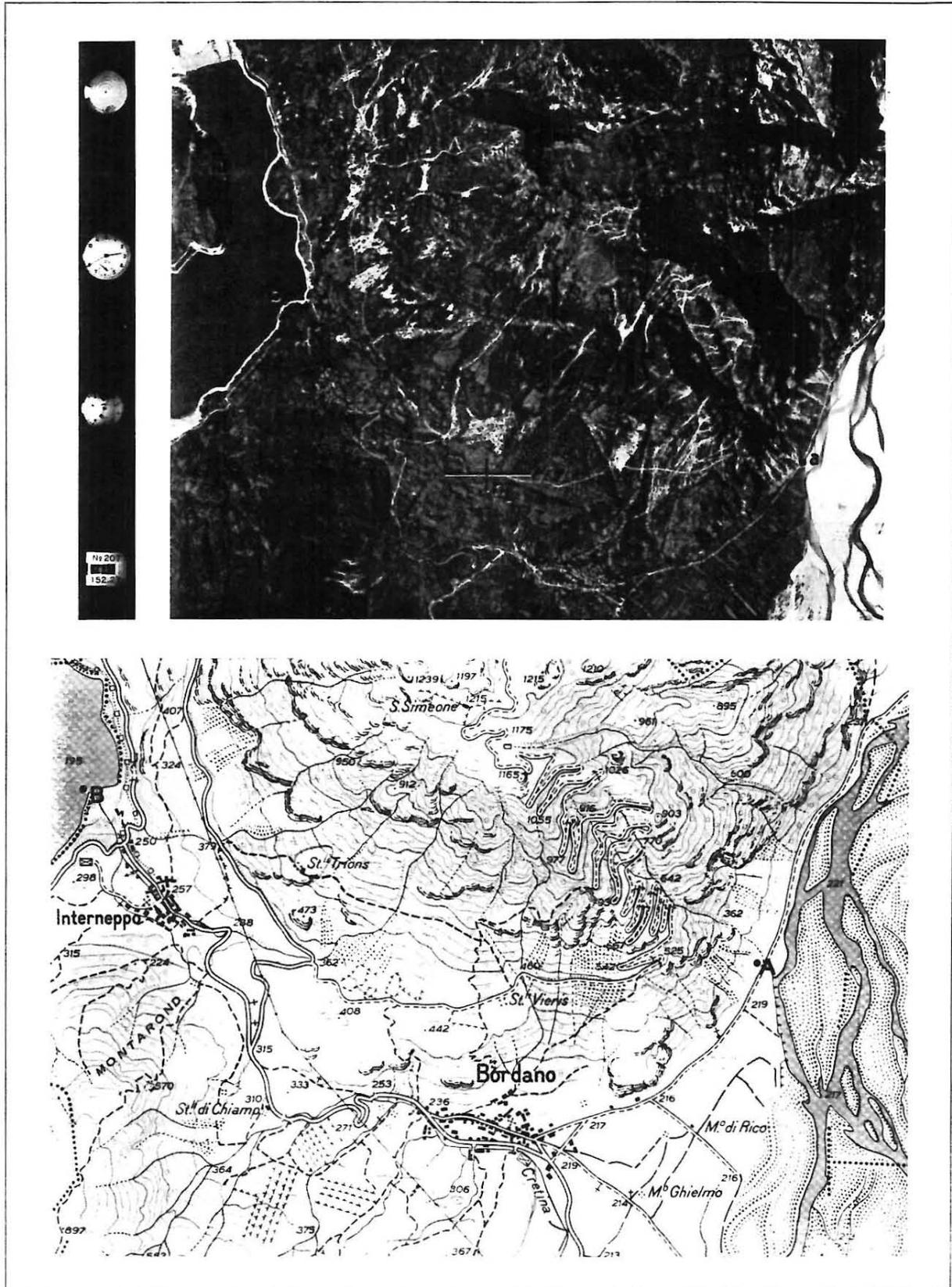


Figura 5. Foto della zona del lago di Cavazzo (Udine) e carta topografica corrispondente in scala 1 : 25.000. In colore sono indicati gli elementi di riferimento che consentono di calcolare la scala della foto. (Dai tipi dell'I.G.M.; autorizzazione alla pubblicazione n. 765 in data 13.7.1974.)

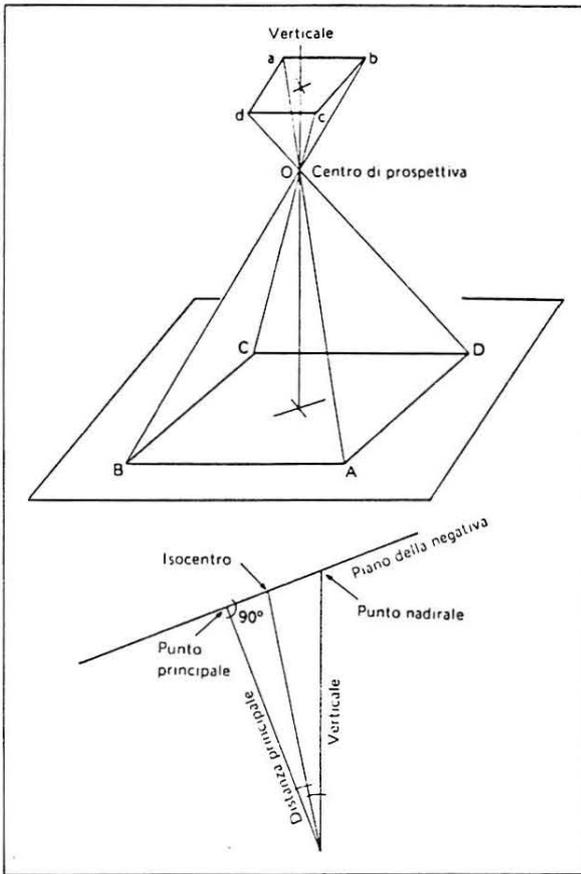


Figura 6. Punto nadirale, isocentro, distanza principale.

punto detto *punto nadirale* (fig. 6). Poichè generalmente le foto aeree più comunemente usate vengono riprese verticalmente, cioè con l'aereo orizzontale e l'asse ottico della camera verticale, il punto nadirale coincide quasi sempre con quello principale. Può accadere però che, per delle oscillazioni dell'aereo, essi non coincidano perfettamente; tuttavia differenze (*tilt*) fino a 4° non influiscono sulle misure che si possono fare su di una foto.

La bisettrice dell'angolo eventualmente formato dalla verticale passante per il centro di prospettiva con la perpendicolare dal centro suddetto al piano della negativa, incontra quest'ultima in un punto detto *isocentro*.

La distanza fra il centro di prospettiva ed il punto principale è detta *distanza principale*; è uguale (anche se non è sempre rigorosamente esatto) alla distanza focale della lente dell'obiettivo e viene sempre indicata con la lettera *c*. La congiungente il centro di prospettiva con il punto principale viene in qualche caso chiamata *asse principale*.

La distanza fra i centri di prospettiva di due foto contigue è detta *base aerea*.

Strisciata.

Si chiama *strisciata* (*strip, run*) una successione di foto scattate ad intervalli di tempo regolari da una stessa camera (fig. 7). Le riprese vengono effettuate

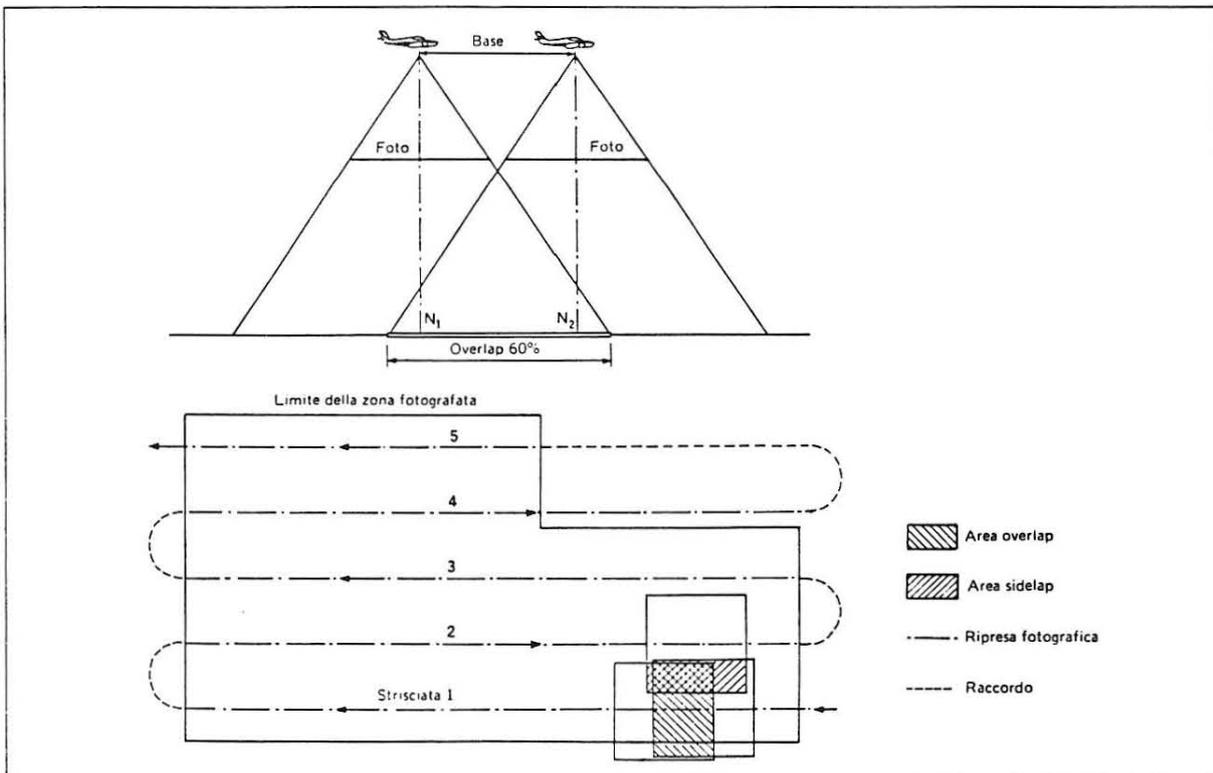


Figura 7. Tecnica di ripresa di una zona da fotografare.

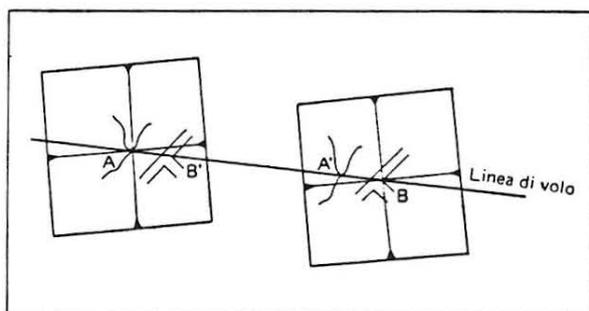


Figura 8. Determinazione della linea di volo. A è il punto principale del primo fotogramma, B il punto principale del secondo fotogramma.

in modo che ogni fotogramma della stessa strisciata si ricopra con quelli adiacenti nella misura del 60% circa (*overlap*). Ogni strisciata si sovrappone con quelle contigue, al fine di avere la copertura fotografica totale dell'area, nella misura del 15% circa (*sidelap*).

Linea di volo. Se si considerano le foto di una stessa strisciata e si riporta il punto principale di un fotogramma sul fotogramma adiacente ed, analogamente, se si riporta il punto principale del secondo fotogramma sul primo, si determinano 4 punti che, congiunti con una linea retta, permettono di individuare la *linea di volo*. I punti A e A' (fig. 8) vengono chiamati corrispondenti, analoghi o coniugati; lo stesso dicasi per B e B' e per tutte le coppie di punti che si trovino nelle stesse condizioni, cioè rappresentino immagini di uno stesso punto su due fotogrammi contigui della stessa strisciata.

Numero dei fotogrammi necessari per coprire una data area. Con sufficiente approssimazione si può calcolare tale numero per mezzo della seguente formula:

$$N = 4 \frac{S_t}{S_f}$$

ove S_t è l'area della zona da coprire, espressa in km^2 , mentre S_f è la superficie coperta da ogni fotogramma nel formato ed alla scala voluti, espressa sempre in km^2 . In questo calcolo ci si è basati sul presupposto che l'*overlap* sia pari al 60% e che il *sidelap* sia pari al 20%.

CLASSIFICAZIONE DELLE FOTOGRAFIE AEREE.

Esistono essenzialmente tre possibilità di classificazione delle fotografie aeree: in base all'orientamento dell'asse ottico della camera, in base all'angolo di campo dell'obiettivo della camera ed in base al tipo di pellicola usata.

Classificazione in base all'orientamento dell'asse ottico della camera.

Tale classificazione distingue le fotografie a seconda dell'assetto dell'asse ottico rispetto alla verticale passante per il centro di prospettiva (o centro ottico) della camera stessa. Avremo quindi: foto verticali e foto variamente inclinate.

Foto verticali.

Sono state riprese con asse ottico verticale; questa definizione non è sempre rigorosamente esatta, dal momento che può essere tollerata una deviazione dalla verticalità (*tilt*) inferiore ai 4° .

L'area coperta da una fotografia verticale è sempre minore di quella presentata da una qualsiasi foto inclinata. L'ampiezza di quest'area dipenderà ovviamente dalla scala: foto a grandi scale (superiori a 1 : 25 000) offrono maggiori dettagli, ma coprono aree piuttosto ridotte, con la conseguenza di risultare costose; quelle a piccola scala (inferiori a 1 : 33 000) portano minori dettagli, ma riproducono aree molto ampie e quindi sono decisamente economiche; a ciò si aggiunga che, per lo studio di qualche particolare, possono venire ingrandite fino a 8 volte.

Il grande vantaggio delle fotografie verticali è che la scala, in ogni singolo fotogramma, può ritenersi costante, a condizione che non vi siano forti dislivelli. Inoltre tali foto, considerate come delle vere e proprie carte topografiche (vengono comunemente usate sul terreno al posto di queste ultime), offrono l'indiscutibile vantaggio di rendere agevole il trasferimento delle eventuali annotazioni su di una carta topografica della zona, data l'ottima corrispondenza esistente.

In questo tipo di fotografie il formato dell'area ripresa è rettangolare.

Foto inclinate.

Sono state riprese con l'asse ottico variamente inclinato sulla verticale. Se ne distinguono diversi tipi.

Fotografie molto inclinate (high oblique photographs). Vengono generalmente riprese con asse ottico della camera inclinato di $60^\circ - 70^\circ$. In questi fotogrammi è sempre visibile la linea dell'orizzonte, necessaria per conoscere l'angolo d'inclinazione della camera; essi permettono di coprire un'area maggiore di quella delle foto verticali, area che mostra una caratteristica forma trapezoidale.

Il grande svantaggio di tutte le fotografie inclinate è di avere una scala che diminuisce passando dagli oggetti in primo piano a quelli sullo sfondo. Per determinare la scala di una foto obliqua è necessario riferirsi a tre posizioni ben precise del fotogramma: il bordo inferiore, la linea mediana, passante ovviamente

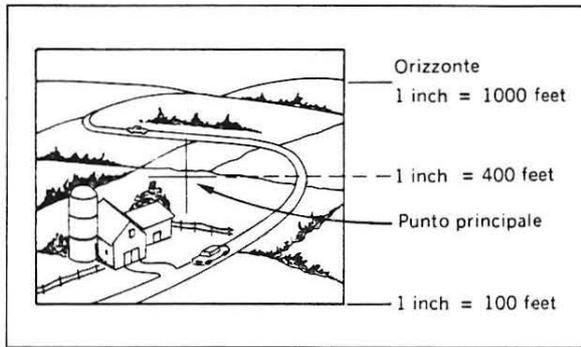


Figura 9. Nelle fotografie inclinate la scala diminuisce passando dal bordo inferiore al bordo superiore del fotogramma.

per il punto principale, ed il bordo superiore; quindi in pratica si devono determinare tre scale, una per ciascuna delle posizioni suddette. In particolare, nelle fotografie molto inclinate, la scala diminuisce dal bordo inferiore a quello superiore del fotogramma (fig. 9); in maniera analoga si comportano sia la chiarezza che i particolari della fotografia, spesso già indistinguibili in prossimità del bordo superiore. Gli eventuali allineamenti risultano distorti; le pendenze rivolte all'obiettivo della camera appaiono accentuate, mentre quelle diversamente orientate vengono ridotte; in quest'ultimo caso poi, le scarpate subverticali o comunque con pendenza superiore all'angolo d'inclinazione dell'asse ottico, risultano invisibili.

Le fotografie molto inclinate possono venire trasformate in fotografie verticali per mezzo di particolari strumenti, quali lo *sketchmaster*. Questo tipo di fotografia è usato soprattutto a scopo illustrativo e didattico.

Foto piano-parallele o Trimetrogon. Si tratta di un tipo molto particolare di foto inclinate, divulgatosi durante la seconda guerra mondiale. Sull'aereo sono montate tre camere: una centrale, con asse ottico verticale, due laterali, inclinate verso l'esterno, ma tali da scattare fotografie che si ricoprono con quelle della camera verticale. L'inclinazione degli assi ottici delle due camere oblique è di 60° sull'asse verticale (fig. 10). E' chiaro che le tre camere scattano simultaneamente ad intervalli di tempo costanti. I fotogrammi obliqui mostrano la linea dell'orizzonte, dal momento che gli angoli di campo degli obiettivi risultano più alti dell'orizzontale di $7^\circ - 8^\circ$.

Per quanto riguarda la scala dei fotogrammi, vale quanto detto per i tipi precedentemente illustrati. In particolare, le foto verticali del tipo Trimetrogon presentano in genere scale dell'ordine di $1 : 40\,000$ e a tutti gli effetti si possono considerare come delle vere e proprie fotografie verticali.

I fotogrammi obliqui del tipo Trimetrogon presentano le seguenti caratteristiche: possono venire stereo-

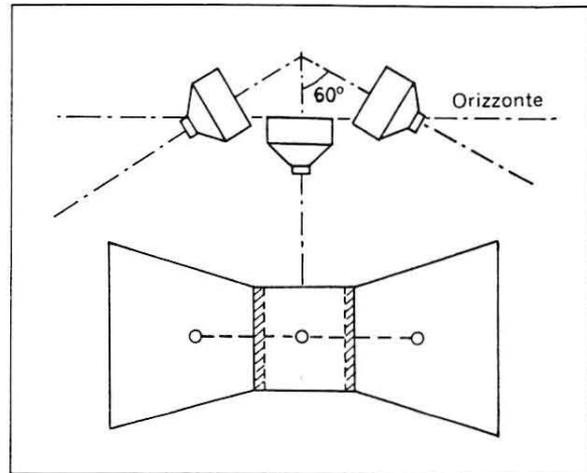


Figura 10. Sistema Trimetrogon: schema della disposizione delle tre camere e dell'area coperta dalle foto.

scopicamente utilizzati solo nella loro porzione superiore, cioè al di sopra del punto principale, infatti nella porzione inferiore le foto tendono a sfocarsi e i particolari a divenire indistinti; inoltre tali fotogrammi spesso mostrano condizioni d'esposizione diverse, a causa delle differenti condizioni di luce dovute, a loro volta, alla posizione del sole rispetto alle due camere inclinate.

Le fotografie di questo tipo trovano applicazione in geologia, soprattutto per il riconoscimento dei tipi litologici e delle maggiori strutture. Questo sistema di ripresa aerea permette di coprire grandi estensioni di territorio con pochi fotogrammi, risultando quindi decisamente economica; permette inoltre di unire i vantaggi delle fotografie verticali a quelli delle foto oblique.

Foto poco inclinate (twin low oblique photographs). In questi ultimi anni è stato messo a punto un nuovo procedimento di ripresa aerea che differisce dal Trimetrogon per le seguenti caratteristiche: sull'aereo sono montate due sole camere, con gli assi ottici inclinati di 20° sulla verticale, che scattano simultaneamente fotografie definite a bassa inclinazione o poco inclinate. Questo nuovo procedimento d'esecuzione di fotografie aeree oblique, si è sviluppato secondo modalità leggermente diverse, denominate *sistema convergente* e *sistema trasversale*.

a) Sistema convergente. In questo caso le due camere sono disposte sulla linea di volo ma orientate, con l'inclinazione nota di 20° sulla verticale, una verso l'avanti e l'altra all'indietro, cioè verso la coda dell'aereo (fig. 11). In tal modo si riesce ad ottenere, con il primo fotogramma della camera rivolta all'avanti e il secondo fotogramma della camera rivolta all'indietro, un *overlap* del 100%.

b) Sistema trasversale. Le camere sono qui disposte

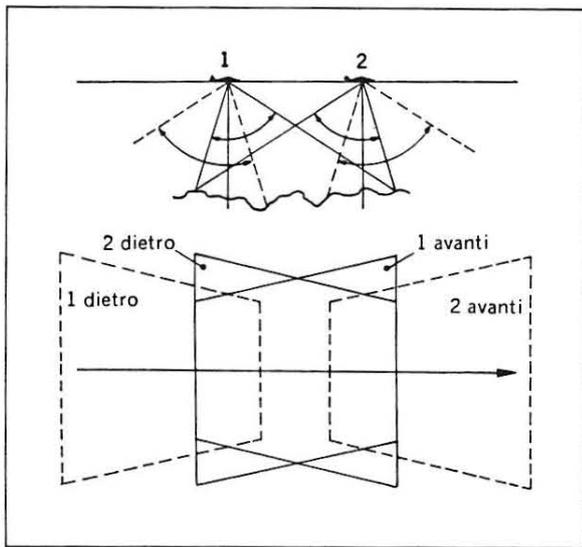


Figura 11. Foto poco inclinate: tecnica di ripresa ed area fotografata secondo il sistema convergente.

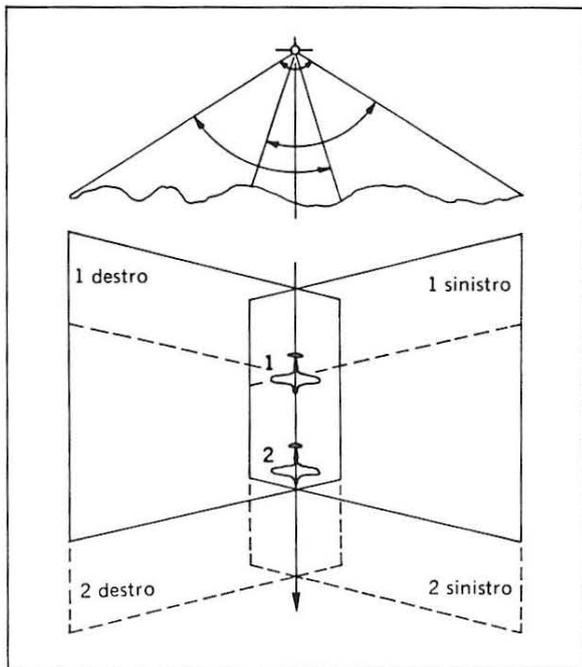


Figura 12. Foto poco inclinate: tecnica di ripresa ed area fotografata secondo il sistema trasversale.

lateralmente alla linea di volo ed orientate, rispetto a quest'ultima, verso l'esterno, come nel sistema Trimetrogon, ma con inclinazione di 20° ; le fotografie vengono scattate perpendicolarmente alla linea di volo (fig. 12). L'overlap che si riesce ad avere è del 60%. La scala è ovviamente variabile, come in tutte le foto oblique; in particolare, fra il bordo superiore e quello inferiore del fotogramma vi è una differenza del 75%.

Le foto di entrambi i sistemi possono venire trasformate in foto verticali per mezzo di una speciale

macchina stampatrice. Queste foto poco inclinate sono più economiche di quelle verticali, perchè permettono di coprire aree più vaste, e sono da preferirsi a quelle Trimetrogon, perchè possono venire trasformate in verticali molto più facilmente, dando anche risultati decisamente migliori come chiarezza.

Classificazione in base all'angolo di campo dell'obiettivo della camera.

Per quanto riguarda l'angolo di campo dell'obiettivo della camera si può operare la seguente distinzione.

Angolo standard o normale angolo fotografico; è dell'ordine di 60° . Esempi: formato 18×18 cm, $c = 210$ mm; formato 14×14 cm, $c = 170$ mm. Nomi e marche di alcuni obiettivi: Aviotar (Wild), Topar (Germania Occidentale).

Grandangolo; è dell'ordine dei 90° . Esempi: formato 23×23 cm, $c = 152$ mm; formato 18×18 cm, $c = 115$ mm; formato 14×14 cm, $c = 100$ mm. Nomi e marche di alcuni obiettivi: Aviogon Universal (Wild), Lamegon (Germania Orientale), Pleogon (Germania Occidentale).

Super grandangolo; è dell'ordine dei 120° . Esempi: formato 23×23 cm, $c = 88,5$ mm; formato 18×18 cm, $c = 170$ mm. Nomi e marche di alcuni obiettivi: Super Aviogon (Wild), Super Aviogon II (Wild), Missar (URSS).

Classificazione in base al tipo di pellicola usata.

Secondo questo criterio classificativo si possono distinguere i seguenti tipi di foto: in bianco e nero normali (ortocromatiche, pancromatiche); in bianco e nero all'infrarosso; a colori normali; a colori all'infrarosso.

Foto in bianco e nero normali. Riproducono con diverse tonalità di grigio ciò che in natura appare variamente colorato. Le pellicole ortocromatiche danno una gamma di toni di grigio meno ampia delle pancromatiche, che sono di conseguenza le più usate. Fra le pellicole pancromatiche la più comune è quella con indice di sensibilità pari a 100 ASA (22 DIN), soprattutto per foto a grande scala; per foto a scala media si può usare anche una pellicola meno veloce (18-20 DIN) con più alto contrasto, grana più fine e tempo d'esposizione più lungo. I limiti delle pellicole pancromatiche sono rappresentati dalla loro bassa sensibilità alla luce verde (fig. 13) con la conseguenza che, risultando molto simili fra loro i diversi toni di verde, risulta difficoltoso distinguere i vari tipi di vegetazione. Quando il bosco è però costituito esclusivamente da conifere, una pellicola pancromatica può essere vantaggiosamente impiegata per lo studio e la classificazione delle piante. Con le pellicole pancromatiche

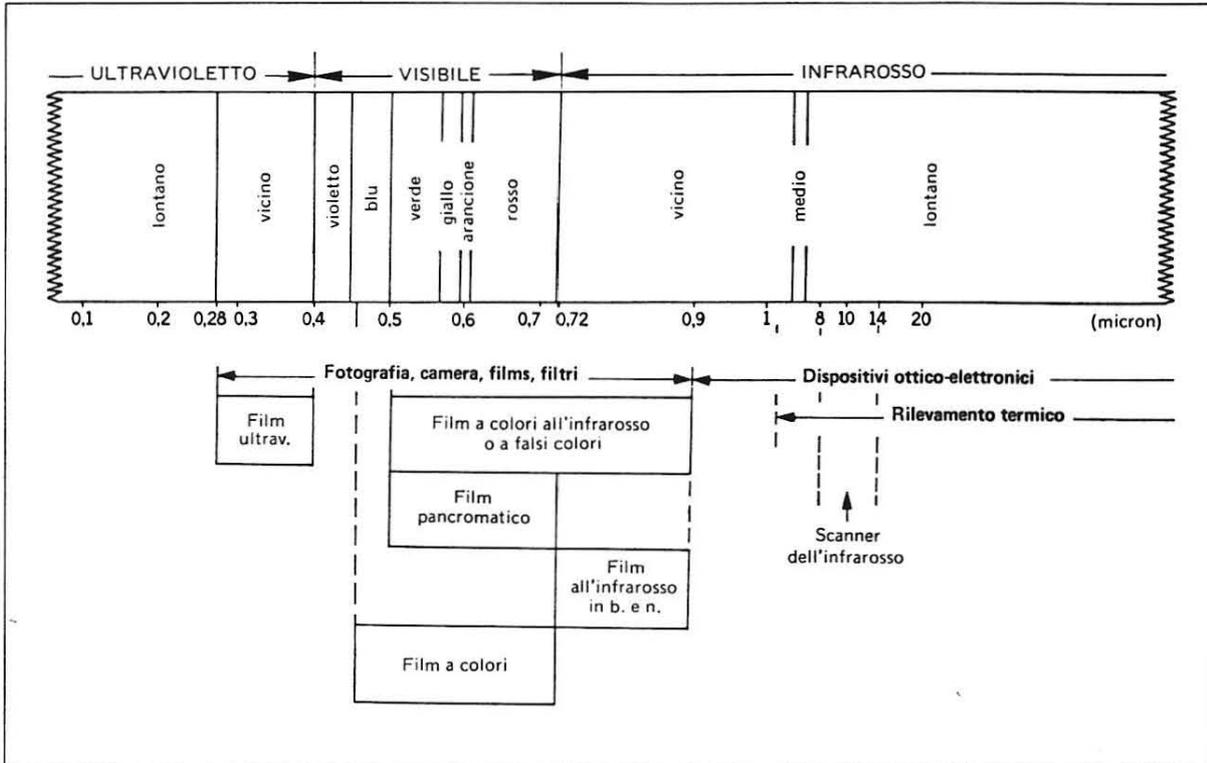


Figura 13. Spettro sensibile di vari tipi di pellicole.

viene abitualmente usato un filtro giallo, chiaro o medio.

Foto in bianco e nero all'infrarosso. La pellicola in bianco e nero all'infrarosso risulta sensibile non solo alle radiazioni della luce infrarossa, ma anche a quelle della luce blu-violetta e del verde. Vengono però di frequente usate con filtri rossi o rosso scuri, che impediscono il passaggio delle radiazioni ultraviolette e di quelle di una larga banda dello spettro visibile; quindi in pratica viene utilizzata solo una piccola parte della banda del rosso e dell'infrarosso, compresa fra 0,7 e 0,9 micron (fig. 13).

Gli oggetti fotografati risultano, sulla pellicola, con tonalità di grigio che dipendono dalla capacità dell'oggetto di riflettere la luce infrarossa, più che dal suo reale colore. Infatti per esempio, la vegetazione a latifoglie, che possiede un'alta capacità riflettiva dovuta alla clorofilla delle foglie, appare sulla foto con toni chiari, mentre la vegetazione a foglie strette (ad esempio le conifere), che tende ad assorbire piuttosto che riflettere l'infrarosso, si mostra con toni scuri. Inoltre piante ammalate o in procinto di morire possono venire distinte da quelle sane in base ad una variazione di tonalità della pellicola. Infatti, quando il fogliame è attaccato dagli insetti o da malattie, uno dei primi cambiamenti che si manifestano è per l'appunto dato da una perdita della capacità riflettiva dell'infrarosso; questo mutamento nella condizione di sa-

lute delle piante, viene rivelato dalla fotografia all'infrarosso parecchi giorni e persino settimane prima che possa venire notato dall'occhio umano.

Si può ancora ricordare che la grande maggioranza delle piante sempre verdi presenta la caratteristica di avere una bassa capacità riflettiva della luce infrarossa, con la conseguenza già nota di apparire sulle fotografie con toni decisamente scuri. L'acqua infine, assorbe completamente, o quasi, la luce infrarossa e risulta sulla foto con toni nerastri. Questo tipo di pellicola è comunemente usato per studi sulla vegetazione o sull'idrografia di una regione particolarmente boscosa.

Foto a colori normali. La normale pellicola a colori permette di ottenere foto nelle quali gli oggetti fotografati si mostrano con i loro colori reali riprodotti abbastanza fedelmente. Sarebbero le migliori in senso assoluto per qualsiasi tipo di studio, se l'alto costo (circa da 2 a 10 volte quello di una normale foto in bianco e nero) non ne riducesse l'impiego a casi particolari.

Foto a colori all'infrarosso. Dette anche "a falsi colori", sono usate solo in casi particolarissimi, poiché hanno il pregio di evidenziare in maniera nettissima alcuni particolari della zona fotografata, ma hanno il difetto di confondere tutti gli altri.

Queste pellicole, infatti, sono state concepite per porre in risalto le differenze, nella capacità riflettiva

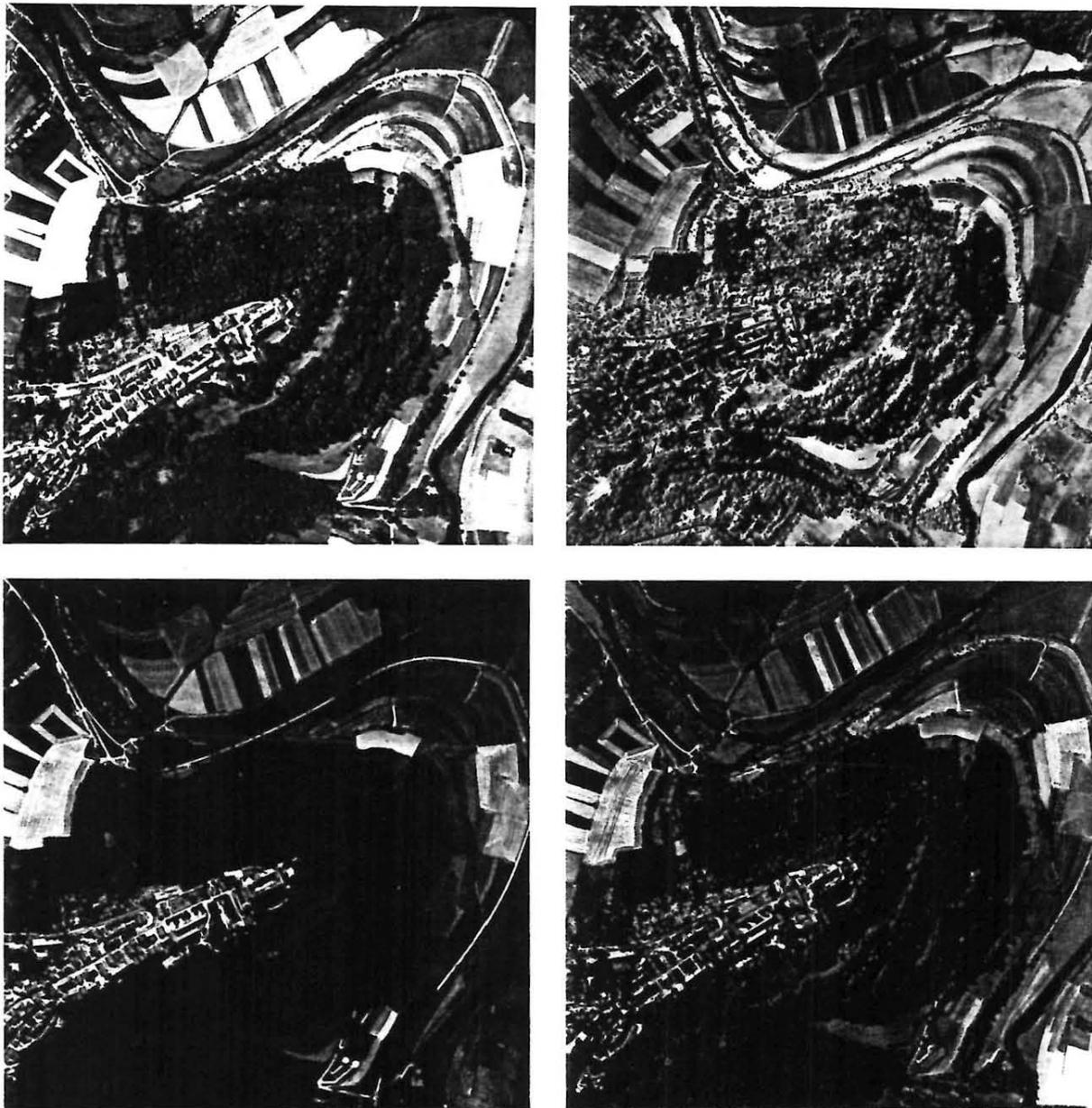


Figura 14. Le quattro fotografie mostrano la stessa veduta aerea di Langenburg (Germania Occidentale), ripresa da una quota di volo corretta (cioè riferita al suolo) di 1000 m, utilizzando una pellicola pancromatica (in alto a sinistra), una in bianco e nero all'infrarosso (in alto a destra), una a colori (in basso a sinistra) ed una a colori all'infrarosso (in basso a destra). Le riprese sono state effettuate con camera Zeiss RMK A 15/23, provvista di obiettivo Pleogon A con focale $f = 135$ mm. La scala delle foto è 1 : 6.550 circa, quella della figura 1 : 11.500. (Per gentile concessione della Carl Zeiss s.r.l.)

dell'infrarosso, fra la vegetazione sana e tutti quegli oggetti apparentemente simili, o per lo meno tali all'occhio umano, perchè celati sotto colori verdi assorbenti le radiazioni infrarosse. Pertanto tali pellicole, meglio ancora di quelle in bianco e nero all'infrarosso, vengono sfruttate per la rivelazione preventiva delle malattie e delle epidemie d'insetti dei boschi. Si può ricordare che su tali fotografie le piante sane a foglie caduche, in primavera ed in estate, appaiono colorate in rosso o carminio; le conifere sane in viola rossastro

o bluastro. Il fogliame morto o sul punto di seccarsi risulta invece colorato in verde brillante, perchè queste foglie hanno ormai perso la loro capacità riflettiva dell'infrarosso. Le foglie che d'autunno hanno cambiato semplicemente colore, hanno invece conservato parte della loro riflettività, pertanto, quelle rossastre appariranno gialle sulla fotografia, mentre quelle gialle risulteranno quasi bianche. Recentemente le pellicole a colori all'infrarosso hanno trovato larga applicazione, soprattutto negli Stati Uniti, in un nuovo campo, quel-

lo dell'inquinamento delle acque. Molti tipi di inquinamento possono venire rivelati ed essere valutati da un accurato studio di tali fotografie; in particolare si possono individuare i punti di scarico delle fognature, di prodotti petrolchimici, di acidi e di sali metallici. Abbastanza di frequente la foto a colori all'infrarosso permette anche di identificare il tipo di installazione industriale responsabile dell'inquinamento.

Le quattro fotografie di fig. 14 mostrano, per confronto, la stessa area ripresa con una pellicola pancromatica, una in bianco e nero all'infrarosso, una a colori ed una a colori all'infrarosso.

SPOSTAMENTO DI UN PUNTO IMMAGINE PER EFFETTO DEL RILIEVO (relief displacement).

Per *relief displacement* s'intende lo spostamento subito, per effetto del rilievo, da un punto su di una foto rispetto alla sua reale posizione sul terreno; in questo caso il piano della foto va preso come piano di riferimento.

Sia *O* il centro di prospettiva, *n'* il punto principale sul negativo di un fotogramma verticale ed ω il piano di riferimento orizzontale (fig. 15). Si supponga che nel campo di una foto esista un punto più elevato degli altri, per esempio una torre che si innalzi su di un poggio. Sia *a'b'* l'immagine sul piano del negativo e quindi sulla foto, di *AB* (altezza della torre + dislivello). Dalla similitudine dei triangoli *AA''B* e *A''ON* si avrà:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta Z}{Z_m}$$

Si osservi ora che *r* e Δr sono le immagini, sul piano del negativo, rispettivamente di *R* e ΔR ; per cui si avrà

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta r}{r}$$

e quindi

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta Z}{Z_m} \tag{2}$$

da cui, ricavando Δr , segue

$$\Delta r = r \frac{\Delta Z}{Z_m}$$

ove Δr è lo spostamento dovuto al rilievo; *r* la distanza dal punto principale del punto spostato, ΔZ l'altezza della torre + dislivello o differenza d'altezza e Z_m la quota di volo sul piano di riferimento. La (2) può anche venire utilizzata per conoscere il valore di ΔZ ; infatti:

$$\Delta Z = Z_m \frac{\Delta r}{r} \tag{3}$$

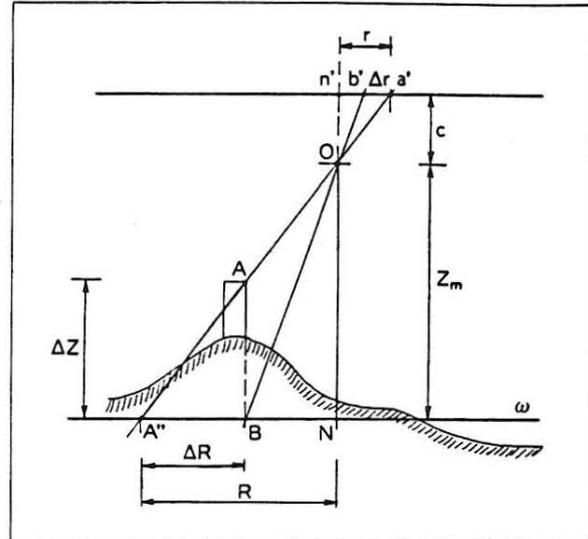


Figura 15. Spostamento di un punto immagine per effetto del rilievo.

La (2) dimostra come il *relief displacement* sia direttamente proporzionale alla distanza dal punto principale ed alla differenza di altezza sul (o sotto) il piano di riferimento, inversamente proporzionale alla quota di volo.

La (3) permette di conoscere l'altezza di un oggetto in base al suo *relief displacement*, disponendo di una singola foto: può venire utilizzata solo nel caso che il punto più alto sia esattamente sulla verticale di quello inferiore, cioè solo quando l'oggetto sia verticale. Questa formula, quindi, si presta per conoscere l'altezza di edifici, torri, alberi etc., ma ha scarse applicazioni in fotogeologia.

VISIONE STEREOSCOPICA.

Visione stereoscopica naturale.

Il senso della profondità, terza dimensione, può ottenersi in diversi modi: confrontando fra loro più oggetti di forma diversa e non troppo lontani l'uno dall'altro, oppure, più comunemente ricorrendo alla visione binoculare.

I nostri occhi normalmente ci danno dello stesso soggetto, due visioni leggermente diverse, che vengono fuse dal cervello in modo da elaborare una visione tridimensionale del modello. Questo effetto tridimensionale è piuttosto limitato e diminuisce rapidamente per distanze superiori al metro, quindi si può dire che la visione binoculare rappresenta soprattutto un aiuto per controllare e dirigere i movimenti degli arti.

Visione stereoscopica artificiale.

Se, invece di osservare direttamente un determinato modello, guardiamo le foto di questo modello scat-

tate da due differenti punti di vista, possiamo ugualmente ottenere, in determinate condizioni, una visione tridimensionale o stereoscopica molto simile a quella originale.

Caratteristiche delle fotografie stereoscopiche.

– Le fotografie stereoscopiche devono coprire, almeno in parte, la stessa area.

– L'asse ottico della camera da ripresa deve giacere sempre, cioè quando si effettuano le riprese fotografiche dello stesso soggetto o scena, su di uno stesso piano.

– Il rapporto fra la distanza B di due punti di stazione (o di ripresa fotografica) contigui e la distanza Z che intercorre tra il soggetto delle riprese fotografiche e la congiungente i due punti di stazione suddetti, deve avere un valore non inferiore a 0,02, perchè altrimenti, pur ottenendo la fusione delle due immagini, non si avrebbe la visione tridimensionale del soggetto. Il valore teorico ideale del rapporto B/Z non deve allontanarsi troppo da 0,25; in fotogrammetria, però, vengono usati con buoni risultati anche valori superiori a 2.

– Le foto devono essere tutte alla stessa scala; foto con differenze dell'ordine del 15% possono venire ugualmente utilizzate in modo soddisfacente; si fa però presente che variazioni nella scala superiori al 5% possono provocare disturbi o comunque affaticare l'osservatore, soprattutto nel caso di osservazioni prolungate.

Rapporto base-altezza.

Si abbiano due paia di fotografie stereoscopiche scattate da differenti altezze di volo e tali da avere lo stesso formato e da ricoprire la medesima area. Si abbia, per il primo paio, base aerea $O_1 O'_1 = B_1$, altezza di volo Z_1 , distanza principale c_1 e, per il secondo paio, base aerea $O_2 O'_2 = B_2$, altezza di volo Z_2 , distanza principale c_2 (fig. 16). Sia inoltre RR' l'*overlap* comune alle due paia di foto.

Poichè si è partiti dal presupposto che le fotografie abbiano lo stesso formato e ricoprono la medesima area, ne consegue che avranno anche la stessa scala, quindi

$$\frac{c_1}{Z_1} = \frac{c_2}{Z_2}$$

Inoltre dalla fig. 16 si ricava anche che gli angoli in O_1 e O'_1 del primo paio sono minori di quelli in O_2 e O'_2 del secondo paio, e che il rapporto base-altezza del primo paio è minore di quello del secondo paio, cioè $B_1/Z_1 < B_2/Z_2$ (infatti è $B_1 = B_2$ e $Z_1 > Z_2$).

Si possono quindi trarre le seguenti conclusioni:

– il rapporto base-altezza aumenta quando dimi-

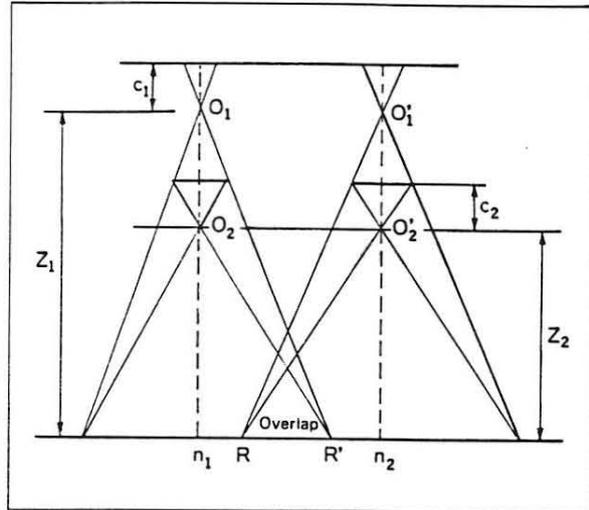


Figura 16. Rapporto base-altezza per foto scattate da diverse altezze, tali da avere lo stesso formato e da ricoprire la medesima area.

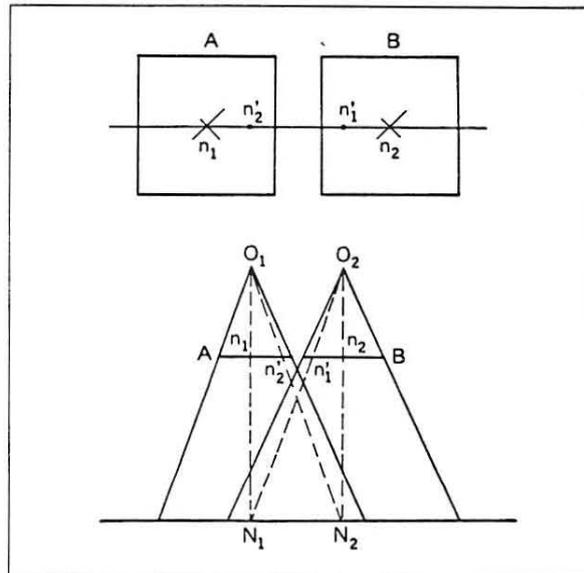


Figura 17. Determinazione del rapporto base-altezza.

nuisce l'*overlap*; infatti il valore del rapporto B/Z aumenta con il numeratore B , il che significa, in pratica, aumentare la distanza fra due centri di prospettiva contigui, e quindi ridurre l'*overlap*;

– ad un maggiore angolo di visuale (o campo della camera) corrisponde un più alto valore del rapporto base-altezza; infatti dalla fig. 16 si vede chiaramente che, per aumentare uno degli angoli di visuale, conservando lo stesso *overlap*, è necessario ridurre l'altezza di volo e quindi, se nella frazione B/Z si diminuisce il valore del denominatore, aumenta quello del rapporto.

Date due fotografie stereoscopiche, si può facilmente risalire al valore del rapporto base-altezza. Infatti,

siano A e B due foto stereoscopiche verticali, con base aerea orizzontale, di un terreno piuttosto piatto (fig. 17); siano n_1 e n_2 i punti principali rispettivamente di A e B , cui corrispondono, rispettivamente in B e in A i punti n'_1 e n'_2 . Per le premesse fatte, i segmenti $n_1 n'_2$ e $n'_1 n_2$ saranno uguali, perchè immagini della stessa distanza $N_1 N_2$ sul piano di riferimento; tali segmenti vengono chiamati *foto base* (*photo bases*). Poniamo $n_1 n'_2 = n'_1 n_2 = b'$. Dalla similitudine dei triangoli $N_1 O_1 N_2$ e $n_1 O_1 n'_2$ si ha:

$$\frac{N_1 N_2}{O_1 N_1} = \frac{n_1 n'_2}{O_1 n_1}$$

ma, essendo $N_1 N_2 = B$, $O_1 N_1 = Z$ e $O_1 n_1 = c$ (distanza principale), si avrà

$$\frac{B}{Z} = \frac{b'}{c}$$

Per concludere, date due foto, per risalire al loro rapporto base-altezza, è sufficiente misurare sulle foto stesse, dopo averne determinato i punti principali, la distanza b' : il rapporto fra quest'ultima e la distanza principale, o distanza focale, riportata nel *data-strip*, coincide col valore del rapporto B/Z .

Modalità di esecuzione di fotografie stereoscopiche terrestri.

Eeguire delle fotografie stereoscopiche terrestri (cioè non dall'aereo) con una normale macchina fotografica, non è difficile. E' importante tenere presente che l'asse ottico della macchina deve essere sempre orizzontale, perpendicolare al soggetto e deve mantenersi alla stessa altezza sul piano-campagna; la base B deve venire preventivamente calcolata sia in funzione dell'*overlap* sia in funzione del rapporto base-altezza, che in questo caso si chiamerà più appropriatamente base-distanza B/D . In questa frazione B (base) indica come al solito, la distanza fra i due centri di prospettiva, mentre D è la distanza fra i suddetti centri ed il soggetto o la scena da fotografare. Dalla fig. 18 si ha

$$B = \frac{100 (FD) - FDR}{100 c}$$

in cui B è la base (espressa in metri), c la distanza focale della macchina fotografica (in millimetri), D la distanza del soggetto (espressa in metri e data, eventualmente, dal telemetro della macchina), F il formato del negativo (in millimetri) ed R l'*overlap* (in percentuale).

Esempio. Si voglia eseguire una fotografia in stereoscopia di un soggetto ad una distanza dall'osservatore di 10 m (si è già detto che per questo valore della

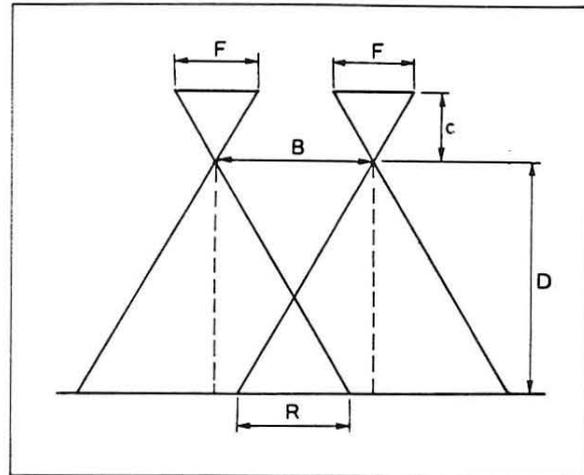


Figura 18. Schema indicativo per l'esecuzione di fotografie stereoscopiche terrestri.

distanza D può utilizzarsi quello fornito dal telemetro della macchina fotografica); il formato del negativo sia quello di una normale diapositiva, cioè 36 mm; la macchina fotografica abbia una distanza focale di 50 mm (valore molto frequente nelle macchine fotografiche di fabbricazione sia europea che extraeuropea); si fissi per l'*overlap* il valore normale del 60%. Si avrà, riportando tutti i valori in millimetri,

$$B = \frac{100 (36 \cdot 10000) - 36 \cdot 10000 \cdot 60}{100 \cdot 50} = \frac{14400000}{5000} = 2880 \text{ mm} = 2,88 \text{ m.}$$

Ciò significa che, dopo la prima foto, ci si deve spostare lateralmente di m 2,88, senza variare la distanza D e ricordando le precauzioni summenzionate, per poter scattare la seconda foto. Se calcoliamo ora, per questa coppia di foto stereoscopiche, il rapporto B/D , avremo:

$$\frac{B}{D} = \frac{2,88}{10} = 0,28,$$

valore molto vicino a quello teorico ideale di 0,25. Assegnando invece a B il valore di 1 m, risulta

$$\frac{B}{D} = \frac{1}{10} = 0,10,$$

valore ancora più che accettabile, cioè tale da garantire una buona visione tridimensionale. Ne segue che in pratica, quando si vuole scattare una coppia di foto in stereoscopia, è sufficiente spostarsi lateralmente di 1/10 della distanza che intercorre fra l'osservatore ed il soggetto fotografato. La formula sopra applicata può venire poi utilizzata per conoscere il valore R (*overlap*), una volta che siano note tutte le altre grandezze.

Stereoscopi.

Si è già detto che è possibile, guardando due fotografie di uno stesso modello scattate da due differenti punti di vista, avere una visione tridimensionale simile a quella reale o diretta. Ciò è possibile anche senza l'aiuto di strumenti ottici, ma risulta faticoso, stancante; si preferisce quindi ricorrere all'impiego di particolari apparecchi detti *stereoscopi*. Esistono due tipi di stereoscopi: a lenti ed a specchi.

Stereoscopi a lenti. A questa categoria appartengono gli stereoscopi tascabili (*pocket stereoscope*), così chiamati per le loro ridotte dimensioni, che ne consentono l'uso direttamente sul terreno. Gli stereoscopi tascabili normalmente sono dotati di lenti piano-convesse, con la faccia superiore piana e con una distanza focale di 100 mm. Ne segue che l'ingrandimento, espresso dal rapporto fra la distanza della visione distinta (250 mm) e la focale della lente, sarà

$$\frac{250}{100} \times = 2,5 \times.$$

Nei modelli più costosi esiste la possibilità di variare la distanza interpupillare, ma si tratta di una caratteristica non indispensabile per operatori con distanze interpupillari normali, cioè comprese fra 6,2 e 6,8 cm. Come si può intuire dalla fig. 19, le dimensioni di un simile tipo di apparecchio sono molto contenute e in genere non si discostano di molto da quelle del modello raffigurato (SRA Pocket Stereoscope) che sono: 13 x 6 x 1 cm; massima altezza delle gambe pieghevoli: 11,5 cm. A ciò si aggiunga che tali strumenti sono poco costosi, trasportabili e dotati di un campo di vista sufficientemente ampio.

Presentano però due inconvenienti non trascurabili.

1) Permettono ingrandimenti ridotti e comunque non superiori a 3 x, altrimenti non potrebbero essere equi-

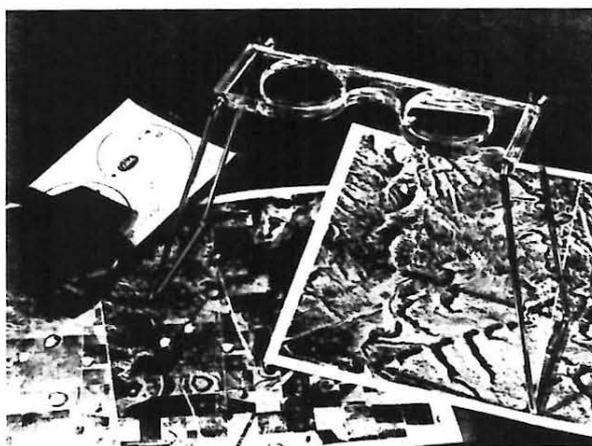


Figura 19. Stereoscopio tascabile: SRA pocket stereoscope, SRA Swedish National Map and Printing Organization.

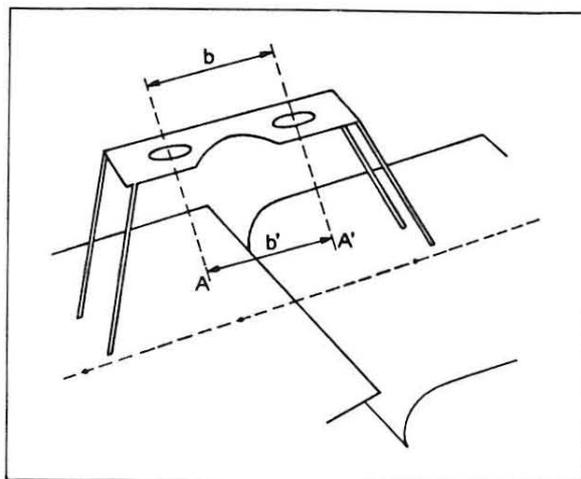


Figura 20. L'osservazione di fotografie di formato normale 23 x 23 cm con uno stereoscopio tascabile è possibile solo piegando le foto, perchè la distanza interpupillare dello strumento è inferiore alla distanza fra punti omologhi sulla coppia di foto. Nel disegno *b* indica la distanza interpupillare e *b'* la base stereoscopica.

paggiati con semplici (ed economiche) lenti piano-convesse, a causa delle aberrazioni che verrebbero ad introdursi; inoltre si aggiunga che, fermo restando l'uso di lenti piano-convesse, per ingrandimenti maggiori si renderebbe necessario diminuire la lunghezza delle gambe dello strumento (ciò significa in altre parole ridurre l'altezza dell'apparecchio) con la conseguenza che ne diverrebbe molto scomodo l'impiego e che non si riuscirebbe ad avere una sufficiente illuminazione delle foto. 2) E' impossibile osservare dei fotogrammi di formato normale 23 x 23 cm, senza piegarli; infatti per avere la visione stereoscopica è necessario che la distanza fra punti analoghi sulle foto (distanza misurata sulla linea di volo o su linee parallele a quest'ultima) sia uguale o inferiore alla distanza interpupillare dello strumento; ora, date le ridotte dimensioni di questo ed il grande formato delle foto, ciò non è possibile senza piegare le foto stesse (fig. 20), perchè normalmente si ha una distanza interpupillare dello strumento di 62 - 68 mm contro una distanza fra punti analoghi di 200 mm circa.

Stereoscopi a specchi (o a specchi e prismi). Un apparecchio di questo tipo risulta essenzialmente costituito da 2 lenti e 2 coppie di specchi, oppure da 2 lenti, 2 prismi e 2 specchi. Le lenti hanno una distanza focale eguale alla distanza che intercorre fra le lenti stesse e le fotografie, distanza calcolata però seguendo il tragitto indicato nella fig. 21. La lunghezza di questo percorso è generalmente compresa fra 260 e 350 mm; questo valore riferito alla distanza focale delle lenti, fa sì che l'ingrandimento di norma oscilli fra 1 x e 0,7 x. La distanza *AB* viene comunemente chiamata base strumentale o stereobase. Questi stereo-

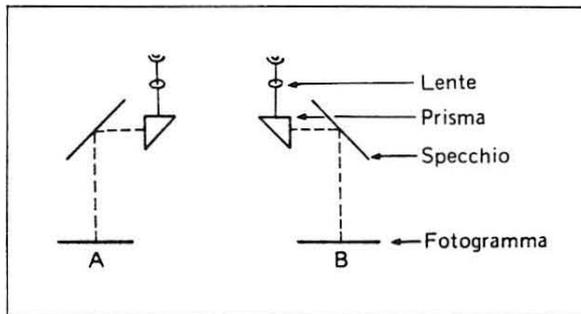


Figura 21. Schema di uno stereoscopio a specchi e prismi.

scopi possono poi venire dotati di coppie supplementari di cannocchiali con ingrandimenti variabili da 3 x ad 8 x.

Per ognuno di questi apparecchi è necessario distinguere le caratteristiche ottiche da quelle meccaniche. Le caratteristiche ottiche da considerare sono le seguenti.

– Ingrandimento. Quasi tutti gli stereoscopi di questo tipo in commercio danno due ingrandimenti, uno compreso fra 0,7 x ed 1 x, l'altro fra 3 x ed 8 x. E' chiaro che un forte ingrandimento può rendersi necessario nel caso che si debbano identificare dei particolari molto piccoli, oppure nel caso che ci siano da effettuare delle misure molto precise. Generalmente per l'interpretazione geologica delle foto un ingrandimento di 3 x o 4 x è più che sufficiente.

– Campo di osservazione. Deve essere il più ampio possibile; i valori indicativi dell'ampiezza del campo (espressa per mezzo del suo diametro), in funzione dell'ingrandimento, sono i seguenti.

Ingrandimento	Campo d'osservazione (mm)
0,75 x	200
1,00 x	150
1,50 x	100
2,00 x	75
3,00 x	50
4,00 x	37
6,00 x	25
8,00 x	18

– Qualità dell'immagine. Questa qualità ottica può essere evidenziata solo dal confronto diretto fra apparecchi di differente modello e marca diversa: vi è da dire però che, da questo punto di vista, attualmente gli stereoscopi delle marche più note si equivalgono tutti.

Per quanto riguarda le qualità meccaniche di uno stereoscopio, bisogna sottolineare che esso deve avere le seguenti prerogative:

- deve essere di robusta costruzione;
- deve avere una base strumentale di almeno 240 mm, in modo da permettere l'analisi di una coppia di

foto di formato normale (23 x 23 cm), senza dover spostare ripetutamente l'apparecchio stesso;

– deve avere una distanza interpupillare variabile da 55 a 75 mm;

– deve essere sufficientemente alto da rendere possibile l'annotazione delle foto per mezzo di una normale matita, senza toccare con quest'ultima gli specchi principali;

– deve consentire all'osservatore una comoda posizione di lavoro; in altri termini, l'angolo tra la visuale dell'osservatore e l'orizzontale deve essere compreso fra 20° e 50°;

– deve essere provvisto di maniglie che permettano di maneggiarlo senza correre il rischio di toccare con le dita gli specchi, che sono sempre la parte più delicata dello strumento.

Tipi di stereoscopi (1).

I principali tipi di stereoscopi a specchi ed a lenti, cioè quelli più comunemente usati, almeno in Europa, e quindi reperibili sul mercato italiano, sono alcuni modelli di produzione Galileo, ODSS, Topcon, Wild e Zeiss.

Stereoscopio Galileo (Firenze, Italia) (2), modello SFG 2d.

L'apparecchio, illustrato in fig. 22, ha le seguenti caratteristiche tecniche:

- distanza interpupillare variabile;
- possibilità di scelta fra due ingrandimenti: 0,7 x e 4,5 x;
- campo d'osservazione molto ampio e pari a 180 x 230 mm;
- base strumentale di 280 mm.

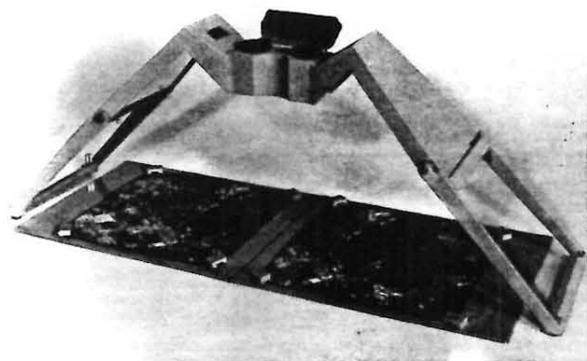


Figura 22. Stereoscopio Galileo modello SFG2d.

(1) Tutti i dati e le fotografie degli apparecchi sono stati gentilmente forniti dalle case costruttrici o desunti, dietro loro autorizzazione, dagli opuscoli pubblicitari più aggiornati.

(2) Officine Galileo, via C. Bini 44, Firenze.



Figura 23. Stereoscopio Galileo modello SFG1a.

Stereoscopio Galileo, modello SFG 1a.

Si tratta di un apparecchio da campagna o tasca-
bile di recentissima produzione (fig. 23) che presenta
le seguenti caratteristiche tecniche:

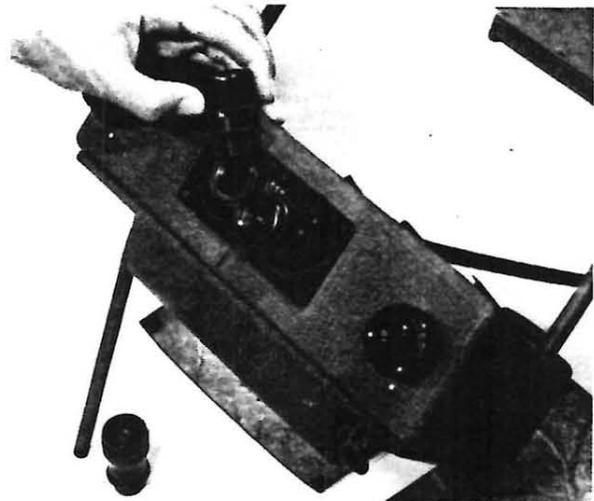
- possibilità di variare la distanza interpupillare;
- ingrandimento di 5 x;
- campo d'osservazione di 40 x 40 mm;
- possibilità di piegare le fotografie formato 23 x
x 23 cm, senza sciuparle o segnarle:
- peso di 1 kg;
- dimensioni della custodia: 23 x 16 x 5 cm.

*Stereoscopio De Oude Delft (Delft, Olanda), (3) mo-
dello unico ODSS.*

Si tratta del modello unico Old Delft Scanning
Stereoscope che possiede le seguenti caratteristiche
tecniche:

- distanza interpupillare variabile da 58 a 69 mm;
- angolo fra la visuale dell'osservatore e la verti-
cale di 45°;
- tre coppie di ingrandimenti, grazie alla possibi-
lità di cambiare gli oculari dell'apparecchio (fig. 24.a):
1,5 x - 4,5 x (dotazione standard); 2 x - 6 x; 3 x -
- 9 x;
- campo d'osservazione particolarmente ampio,
per la possibilità di spostarlo sia nel senso dell'asse x
che in quello dell'asse y, senza muovere nè lo strumen-
to nè le fotografie, ma con la semplice rotazione di
un pomello (quello all'estremità destra dell'apparec-
chio nella fig. 24.b); ciò rende possibile l'osservazio-
ne dell'intero *overlap* di fotogrammi dal formato par-
ticolare, quale per esempio il 23 x 45 cm;
- possibilità di essere accoppiato con un altro ste-
reoscopio analogo in modo da permettere la visione
contemporanea a due osservatori (fig. 25).

(3) Oude Delft Italiana, via dei Tizii 4, Roma.



a)



b)

Figura 24. Stereoscopio De Oude Delft modello ODSS; in a) è
mostrata l'intercambiabilità degli oculari; in b), all'estremità
destra dell'apparecchio, è visibile il pomello che consente di
spostare il campo di osservazione.

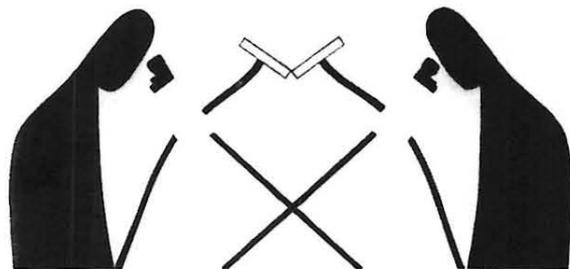


Figura 25. Accoppiamento di due stereoscopi De Oude Delft
modello ODSS in modo da permettere la visione contempo-
ranea a due osservatori.

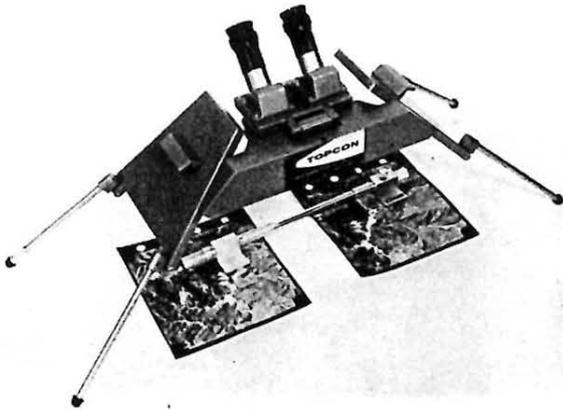


Figura 26. Stereoscopio Topcon modello III.

Stereoscopio Topcon (Tokyo, Giappone), (4) modello III.

Il Topcon Mirror Stereoscope mod. III (fig. 26) presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- distanza interpupillare variabile da 56 a 74 mm;
- angolo fra la visuale dell'osservatore e la verticale di 45°;
- possibilità di scelta, nella dotazione standard fra tre ingrandimenti e cioè 1 x, 1,8 x e 3 x; a richiesta si può avere anche una coppia di cannocchiali 6 x;
- campo d'osservazione ampio e comunque di ampiezza variabile a seconda dell'ingrandimento impiegato; i valori sono 180 x 240 mm (1 x), 170 x 170 mm (1,8 x), 70 x 70 mm (3 x), 30 x 30 mm (6 x);
- base strumentale di 260 mm;
- possibilità di fissare lo strumento ad uno speciale tavolo (ovviamente si tratta di un accessorio), detto tavolo stereoscopico, che permette di compiere traslazioni sia in senso trasversale che longitudinale e quindi di esplorare con i maggiori ingrandimenti tutta l'area dell'overlap senza perdere l'allineamento con la stereocoppia, ossia l'isorientamento fra apparecchio e stereocoppia.

Stereoscopio Wild (Heerbrugg, Svizzera) (5), modello ST4.

L'apparecchio, illustrato in fig. 27, presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- distanza interpupillare variabile da 56 a 74 mm, anche con le sole lenti di base;
- nella dotazione standard l'apparecchio è fornito soltanto delle due lenti di base che danno un ingrandimento di 1 x; a richiesta si possono avere due coppie di cannocchiali ingranditori da 3 x ed 8 x;
- campo d'osservazione di 180 x 230 mm con le

(4) Importatore: Pungetti, piazza Mercanzia 6, Bologna.

(5) Wild Italia S.p.A., via Quintiliano 41, Milano.

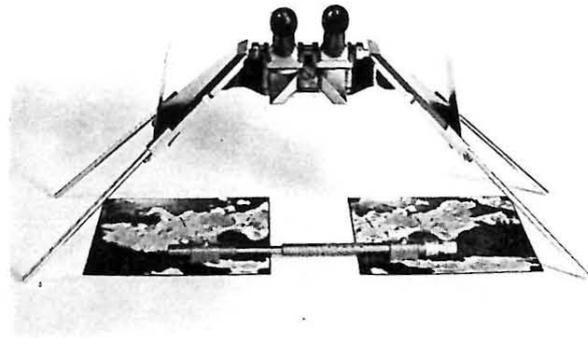


Figura 27. Stereoscopio Wild modello ST4.

lenti di base, di 70 x 70 mm con il 3 x e di 26 x 26 mm con l'8 x;

- base stereoscopica di 250 mm, costante per ogni valore della distanza interpupillare;
- possibilità di avere un tipo diverso di supporto per una maggiore comodità di lavoro.

Stereoscopio Wild, modello TSP1 (5').

Si tratta di un apparecchio tascabile (fig. 28) che possiede le seguenti notevoli caratteristiche tecniche:

- oculari sufficientemente distanziati in modo da soddisfare qualsiasi valore della distanza interpupillare;
- ingrandimento di 2,3 x;
- campo d'osservazione di forma all'incirca quadrata e di 65 mm di lato;
- possibilità di osservare fotogrammi dal formato di 23 x 23 cm e con un *overlap* del 70% senza curvare, piegare o sovrapporre i fotogrammi stessi, in virtù di una base strumentale di 170 mm;
- peso di soli 240 g;
- dimensioni di 19 x 6,5 x 2 cm, una volta ripiegato e pronto per essere inserito nell'astuccio.

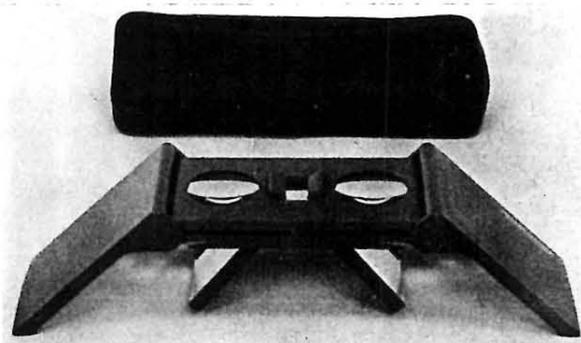


Figura 28. Stereoscopio Wild modello TSP1.

(5') Esistono come accessori due prolungamenti delle gambe dello strumento ed una coppia di lenti aggiuntive per gli oculari. Si può quindi trasformare il TSP1 in uno stereoscopio da tavolo abbastanza confortevole e dalle seguenti caratteristiche: ingrandimento 1,5 x; campo di osservazione di 85 x 85 mm.

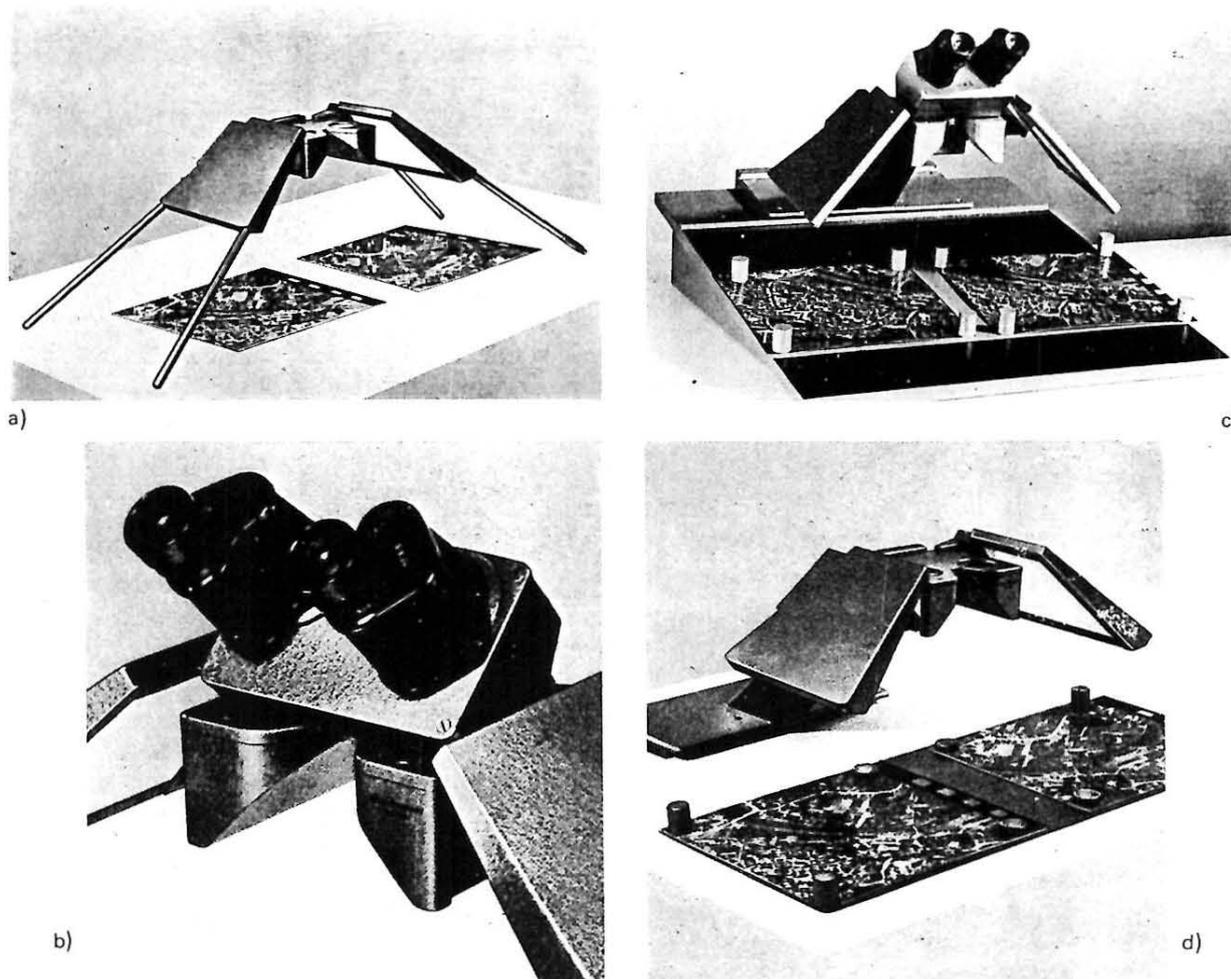


Figura 29. Stereoscopio Zeiss modello N2: a) versione base; b) con cannocchiale (ingrandimento 6x); c), d) con supporti speciali per agevolare il lavoro del fotointerprete.

Stereoscopio Carl Zeiss (Oberkochen, Germania Occidentale (6), modello N2.

Le caratteristiche tecniche di questo modello della Carl Zeiss, noto come Standard N2, sono le seguenti:

- distanza interpupillare variabile da 55 a 70 mm;
- nella dotazione di base l'apparecchio fornisce un ingrandimento di 1 x (fig. 29), ma è possibile applicargli un cannocchiale da 6 x (fig. 29.b);
- i campi d'osservazione sono rispettivamente di 190 x 230 mm e 32 x 32 mm;
- base strumentale di 210 mm;
- possibilità, partendo da questo modello base, di averne altri con diversi tipi di supporto, in maniera da rendere più agevole il lavoro del fotointerprete (fig. 29.c, d).

(6) Carl Zeiss s.r.l., piazza Borromeo 14, Milano; viale Regina Margherita 279, Roma.

ORIENTAMENTO DI UNA COPPIA DI AEROFOTOGRAFIE SOTTO UNO STEREOSCOPIO A SPECCHI.

Scopo di questa parte del testo è di insegnare ad orientare correttamente, sotto uno stereoscopio a specchi, una coppia di aerofotografie, in modo da permetterne un'osservazione prolungata senza sforzare eccessivamente la vista. A questo proposito è necessario conoscere preliminarmente due dati fondamentali: la distanza interpupillare dell'osservatore e la base strumentale o stereobase. Se questi dati non sono noti, si possono facilmente determinare nel modo seguente.

Determinazione della distanza interpupillare. Esistono tre metodi di misura molto semplici: guardando uno specchio e leggendo il valore di questa distanza, misurata fra i bordi destri delle due pupille, su una riga sovrapposta all'immagine riflessa; facendosi misurare questa distanza da un'altra persona; guardando nello stereoscopio, appoggiato su un foglio di carta bianca e utilizzando una delle coppie di cannocchiali

a maggiore ingrandimento: dopo aver spostato i due cannocchiali, avvicinandoli o allontanandoli, in modo da fondere in un unico campo circolare i due campi di visuale, si può leggere direttamente sulla scala graduata della coppia di cannocchiali il valore in millimetri della distanza interpupillare.

Determinazione della base strumentale. In genere si tratta di una caratteristica dell'apparecchio che viene data dalla casa costruttrice; in ogni caso la si può facilmente calcolare procedendo nel modo seguente. Dopo aver messo a fuoco i cannocchiali a maggiore ingrandimento dello stereoscopio e averli predisposti alla corretta distanza interpupillare dell'osservatore, si disegna su un foglio di carta bianca una linea retta della lunghezza di circa 40 cm marcando, in prossimità del suo estremo sinistro, un punto *A*. Si appoggia quindi lo stereoscopio sul foglio di carta in maniera tale che, guardando solo con il cannocchiale di sinistra, il punto *A* cada esattamente nel centro del campo di visuale del cannocchiale stesso e in maniera tale che, guardando con tutti e due i cannocchiali, si veda una sola linea retta (cioè le immagini della retta disegnata, fornite dai due cannocchiali, devono sovrapporsi perfettamente). Utilizzando ora il cannocchiale di destra, si fissi il punto *B* della retta che cade nel centro del suo campo di visuale: la distanza *AB* è la base strumentale dello strumento adattata alla distanza interpupillare dell'osservatore. Guardando poi allo stereoscopio con entrambi gli occhi, si devono vedere i due punti *A* e *B* sovrapposti, cioè coincidenti; ciò significa che gli assi degli occhi sono paralleli.

Orientamento delle foto. Conosciuti i due dati fondamentali suddetti, si può procedere all'orientamento delle foto, tenendo presente che si deve egualmente predisporre un foglio di carta bianca con disegnata una linea retta, qualora non fosse stato necessario ricostruire la base strumentale dell'apparecchio. Si sistemino ora sotto lo stereoscopio le due fotografie sulle quali deve essere già stata tracciata la linea di volo, facendo in modo che tale linea coincida perfettamente con la retta summenzionata ed avendo l'avvertenza che le ombre visibili sulle foto siano rivolte verso l'osservatore; si spostino poi le foto, allontanandole o avvicinandole l'una all'altra e rispettando rigorosamente la coincidenza sopra indicata, in modo che la distanza fra due punti analoghi sulle foto (per esempio il punto principale della foto di sinistra ed il suo corrispondente su quella destra) sia uguale alla base strumentale *AB*. A questo punto, guardando allo stereoscopio con entrambi gli occhi, si devono vedere le immagini delle linee di volo e dei punti coniugati dei due fotogrammi sovrapposti esattamente. Quanto detto sta ad indicare che ora le foto sono orientate e cioè che distanza interpupillare, base stru-

mentale e linea di volo sono paralleli fra loro e quindi che la coppia di fotografie può essere studiata senza affaticare la vista; inoltre, muovendo lo stereoscopio parallelamente a sè stesso, non si altera il parallelismo di cui sopra.

Avvertenza. Può verificarsi, osservando allo stereoscopio due fotogrammi orientati come detto sopra, di non riuscire ad avere una visione stereoscopica; ciò accade quando gli assi degli occhi dell'osservatore, anzichè essere fra loro paralleli, risultano leggermente convergenti. In tal caso la base strumentale che viene in pratica utilizzata è inferiore a quella reale dello strumento. In una simile evenienza, imputabile ad un difetto visivo dell'osservatore, è necessario calcolare il valore ridotto della base strumentale procedendo nel modo seguente.

Usando due oggetti facilmente riconoscibili (per esempio le punte di due matite ben appuntite) disposti in modo che ciascuno dei due cada nel centro del campo di visuale del corrispondente cannocchiale dello stereoscopio, si spostano le due foto, avvicinandole ovviamente l'una all'altra, fintanto che non si ha la fusione delle immagini delle due punte di matita; la distanza che a questo punto si può misurare va utilizzata come base strumentale.

COSTRUZIONE DI UNO STEREOGRAMMA.

Per *stereogramma* s'intende lo speciale arrangiamento di normali fotografie aeree, allo scopo di renderle idonee alla visione in stereoscopia con lo stereoscopio tascabile. Per la costruzione di uno stereogramma si opera nel modo seguente.

— Si traccia sui fotogrammi interessati la linea di volo.

— Si individua e si determina su di un fotogramma, l'area che si vuole osservare in stereoscopia e che deve essere compresa nella zona dell'*overlap*. Quest'area può avere una forma qualsiasi ma una dimensione, nel senso della linea di volo, non superiore al valore medio della distanza interpupillare, in genere 6 cm (fig. 30). Nel caso di un'area con notevoli differenze d'altitudine, la larghezza di tale area dovrà essere determinata in modo da avere una buona visione stereoscopica della zona ad altitudine media. Soltanto così, infatti, si potrà avere la certezza di un'altrettanto buona stereoscopia per i punti delle foto a quote maggiori o inferiori, grazie al potere di adattamento dell'occhio umano.

— Si trasferiscono ora le linee delimitanti l'area interessata sul secondo fotogramma.

— Si tagliano le fotografie lungo i limiti summenzionati.

— Si orientano le due parti ritagliate in modo che

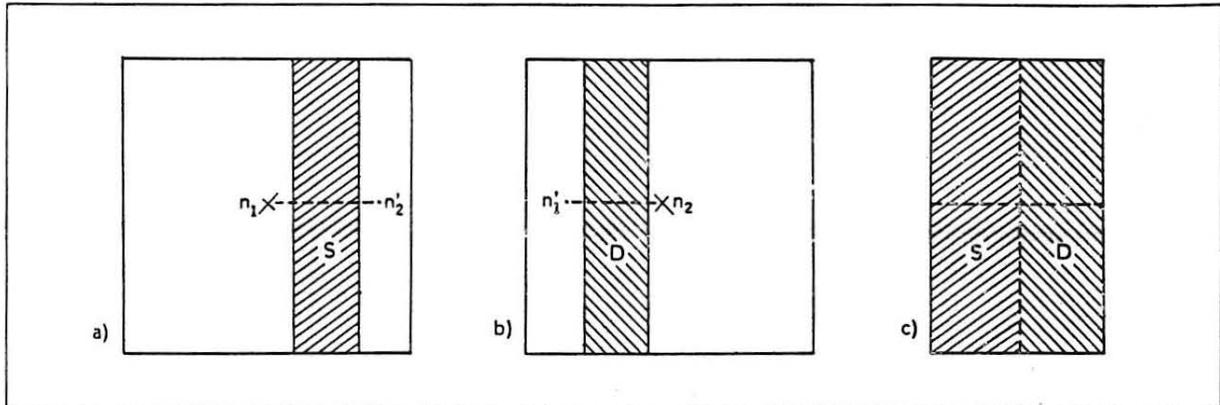


Figura 30. Costruzione di uno stereogramma: a) fotogramma di sinistra; b) fotogramma di destra; c) stereogramma.

le linee di volo risultino perfettamente allineate, come se giacessero su di un'unica retta (fig. 30); infine, per ultimare lo stereogramma, si incollano tali parti così orientate su di un foglio di cartoncino, oppure si fissano l'una all'altra utilizzando del nastro adesivo, con l'avvertenza di applicarlo sul retro dei fotogrammi.

PARALLASSE STEREOSCOPICO.

Generalità.

Si chiama *parallasse stereoscopica* lo spostamento dell'immagine di un punto su due fotografie adiacenti, spostamento dovuto al cambiamento di posizione della camera. Sarebbe più corretto parlare di parallasse assoluta o totale, ma l'espressione parallasse stereoscopica, o più semplicemente parallasse, è ormai entrata nel linguaggio comune, per cui nel seguito ci si atterrà a questa denominazione.

Sia *A* un punto del piano di riferimento (fig. 31) e siano *a'* ed *a''* le sue immagini su due fotogrammi adiacenti, ripresi dalla stessa camera, ma da posizioni diverse ed alla medesima altezza sul piano di riferimento; siano inoltre *O*₁ e *O*₂ i centri di prospettiva ed *n*₁, *n*₂ i punti principali delle foto. Sovrapponendo ora le due fotografie in modo tale che i punti principali e le *fiducial marks* coincidano esattamente, si vedrà che i punti *a'* ed *a''* risulteranno ad una certa distanza l'uno dall'altro (fig. 32); tale distanza rappresenta, per definizione, il parallasse stereoscopico del punto *A*, indicato con *P*_A. Si avrà quindi:

$$P_A = a'a''.$$

Evitando di sovrapporre le foto, il parallasse stereoscopico può essere espresso anche dalla seguente differenza (fig. 33):

$$P_A = n_1 n_2 - a'a''.$$

Osserviamo ora la fig. 34, che riporta le proiezioni su due fotogrammi di una piramide ripresa da centri di

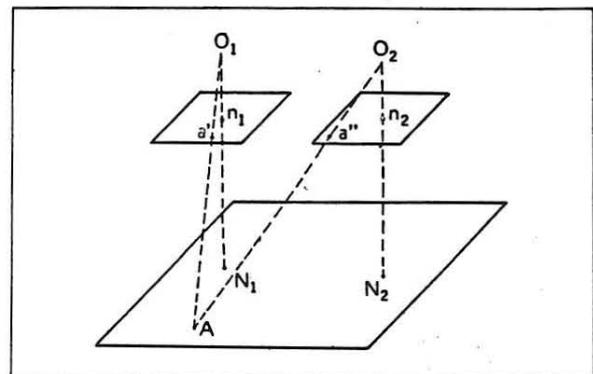


Figura 31. Schema per la definizione del parallasse stereoscopico relativo al punto *A*.

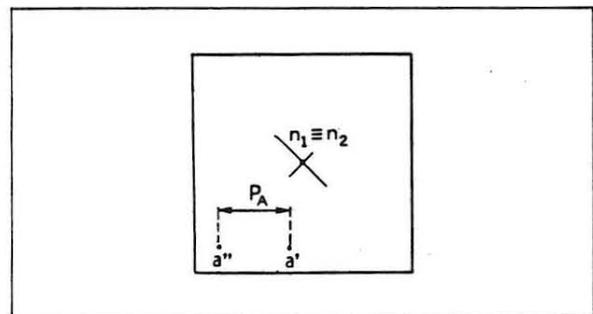


Figura 32. Individuazione del parallasse stereoscopico relativo al punto *A* (*P*_A) con la sovrapposizione delle due fotografie.

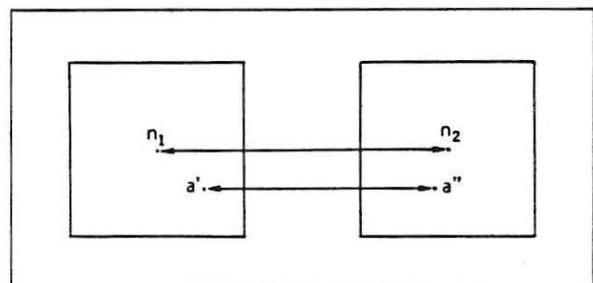


Figura 33. Individuazione del parallasse stereoscopico senza la sovrapposizione delle due fotografie.

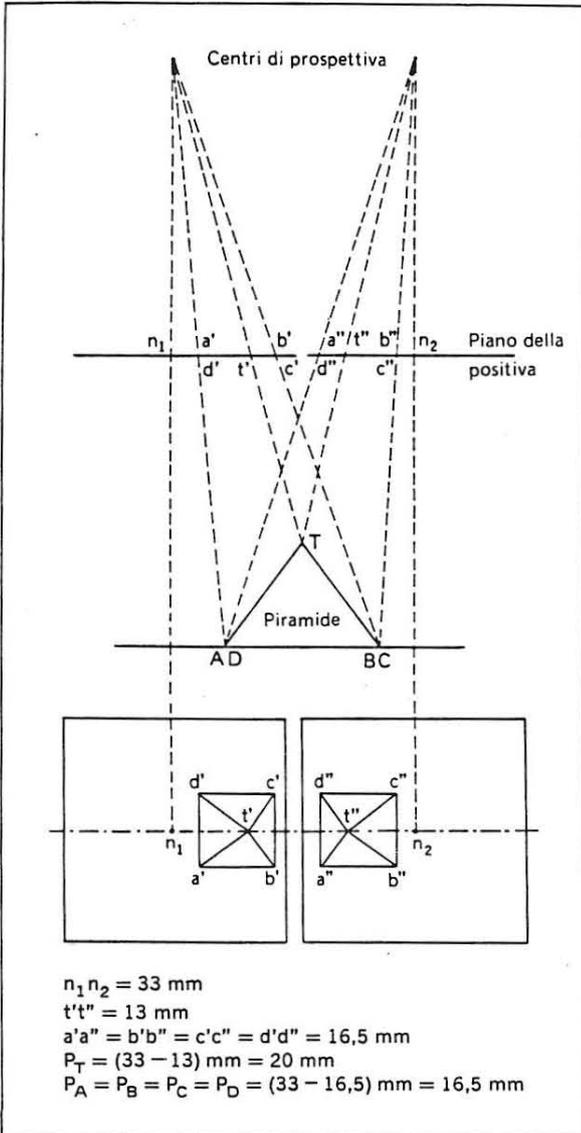


Figura 34. Parallaxe stereoscopico dei vertici di una piramide: il parallaxe del punto T è maggiore di quello degli altri vertici.

prospettiva diversi. Se si sovrappongono le due foto, oppure se si orientano secondo la linea di volo e si eseguono con una comune riga le misure delle distanze $n_1 n_2$, $t't''$, $a'a''$, $b'b''$, etc., si può constatare che il parallaxe del vertice T della piramide è diverso da quello degli altri vertici; più precisamente si ha:

$$P_T > P_A = P_B = P_C = P_D$$

Infatti dalla fig. 34 è evidente che i punti t' e t'' sono eccentrici rispetto alle basi per il relief displacement, mentre i punti A, B, C e D, che giacciono tutti sul piano di riferimento, non risentono di questo spostamento dovuto al rilievo. Da quanto detto si può ricavare un'osservazione fondamentale e cioè che il parallaxe stereoscopico di un punto dipende dall'altezza sul piano di riferimento di quest'ultimo. Questa rela-

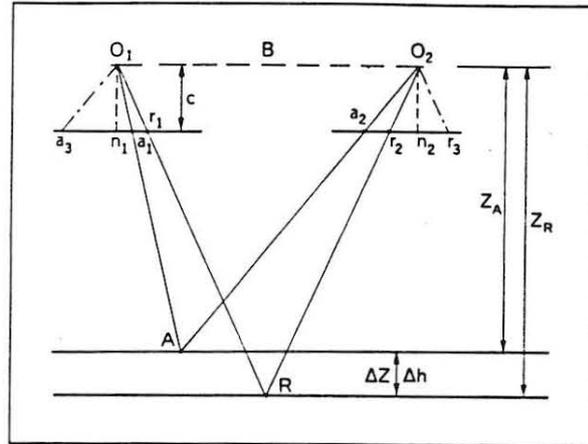


Figura 35. Schema per la determinazione della formula di parallaxe.

zione si può quindi sfruttare per calcolare l'altezza di un punto facendo riferimento ad un punto di altezza nota: basta misurare la differenza di parallaxe dei due punti, operando su foto orientate secondo la linea di volo.

Formula di parallaxe.

La fig. 35 mostra due fotografie verticali riprese dalla stessa camera dai centri di prospettiva O_1 e O_2 , con base aerea orizzontale. Si chiami B tale base aerea ($B = O_1 O_2$) e sia c la distanza principale ($c = O_1 n_1 = O_2 n_2$). Per comodità di dimostrazione si costruisca poi $O_2 r_3$ parallelo a $O_1 r_1$ e $O_1 a_3$ parallelo a $O_2 a_2$: Si determini ora il parallaxe stereoscopico del punto di riferimento R; da quanto già noto e da quanto risulta dalla fig. 35, è

$$P_R = n_1 n_2 - r_1 r_2,$$

$$n_1 n_2 - r_1 r_2 = n_1 r_1 + n_2 r_2,$$

e, dall'uguaglianza dei triangoli rettangoli $n_1 O_1 r_1$ e $n_2 O_2 r_3$, si ha che $n_1 r_1 = n_2 r_3$, per cui si può scrivere

$$n_1 n_2 - r_1 r_2 = n_2 r_2 + n_2 r_3 = r_2 r_3,$$

$$P_R = n_1 n_2 - r_1 r_2 = r_2 r_3.$$

Si considerino ora i triangoli simili $O_1 R O_2$ e $r_2 O_2 r_3$; si avrà:

$$B : r_2 r_3 = Z_R : c,$$

da cui segue

$$Z_R = \frac{Bc}{r_2 r_3} = \frac{Bc}{P_R}. \tag{4}$$

Analogamente, dalla similitudine dei triangoli $O_1 A O_2$ e $a_1 O_1 a_3$, si deduce

$$Z_A = \frac{Bc}{P_A}. \tag{5}$$

La differenza di altezza tra i due punti A ed R considerati vale quindi

$$Z_A - Z_R = \frac{Bc}{P_A} - \frac{Bc}{P_R} = Bc \left(\frac{1}{P_A} - \frac{1}{P_R} \right) = Bc \frac{P_R - P_A}{P_A P_R} \quad (6)$$

Posto

$$\begin{aligned} \Delta Z_A &= Z_A - Z_R, \\ \Delta P_A &= P_A - P_R, \end{aligned} \quad (7)$$

cioè indicando con ΔZ_A la differenza di altezza del punto A e con ΔP_A la differenza di parallasse del punto A (sempre rispetto al punto di riferimento prescelto), si può riscrivere la (6) nel modo seguente:

$$\Delta Z_A = Bc \frac{P_R - (P_R + \Delta P_A)}{P_R (P_R + \Delta P_A)} = - \frac{Bc}{P_R} \cdot \frac{\Delta P_A}{P_R + \Delta P_A},$$

da cui, tenendo conto della (4), segue

$$\Delta Z_A = - \frac{Z_R}{P_R + \Delta P_A} \Delta P_A. \quad (8)$$

In quest'ultima formula Z_R è l'altezza di volo sul piano di riferimento (in pratica rappresentato dal piano campagna o superficie del suolo); in genere si utilizza come punto R il punto principale della foto di sinistra, il cui parallasse P_R può essere misurato sulla foto di destra secondo le modalità illustrate in precedenza. Si ricorda che questa misura viene comunemente chiamata *base alla scala delle foto* o *foto base* ed indicata con la sigla b' .

In casi particolari può essere utile o interessante calcolare la differenza di parallasse di un punto A (ΔP_A), conoscendone la differenza d'altezza ΔZ_A . Dalle (7) e (8) si ha, successivamente,

$$\Delta Z_A = - \frac{Z_R \Delta P_A}{P_R + \Delta P_A},$$

$$\Delta Z_A (P_R + \Delta P_A) = - Z_R \Delta P_A,$$

$$P_R \Delta Z_A + \Delta P_A \Delta Z_A = - Z_R \Delta P_A,$$

$$\Delta P_A \Delta Z_A + Z_R \Delta P_A = - P_R \Delta Z_A,$$

$$\Delta P_A (\Delta Z_A + Z_R) = - P_R \Delta Z_A,$$

$$\Delta P_A = - \frac{P_R}{Z_R + \Delta Z_A} \Delta Z_A. \quad (9)$$

Per chiarire il significato dei segni negativi che compaiono nelle (8) e (9), bisogna ricordare che è stato fissato (si veda la (7) e la fig. 35) che i punti con maggior elevazione (cioè con maggiore altezza) del punto di riferimento R abbiano un ΔZ negativo. Per maggio-

re comodità conviene eliminare il segno negativo ponendo

$$\Delta Z_A = - \Delta h_A;$$

in tal modo le (8) e (9) diventano

$$\Delta h_A = \frac{Z_R}{P_R + \Delta P_A} \Delta P_A, \quad (8')$$

$$\Delta P_A = \frac{P_R}{Z_R - \Delta h_A} \Delta h_A. \quad (9')$$

Nel caso di terreni pianeggianti o con rilievi poco sviluppati l'esperienza insegna che il valore ΔP_A è molto basso rispetto a P_R , così come il valore di Δh_A rispetto a Z_R , per cui in questi casi si possono usare le seguenti formule semplificate:

$$\Delta h_A = \frac{Z_R}{P_R} \Delta P_A, \quad (8'')$$

$$\Delta P_A = \frac{P_R}{Z_R} \Delta h_A. \quad (9'')$$

Infine, ricavando P_R dalla (4) e sostituendo nella (9''), si ha

$$\Delta P_A = \frac{Bc}{Z_R} \Delta h_A,$$

cioè

$$\Delta P_A = \frac{B}{Z_R} \frac{c}{Z_R} \Delta h_A,$$

ma B/Z_R è il rapporto base-altezza e c/Z_R la scala delle foto, per cui si può affermare che:

– la differenza di parallasse è proporzionale al rapporto base-altezza e alla scala delle foto;

– fotografie ottenute da grandangoli presentano delle differenze di parallasse maggiori di quelle ottenute con obiettivi normali, se la scala delle foto, l'area ripresa e l'*overlap* sono gli stessi.

Misura della differenza di parallasse fra due punti.

Principio della marca flottante, barra di parallasse.

Le differenze di parallasse possono essere misurate, come già si è detto, per mezzo di una comune riga millimetrata, ottenendo però risultati solo grossolanamente approssimati. Normalmente per queste misure si usa uno strumento noto con il nome di *barra di parallasse* (*parallax bar*) o stereometro che sfrutta il principio della marca flottante.

Tale principio può essere sintetizzato nei termini seguenti. Se, durante l'osservazione di una coppia di foto allo stereoscopio (quando non è diversamente specificato, ci si riferisce sempre ad uno strumento

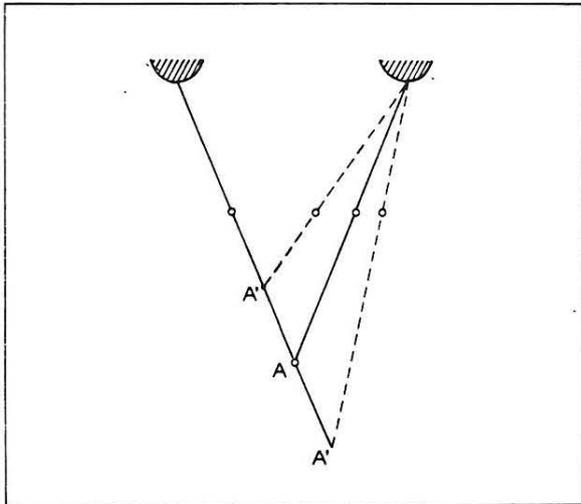


Figura 36. Schema illustrativo del principio della marca flottante.

a specchi o a specchi e prismi), concentriamo l'attenzione su un qualsiasi punto A e poniamo sul percorso dei raggi luminosi, dagli occhi alle foto attraverso lo stereoscopio, due marche puntiformi (due crocette o due circoletti), vedremo l'immagine di una sola marca esattamente sovrapposta al punto A ; se ora spostiamo verso l'interno o verso l'esterno una delle due marche, vedremo ancora l'immagine di una sola marca ma ad una quota rispettivamente superiore o inferiore a quella di A (fig. 36). Per questo motivo essa viene chiamata *flottante*, in quanto sembra fluttuare o volare nello spazio.

La barra di parallasse risulta schematicamente costituita da due vetri con sopra incise le due marche; i vetri sono collegati da una barra che è provvista di una scala graduata in millimetri e la cui lunghezza può essere variata per mezzo di una vite micrometrica. La scala, il cui indice mobile è comandato dalla vite micrometrica, è congeniata in modo che a numeri più alti (cioè a letture più alte della scala) corrispondano distanze minori fra i punti considerati. Ciò significa

che un punto con più alto valore di parallasse darà, alla barra di parallasse, una lettura più alta, corrispondendo sul terreno ad un punto di maggiore elevazione o altezza. Quindi la misurazione della differenza di parallasse fra due punti, impiegando la barra di parallasse, consiste nell'appoggiare la marca flottante sul terreno, in corrispondenza di uno dei punti, e nel leggere il valore sulla scala dello strumento; bisognerà poi ripetere l'operazione per il secondo punto ed infine eseguire la differenza aritmetica fra i due valori.

Uso della barra di parallasse.

L'uso di questo strumento non è difficile; richiede solo un po' di pratica e di assuefazione nell'apprezzare gli spostamenti della marca flottante e, in particolare, nel riconoscere quando quest'ultima sembra appoggiata sul terreno. Esistono però degli accorgimenti, di cui si parlerà più avanti, che rendono più facili gli apprezzamenti suddetti.

Prima di descrivere in dettaglio le varie fasi dell'impiego della barra di parallasse, si fa presente che, per comodità, viene fatto riferimento all'apparecchio della Topcon illustrato nella fig. 37; è necessario infatti ricordare che questi strumenti differiscono nei particolari a seconda della casa costruttrice e pertanto possono richiedere operazioni preliminari, cioè di allestimento, diverse.

Si voglia ora determinare la differenza di parallasse fra due punti A e B ; siano a' , a'' e b' , b'' le immagini dei punti considerati, rispettivamente sulla foto di sinistra e su quella di destra.

Le operazioni preliminari da eseguire sono le seguenti.

- Orientare e fissare sul tavolo di lavoro le due fotografie aeree.
- Azzerare lo strumento ruotando il pomello 8 fintanto che i due indici di lettura, quello della scala millimetrata 7 e quello della scala micrometrica, siano entrambi in corrispondenza dello zero.
- Guardando le fotografie allo stereoscopio (per

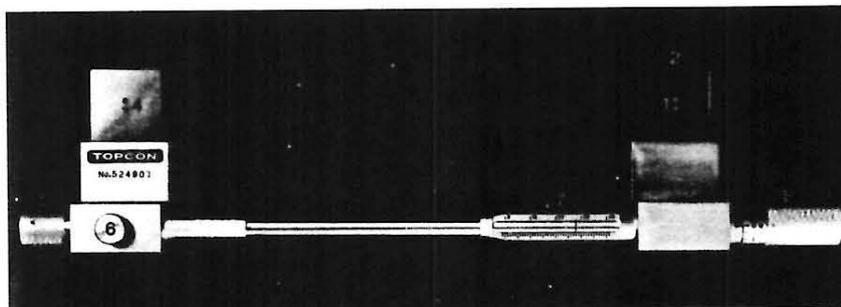


Figura 37. Barra di parallasse Topcon: 1, marca di riferimento destra; 2, vetrino portamarca destro; 3, vetrino portamarca sinistro; 4, marca di riferimento sinistra; 5, pomello zigrinato per la messa a punto dello strumento; 6, vite di bloccaggio; 7, scala millimetrica; 8, pomello zigrinato, con scala micrometrica, per le misure di parallasse.

questa operazione preliminare è sconsigliabile l'uso dei cannocchiali) trovare nell'area dell'overlap, il punto topograficamente più basso, cioè a quota inferiore, e lo si marchi su entrambe le foto, con un puntino, oppure forando le fotografie con uno spillo.

– Appoggiata la barra di parallasse sulle foto, mantenendola sempre parallela alla linea di volo, far coincidere, impiegando in questo caso il cannocchiale, la marca di destra 1 con il punto più basso segnato sulla foto di destra; questa operazione si esegue più facilmente chiudendo l'occhio sinistro e guardando solo col destro. Sbloccare la vite di fissaggio 6 e, ruotando il pomello 5, far coincidere la marca di sinistra 4 con lo stesso punto segnato sulla foto di sinistra, usando l'accorgimento di cui sopra; quest'ultima operazione deve effettuarsi in modo che la marca di sinistra 4 si sposti dall'interno verso l'esterno, cioè dal fotogramma di destra verso quello di sinistra. Ad operazione ultimata, guardando con tutti e due gli occhi e sempre attraverso il cannocchiale, si devono vedere le immagini delle due marche dello strumento esattamente sovrapposte l'una all'altra ed esattamente appoggiate sul punto della zona fissato.

– Bloccare la vite di fissaggio 6.

Terminate così le operazioni preliminari, si può passare alla determinazione della differenza di parallasse fra i punti A e B procedendo nel modo seguente.

– Osservando le fotografie con il cannocchiale, si faccia coincidere la marca di sinistra 4 con il punto a' della foto di sinistra; mantenendo sempre lo strumento parallelo alla linea di volo tracciata sulle fotografie, si porti quindi la marca di destra 1 a sovrapporsi esattamente al punto a", corrispondente o analogo di a' sulla foto di destra, ruotando il pomello micrometrico 8; a questo proposito, al fine di evitare inesattezze, è necessario che la marca 1 si sposti nello stesso senso di quella precedente. A questo punto, osservando le foto stereoscopicamente, si devono vedere le due marche esattamente coincidenti fra loro e sovrapposte al punto A delle foto che, a sua volta, è individuato dalla fusione delle immagini di a' e a". Una perfetta sovrapposizione si può facilmente ottenere ricorrendo all'accorgimento di guardare con il solo occhio sinistro e poi con il solo occhio destro e ponendo molta cura nel fare coincidere le marche della barra di parallasse con le immagini dei punti di entrambe le fotografie.

– Leggere sugli indici delle scale i valori relativi al primo punto.

– Ripetere le operazioni per il secondo punto, le cui immagini sulla fotografia di sinistra e di destra sono rispettivamente rappresentate da b' e b".

– Per essere sicuri di aver effettuato delle misure

Successione delle letture di A	Valori delle letture	Scarto dalla media (v)	v ²
1	7,46	- 0,02	0,0004
2	7,47	- 0,01	0,0001
3	7,50	+ 0,02	0,0004
4	7,46	- 0,02	0,0004
5	7,47	- 0,01	0,0001
6	7,49	+ 0,01	0,0001
7	7,50	+ 0,02	0,0004
8	7,49	+ 0,01	0,0001
9	7,50	+ 0,02	0,0004
10	7,47	- 0,01	0,0001
somma	74,81		0,0025
media	7,48		
m	0,0167		
$m = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0025}{9}} = 0,0167$			

Figura 38. Schema esemplificativo delle operazioni da eseguire per la misura del parallasse.

sufficientemente approssimate, si faccia ora il seguente controllo. Si ripetano le operazioni di misura del parallasse di ciascun punto per 10 volte, partendo sempre dal primo punto considerato; si calcoli la media delle letture eseguite per ciascun punto e si determini lo scarto v di ciascuna lettura da questo valore medio; si facciano poi i quadrati di tali valori di scarto (operando sempre separatamente per ciascun punto) e si applichi la formula

$$m = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$$

in cui m indica l'errore medio quadratico, o deviazione standard, $\sum v^2$ la somma dei quadrati dei valori di scarto ed n il numero delle letture eseguite (cioè 10). Valori di m non superiori a 0,02 possono considerarsi soddisfacenti, cioè in tal caso le misure di parallasse possono ritenersi sufficientemente approssimate e la media delle letture eseguite rappresenta il valore da utilizzare nei successivi calcoli. Nell'eseguire queste operazioni di controllo, si consiglia di preparare una tabella analoga a quella che illustra l'esempio di fig. 38.

– Calcolare la differenza di parallasse per i punti considerati A e B.

Le letture che si fanno alla barra di parallasse sono già semplificate, cioè lo strumento automaticamente provvede a togliere sia il valore della base strumentale sia il valore di n₁ n₂. Si ricorda, ancora una

volta, che la differenza d'altezza o dislivello si calcola applicando la formula (8'), in genere nella sua veste semplificata (8''); a quest'ultimo riguardo si fa presente che in alcuni testi stranieri, come pure negli opuscoli illustrativi degli strumenti di alcune case costruttrici, la (8'') viene riportata nella seguente forma: $h = Hp/b$, in cui h è il dislivello fra i punti considerati, H la quota di volo corretta, b il nostro b' , e cioè la fotobase misurata con un comune righello, e p è già la differenza di parallasse fra i punti considerati, cioè la differenza fra la media delle dieci letture eseguite alla barra di parallasse per il primo punto e la media delle dieci letture fatte per il secondo.

Cuneo di parallasse.

Misure di parallasse si possono effettuare anche con lo stereoscopio tascabile, sia sugli stereogrammi che su una normale coppia di fotografie aeree, ricorrendo, invece che alla barra di parallasse, al cosiddetto *cuneo di parallasse* (*parallax wedge*). Si tratta di un foglio di materiale trasparente e indeformabile su cui sono incise due file convergenti di punti (quelle esterne nel modello della fig. 39), file che rappresentano due scale graduate.

Si consideri ora un punto A ; siano, come al solito, a' ed a'' le sue immagini rispettivamente sulla foto di sinistra e su quella di destra dello stereogramma. Una volta disposto quest'ultimo sotto lo stereoscopio, si appoggi su di esso il foglio trasparente in modo che le due file convergenti di punti passino per a' ed a'' (questo si può più facilmente ottenere guardando alternativamente con un occhio solo). Ciò fatto, si muova avanti e indietro il foglio trasparente fintanto che sia possibile ottenere, osservando le foto stereoscopicamente, la sovrapposizione delle immagini di alcuni punti delle due file summenzionate; fra questi, si individui quello sovrapposto ad A o comunque più prossimo ad A e si legga sulla scala graduata il valore espresso in millimetri ad esso corrispondente.

Durante le operazioni suddette si deve avere l'avvertenza di controllare che i tratti più marcati e di maggiore lunghezza che compaiono sul nomogramma trasparente all'esterno delle due file convergenti di punti, siano sempre perfettamente allineati fra loro (fig. 40, dato che questo allineamento garantisce l'orientamento del nomogramma con lo stereogramma, cioè permette di stabilire che la base di misura è parallela a quella dello strumento e alla linea di volo. Naturalmente per tali misure è necessario eseguire più volte le operazioni seguendo lo stesso procedimento già visto per lo stereometro. Nel caso poi che si volesse usare il *parallax wedge* con una normale coppia di fotografie, bisogna che questi ultimi, già con la linea di

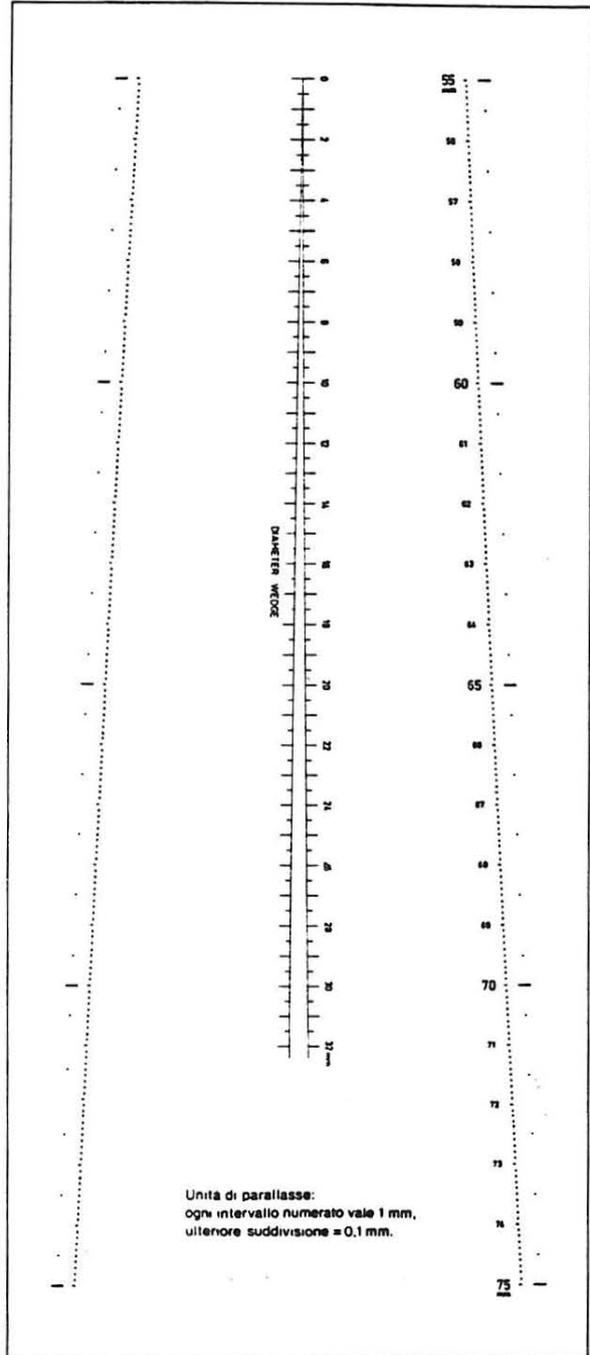


Figura 39. Cuneo di parallasse.

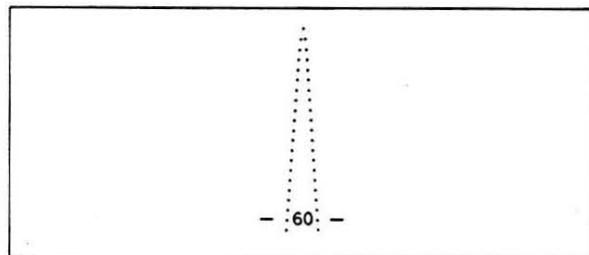


Figura 40. Durante l'osservazione i tratti più marcati del cuneo di parallasse debbono apparire perfettamente allineati fra loro.