

**Zeitschrift:** Rivista Militare Ticinese  
**Herausgeber:** Amministrazione RMSI  
**Band:** 19 (1947)  
**Heft:** 3

**Artikel:** La fotogrammetria nella cartografia militare e civile  
**Autor:** Pastorelli, Arturo  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-243399>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 29.03.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

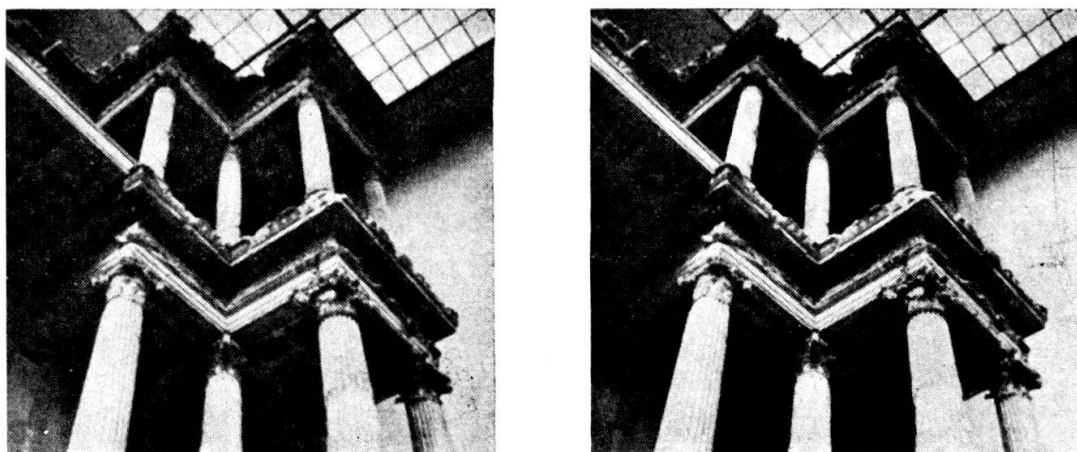
# LA FOTOGRAMMETRIA NELLA CARTOGRAFIA MILITARE E CIVILE

I. Ten. Arturo Pastorelli, Ing.

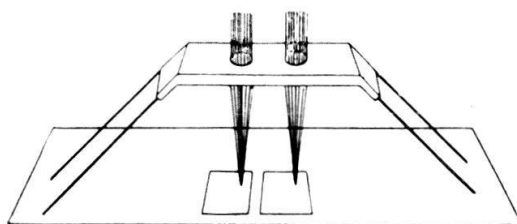
## Introduzione.

La stereofotogrammetria è una scienza applicata che consiste nell'estrarre da fotografie prese in condizioni determinate delle misure precise. Essa utilizza il potere dell'uomo di vedere gli oggetti nello spazio nelle tre dimensioni, guardando con entrambi gli occhi, cioè di percepire la differenza di distanza dei vari oggetti situati attorno a lui. Ciascuno può farsi un'idea chiara del principio su cui posa questa scienza.

Con un comune apparecchio fotografico eseguiamo due fotografie dello stesso soggetto, da due punti diversi. Indi procediamo come segue: fissiamo un punto lontano in modo che gli assi degli occhi vengano ad essere paralleli; tra gli occhi e il punto lontano introduciamo la coppia di fotografie ad una distanza di trenta centimetri circa dagli occhi stessi, così che ad ogni occhio ne corrisponda una,



*Fig. 1. Coppia di prese stereoscopiche.*



*Fig. 2. Stereoscopio.*

Le immagini appaiono dapprima completamente fosche, ma fuse in una sola. Ora bisogna provare con precauzione, senza cambiare la convergenza degli occhi, di mettere questa immagine a fuoco, variando la sua distanza dagli occhi stessi. Per facilitare l'esperimento possiamo separare le immagini con un foglio di carta tenuto perpendicolarmente alle immagini stesse. Dopo alcune prove ci riuscirà vedere l'oggetto fotografato in rilievo, cioè come se lo osservassimo in natura. Se invece di guardare le immagini ad occhio nudo si ricorre ad uno stereoscopio

(Fig. 2) si vedrà l'oggetto in rilievo subito e senza alcuna fatica. Le difficoltà di accomodamento e di convergenza che subentrano osservando ad occhio nudo una coppia di fotografie stereoscopiche sono eliminate usando lo stereoscopio. Con questo strumento i raggi partenti dalle immagini son resi paralleli; così si possono contemplare i quadri con occhi accomodati all'infinito, cioè in una posizione comoda.

### Metodo.

Nella stereofotogrammetria applicata all'arte del misurare si distinguono due metodi: terrestre ed aereo. Parlerò solo di quest'ultimo perchè senza dubbio esso è il più appassionante ed è quello che presenta i problemi più interessanti.

La stereofotogrammetria aerea presenta tutti i vantaggi. Le prese aeree lasciano al fotogrammetrista maggior libertà nella scelta delle stazioni. Infatti si è obbligati solo all'osservazione di norme che riguardano la lunghezza della « base » (cioè la distanza tra due punti successivi di presa), l'altezza di volo, l'orientamento della camera; il pilota deve inoltre adattare il volo alle condizioni atmosferiche ed eseguirlo secondo un piano prestabilito. Con prese aeree si possono sfruttare più razionalmente i periodi meteorologici favorevoli senza gravi perdite di tempo.

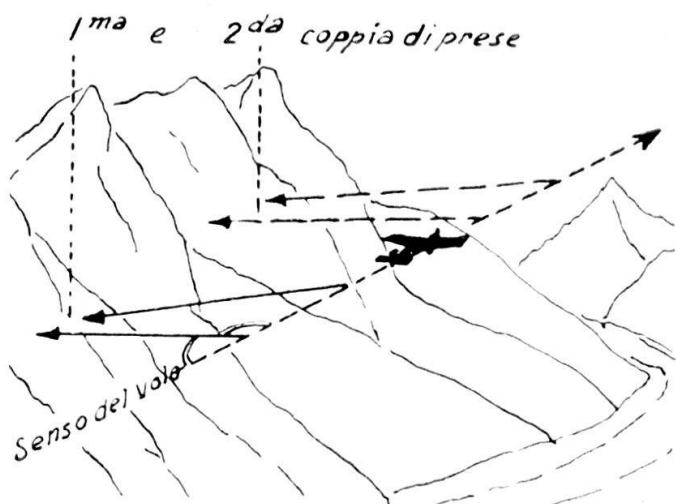


Fig. 3.

Principio delle prese aeree oblique con stereogrammi.

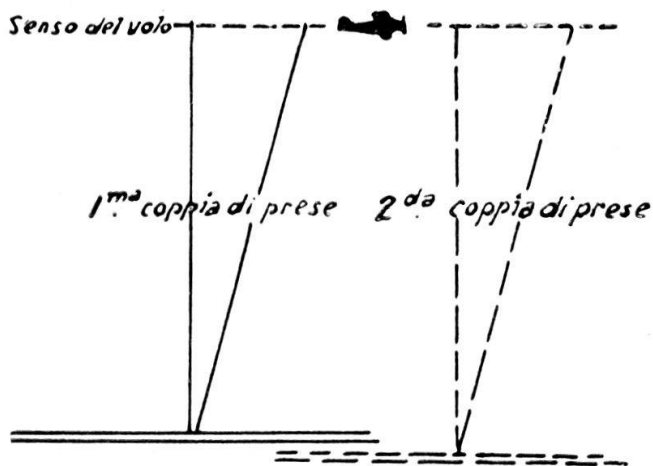


Fig. 4.

Principio delle prese aeree normali-convergenti con stereogrammi.

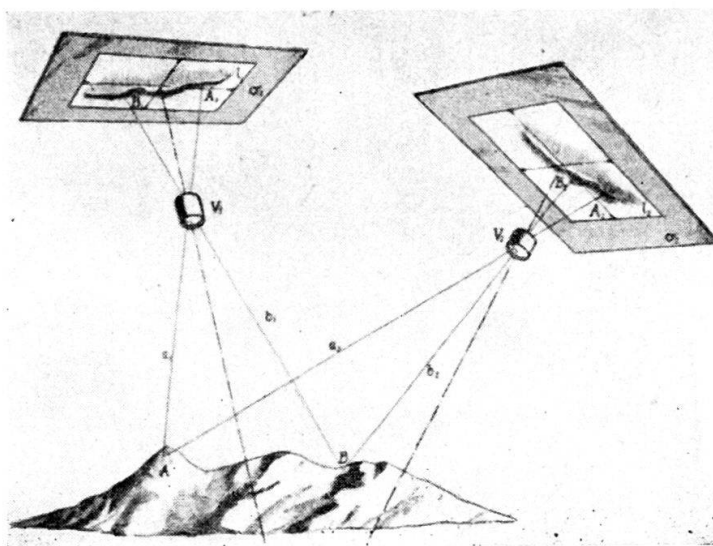
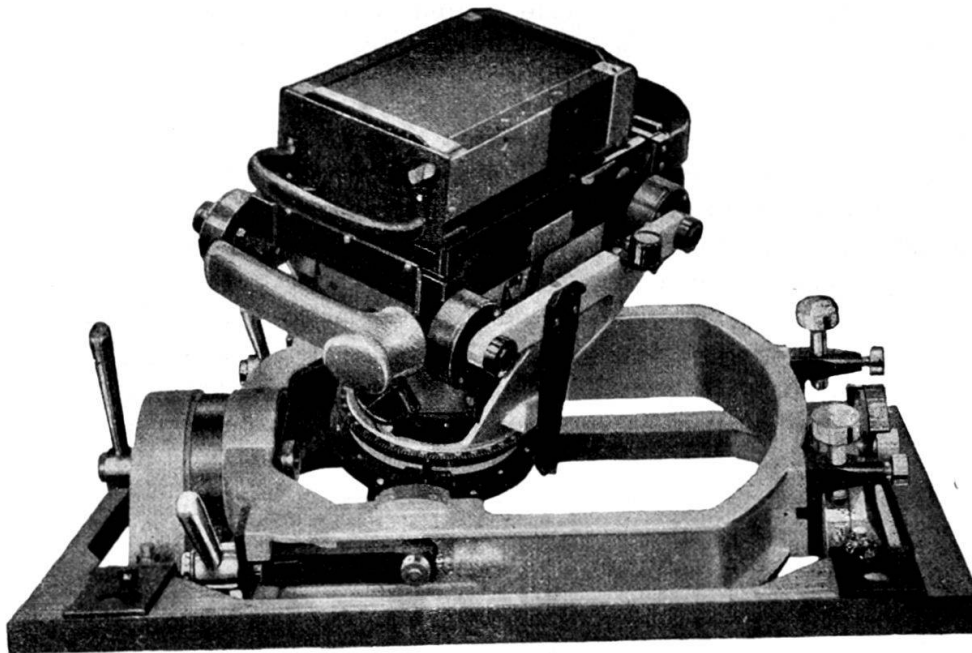
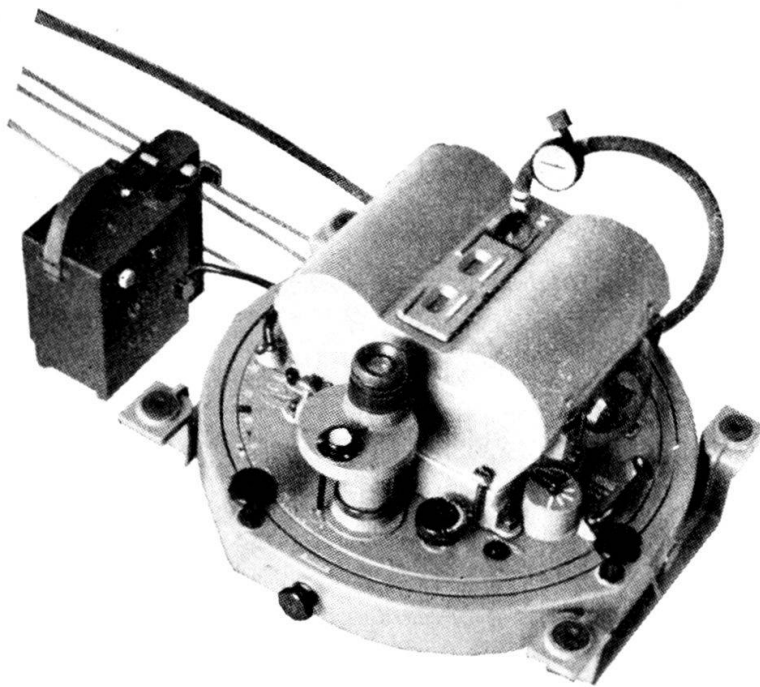


Fig. 4 a.

Nella fotogrammetria aerea l'apparecchio di presa è una camera aerofotografica che può assumere diverse forme e proprietà, secondo gli scopi alla quale deve servire.



*Fig. 5.*  
*Camera da presa aerea «Wild» per lastre.*



*Fig. 6.*  
*Camera da presa aerea «Wild» per pellicole.*

Vogliamo ora vedere come nasce una moderna carta topografica allestita con la stereofotogrammetria aerea.

Fissata la zona da rilevarsi, l'ingegnere fotogrammetrista prepara un programma o piano di volo. Devono essere determinati: il modo più conveniente di sorvolare il territorio, l'altezza di volo, la base, il numero delle strisciate e delle coppie di lastre necessarie.

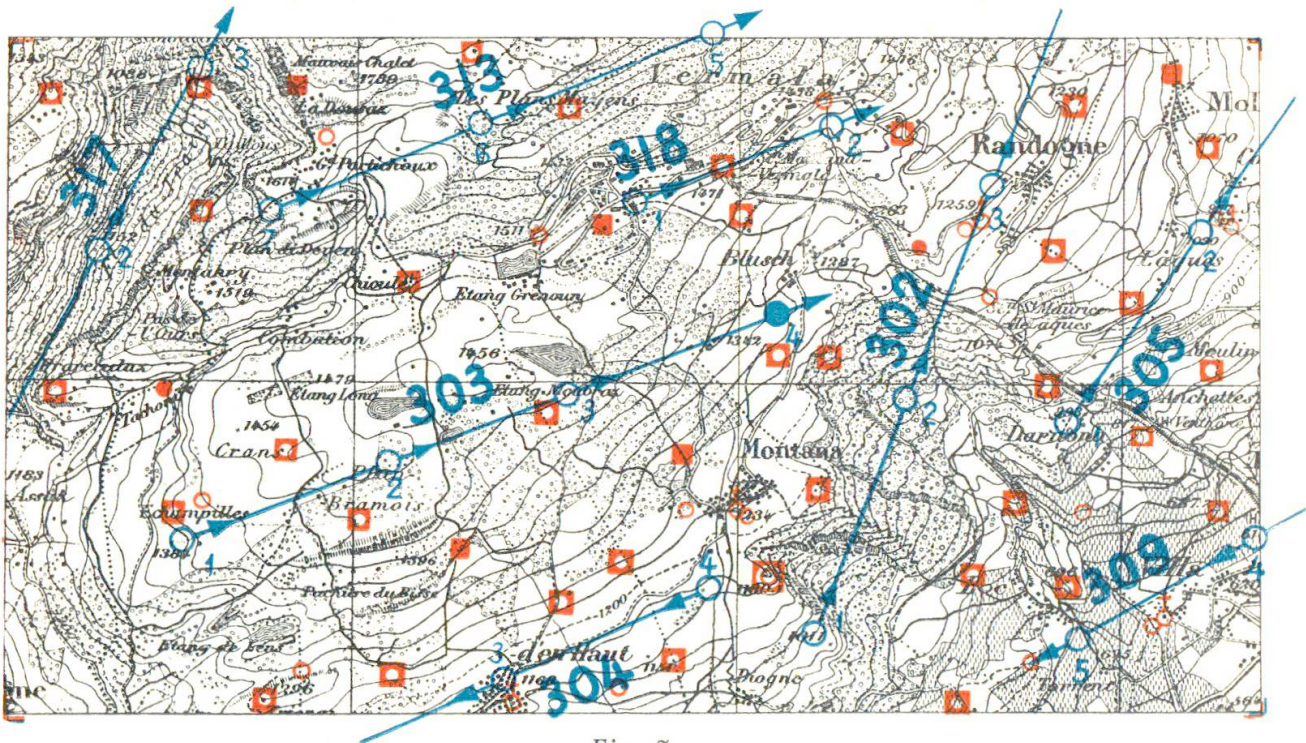


Fig. 7.

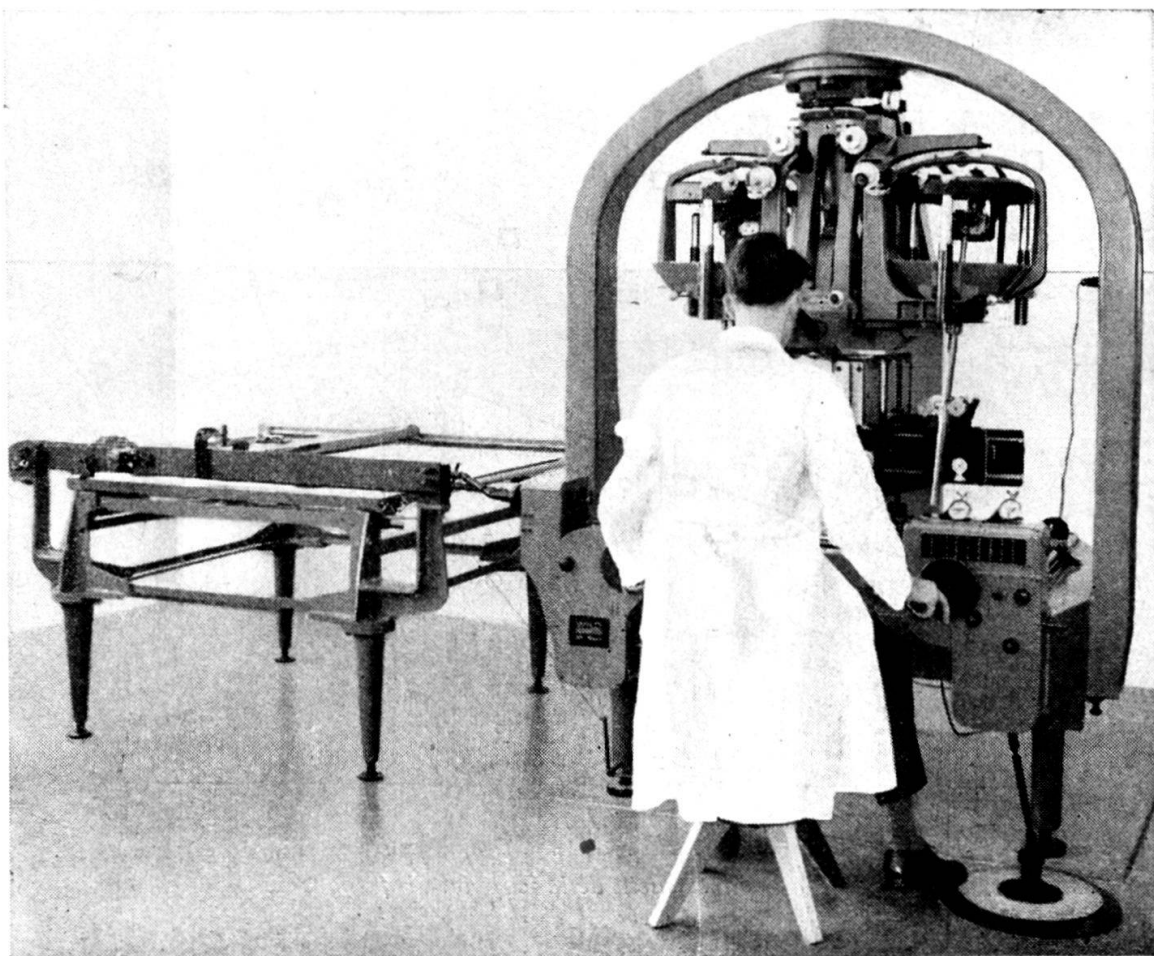
Un piano di volo per le prese fotografiche, nel quale sono segnati tutti i punti trigonometrici esistenti e i punti medi delle coppie di fotogrammi da eseguire.

In terreni piani, quando cioè questo programma di volo non deve adattarsi alla forma del terreno, il programma di volo viene eseguito poco prima che il volo abbia luogo, per poter volare nella direzione del vento e per evitare, eventualmente calcolare, la deriva. I punti di controllo e di riferimento dovranno essere ben visibili sulle lastre e sono marcati prima del volo sul terreno con fogli di alluminio dipinti in bianco ed aventi le dimensioni di 80x80 cm per una quota di volo normale di ca. 3000 m sul terreno.

Le macchine aerofotografiche « Wild » sono dotate di otturatori che permettono prese fino a  $1/500$  di secondo. Per prese verticali esse sono montate su appositi congegni di sospensione. Le lastre o pellicole esposte sono numerate automaticamente.

Le prese possono essere verticali, o normali convergenti (Fig. 4), od oblique (Fig. 3). Per evitare lacune si calcola in generale con un ricoprimento nel senso del volo del 20 % tra due coppie di fotogrammi. Le strisce hanno un ricoprimento laterale del 30%. La stessa zona di terreno è fotografata da due punti diversi, gli estremi della base, e questa zona comune alle due lastre rende possibile la **restituzione**, vale a dire l'operazione che permette di ricavare dalle fotografie le carte topografiche.

Questa restituzione avviene per mezzo di apparecchi detti **autografi**. Parlerò dell'autografo « Wild », di ideazione e fabbricazione svizzere, che è sicuramente uno dei migliori per raffinatezza e precisione di lavoro (Fig. 8).



*Fig. 8.*  
*Autografo « Wild », modello A5, con tavolo di disegno.*

I due fotogrammi, o lastre, corrispondenti sono messi all'autografo ed illuminati a luce diffusa. Devono avere nell'autografo la stessa posizione che avevano nella camera da presa al momento della fotografia.

L'apparecchio di restituzione permette di introdurre od eliminare un'eventuale differenza di altezza tra due punti successivi di presa, sbandamento, differenza di inclinazione, convergenza dell'asse della camera da presa, fenomeni dovuti in parte alle irregolarità di volo.

Un sistema ottico permette di osservare le fotografie e tutto appare in rilievo, con una plastica netta. Grazie ad un indice di collimazione l'ingegnere può seguire tutte le sinuosità del terreno ed individuare un punto qualsiasi della zona vista in rilievo muovendo due dischi a mano e un disco a pedale. Nello stesso tempo una matita di disegno collegata all'apparecchio di restituzione registra automaticamente questi movimenti sulla carta.

Se si osservano le negative all'autografo si ha la stessa impressione come se si esplorasse il terreno con un cannocchiale. Nel cannocchiale d'osservazione c'è un indice di collimazione che può essere puntiforme o a forma di T. Con due volantini e un pedale si può muovere questa marca nello spazio e posarla su un punto qualsiasi del terreno. Abbiamo quindi la possibilità di posare il punto di collimazione su punti qualsiasi del modello ottico, p. es. su spigoli di case, ponti, crocevia, ecc., cioè su ogni punto necessario all'allestimento della carta. Possiamo però anche, muovendo contemporaneamente i volantini a mano e il pedale, seguire linee qualsiasi (strade, sentieri, ruscelli, limiti di rocce e di boschi).

Di questi tre movimenti solo due sono trasmessi al tavolo di disegno, cioè i due movimenti nella proiezione orizzontale. La trasmissione avviene nella scala con la quale abbiamo introdotto la base nell'autografo.

Se noi seguiamo allora delle linee qualsiasi nel modello ottico con la marca di collimazione la matita disegnatrice ci darà sulla carta la proiezione orizzontale esatta di queste linee; in questo modo possiamo tracciare la planimetria di strade, foreste, fiumi ecc. L'altezza assoluta di un punto viene letta ad un contatore.

Ed ora la restituzione delle curve di livello. Queste non si possono vedere direttamente sui fotogrammi. Se noi poniamo però l'indice di collimazione con il pedale alla quota p. es. 1400 m e muoviamo solo i volantini per i movimenti laterali e nel senso delle distanze, anche la marca di collimazione si sposterà nello spazio, ma solo nel piano 1400 m sul mare. Se con l'ausilio dei due movimenti orizzontali noi facciamo seguire dall'indice le sinuosità del terreno, rimanendo sempre sul terreno con lo stesso, avremo la linea intersezione del piano orizzontale 1400 con il terreno, cioè la curva di livello 1400 m. Il tracciamento implica naturalmente una certa abilità e pretende un'osservazione attenta, perchè ogni errore viene trasmesso alla matita e notato.

Teoricamente per la restituzione di una coppia di fotogrammi aerei occorrono tre punti dati. Praticamente se ne adoperano 4 o 5. Per una quota di volo sul terreno di ca. 3000 metri e una restituzione nella scala 1:10000 è quindi necessario un punto noto per chilometro quadrato.

Per Paesi che posseggono una rete di triangolazione fitta questa condizione è senz'altro soddisfatta. Le condizioni sono diverse per territori sprovvisti di basi geodetiche sufficienti.

La creazione di tali basi geodetiche implica lavori lunghi e costosi ed in regioni inospitali lo svolgimento dei lavori è reso difficile dalle scarse vie di comunicazione e dalle difficoltà naturali del terreno. Perciò non si poteva procedere al tracciamento di mappe in Paesi naturalmente ricchi e dalle possibilità di sviluppo enormi. Si ha quindi cercato di raggiungere il collegamento di grandi distanze mediante la **triangolazione aerea**. Questi nuovi metodi permettono il raccordo ed il rilievo di vaste zone senza punti intermedi di riferimento sul terreno, vale a dire ci si può rendere indipendenti dal terreno.

## Riflessioni.

La contemplazione della natura dall'alto ha sempre appassionato l'uomo. Nei Musei si trovano raccolti meravigliosi panorama di città e vallate, disegnati come si presentavano agli occhi dell'osservatore dall'alto di una torre o dalla vetta di una montagna; quadri creati molto prima della nascita dell'aviazione, della fotografia e degli aeromobili.

Le prime ascese con gli aerostati innondavano di gioia gli animi degli audaci pionieri dell'aria, non solo per il successo tecnico conseguito, ma anche per lo spettacolo che si offriva ai loro occhi. Quanto è diversa una città vista dall'alto! I segreti delle viuzze e delle case addossate l'una all'altra scompaiono; la vita e le forme della città appaiono all'occhio dell'aviatore senza veli, nude in tutte le loro forme architettoniche e sociali.

I primi voli indicarono però anche la rivoluzionaria possibilità che nasceva per l'arte del misurare.

In principio ogni carta topografica è una veduta dall'alto.



*Fig. 9.*  
*Esempio di presa aerea verticale.*



Logico quindi che si pensasse di mettere al servizio della cartografia i progressi e le scoperte dell'aeronautica e della fotografia.

Diverse Nazioni intensificarono le ricerche al fine di raggiungere i metodi più perfetti per allestire carte e piani con il sistema fotogrammetrico.



*Fig. 10.*

*L'apparecchio di misurazione impiegato in Svizzera.*

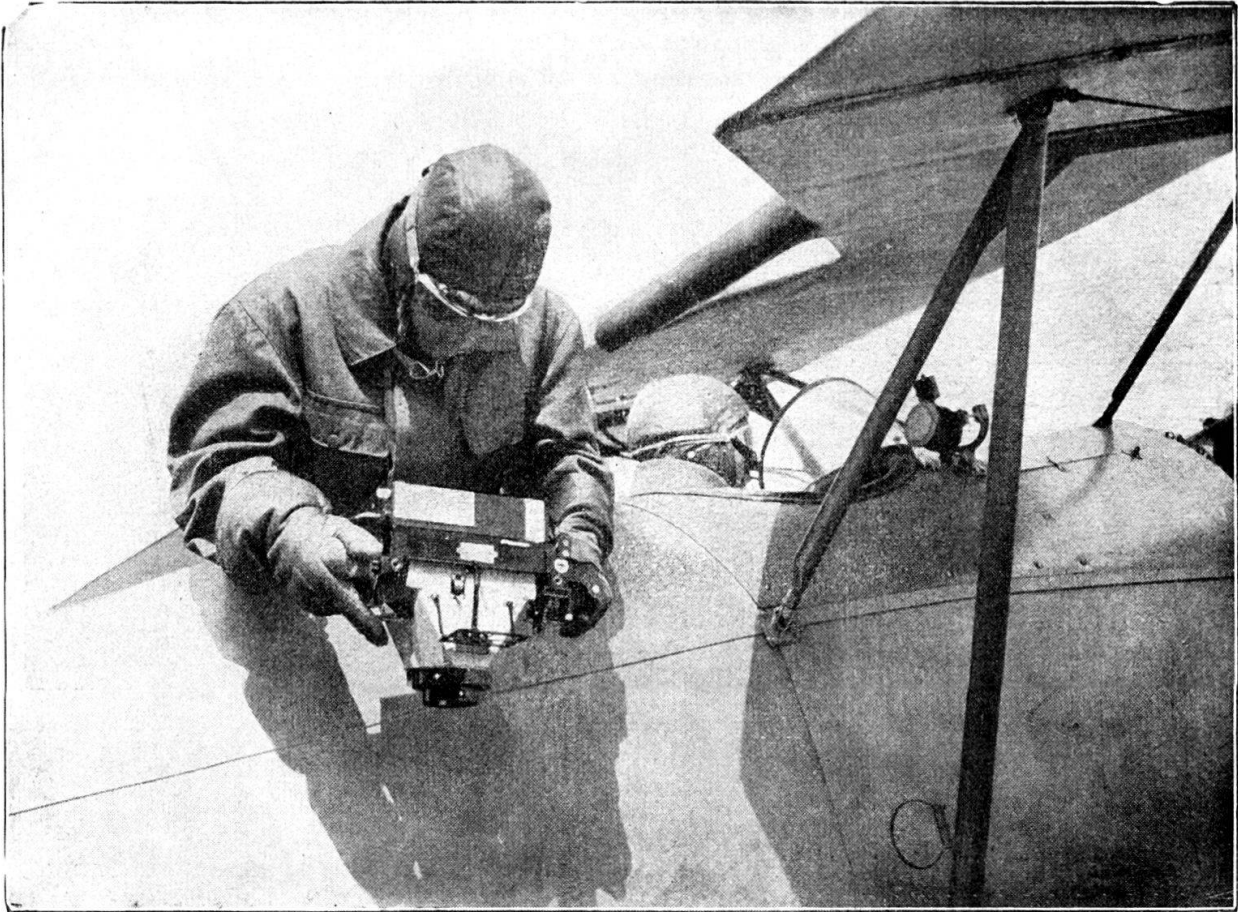
I più grandi esploratori, da Amundsen a Byrd, il nostro Mittelholzer, portarono a casa prese aeree di tutte le regioni del mondo, dai ghiacciai dell'Antartide alle steppe dell'Asia, dai deserti infocati dell'Africa alle vette immacolate e gelide dell'Himalaja. Scienziati e tecnici accompagnavano i valorosi piloti per fotografare i segreti delle zone sorvolate, arricchendo così le conoscenze e il patrimonio scientifico dell'umanità.

Una vera e propria scienza e tecnica si sviluppavano attorno al nuovo metodo di osservazione e misurazione; oggi troviamo a disposizione apparecchi e metodi che sono gioielli di perfezione.

## **Applicazioni.**

Tutte le Nazioni coinvolte nella guerra mondiale testè finita, e anche quelle rimaste fuori dal conflitto, hanno dedicato alla fotogrammetria tutte le cure, perchè questa scienza poteva loro rendere servizi enormi. Il territorio nemico era sorvolato e fotografato in tutti i dettagli; nei servizi speciali posti dietro la fronte le lastre e le pellicole erano restituite permettendo di allestire in tempo brevissimo le cartè e i piani desiderati. Così l'esercito tedesco fotografava la linea Maginot, l'esercito inglese allestiva i piani dettagliati che servivano di base al vittorioso assalto di Tobruk; mediante la fotogrammetria, gli eserciti alleati elaboravano grandi mosaici aerei delle coste interessanti l'invasione. Anche in Russia si scoprivano carte geografiche allestite secondo i più moderni criteri fotogrammetrici.

Un'introduzione a queste applicazioni belliche era già stata fatta dall'esercito italiano durante la campagna d'Abissinia del 1935. L'esito fu talmente brillante che il Generale Orazio Toraldo di Francia poté riassumere l'opera compiuta con



*Fig. 11.*

*L'equipaggio aereo al lavoro.*



*Fig. 12.*

*L'osservatore espone  
una presa verticale.*

la frase: « L'importanza militare del lavoro può riassumersi dicendo che fu possibile in un terreno, all'inizio delle ostilità, spoglio di cartografia utile ai fini delle operazioni militari, far sempre precedere al movimento delle truppe la consegna ai Comandi delle carte giorno per giorno approntate. Questo e non altro costituisce un primato senza precedenti nella storia della cartografia militare ».

Fu l'imperiosa necessità delle operazioni militari che richiedevano conoscenza tempestiva dei terreni dove le azioni venivano man mano a svolgersi, che indusse il Comando ad applicare l'aerofotogrammetria. Risulta che dell'Etiopia esistevano solo carte dimostrative al milionesimo. Da notare che quasi tutto il terreno che si doveva fotografare era in mano nemica, si era quindi nell'impossibilità di percorrere il terreno stesso.

Tutto il lavoro fu fatto da un corpo specializzato, suddiviso in quattro categorie che sono denominate dall'Istituto Geografico Militare Italiano come segue:

- a) un nucleo mobile destinato a costruire le squadre di campagna incaricate di speciali lavori a terra,
- b) un'attrezzatura aerofotogrammetrica,
- c) un reparto di topografi fotogrammetristi destinato alla costruzione delle carte speditive con l'uso delle fotografie aeree,
- d) un reparto destinato alla riproduzione e stampa.

Dopo i servizi resi al demone della guerra la fotogrammetria torna agli ordini della pace e dell'opera ricostruttrice.

I programmi e i lavori di ricostruzione domandano già oggi una grande quantità di piani e carte topografiche, perchè gli ingegneri e architetti devono poter disporre di basi esatte per gli studi e lavori di progetti. Queste basi sono formate in prevalenza da piani nelle scale dall'1:500 all'1:5000 e da mosaici aerei nelle scale dall'1:2000 all'1:10000, in conformità alle moderne esigenze cartografiche-topografiche.

La soluzione rapida, efficace e razionale dei problemi di ricostruzione di città, strade, ponti, impianti idro-elettrici e dei problemi urbanistici in generale pone come requisiti, almeno per quello che riguarda l'allestimento di piani, due fattori:

1. Allestimento delle basi cartografiche in un tempo brevissimo;
2. Costo vantaggioso degli operati cartografici.

I sistemi classici del rilievo cartografico non sono in grado di soddisfare queste esigenze, richiedendo la loro applicazione, per natura stessa del metodo, un tempo sempre relativamente lungo e di conseguenza una spesa forte. Nel campo cartografico solo la moderna fotogrammetria e in speciale la stereofotogrammetria sono in grado di soddisfare i desideri dei tecnici ricostruttori e dei finanziatori delle opere, siano quest'ultimi rappresentati dallo Stato o da Enti privati.

Come si presenta a guerra ultimata il problema cartografico in Europa? Si deve distinguere:

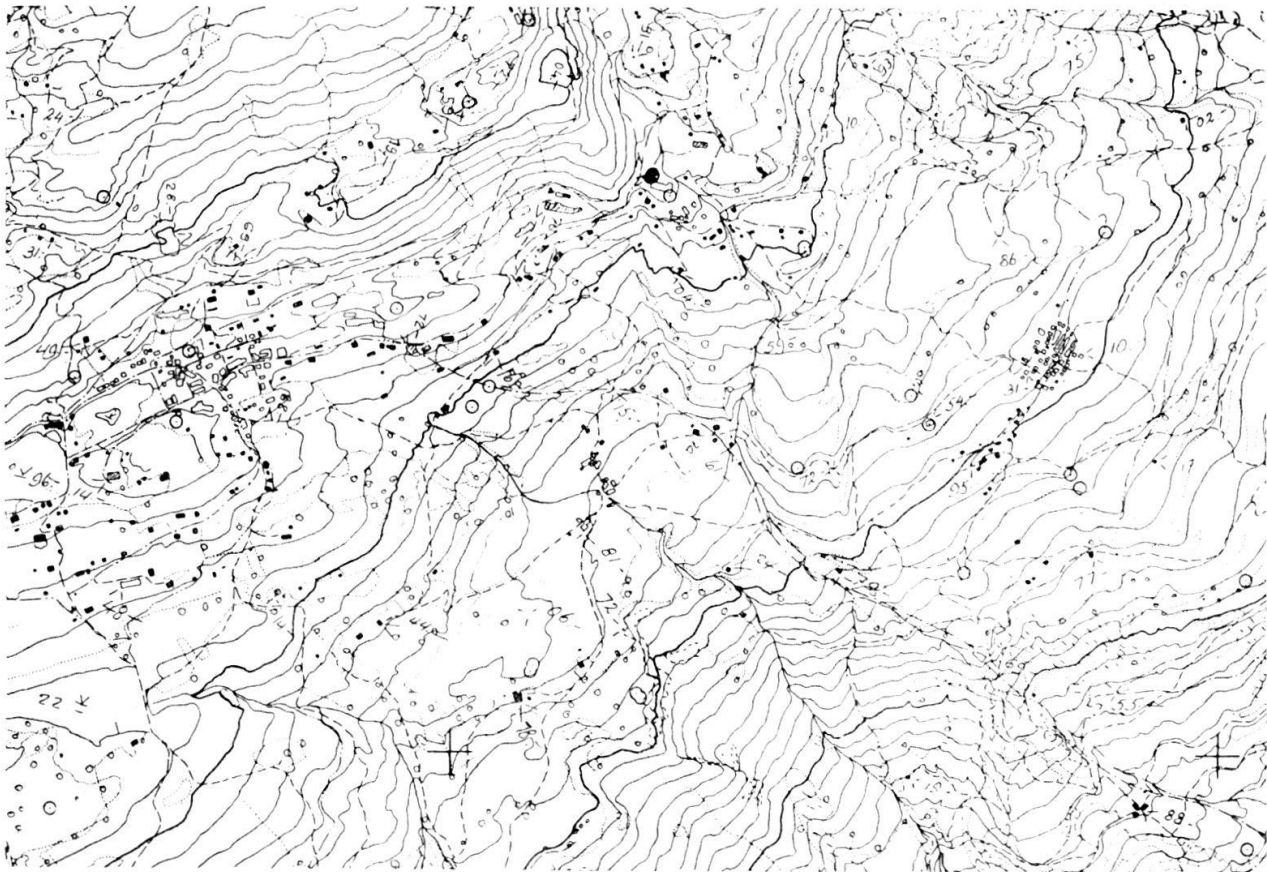
- a) Zone che non posseggono più gli archivi catastali e per le quali tutto il materiale cartografico esistente ante-guerra è andato distrutto e perso, compresi i catasti delle proprietà e le basi fiscali. Distrutti sono pure i dati trigonometrici e poligonometrici che permettono la ricostruzione dei limiti di proprietà;
- b) Zone per le quali esistono ancora in parte i piani catastali e gli elementi trigonometrici-poligonometrici.

Nei due casi la fotogrammetria è la sola tecnica che permette la soluzione desiderata. Quando tutto è da rifare e quando i lavori abbracciano una zona

estesa, si ricorrerà alla triangolazione aerea, che permette l'allestimento veloce e esatto di carte e piani anche quando esistono solo pochissimi punti trigonometrici di riferimento. Quando una parte del materiale cartografico è ancora disponibile, la fotogrammetria permette l'adattamento migliore ai rapporti esistenti.

La fotogrammetria aerea trova in Svizzera una grande applicazione per l'allestimento dei piani corografici e della nuova carta militare Nazionale 1:25000 e 1:50000.

Un'applicazione non meno importante è oggi all'ordine del giorno. Penso all'applicazione della fotogrammetria aerea per raggruppamenti di terreni. L'assoluto



*Fig. 13.*

*Parte di una restituzione fotogrammetrica, scala 1:25000.*

bisogno di dare il massimo incremento all'agricoltura hanno posto agli agrimensori compiti non sempre facili. Dei terreni previsti per bonifiche e per raggruppamenti occorrono piani dall'1:1000 all'1:5000: Il programma di lavoro è così vasto e denso che non si potrebbe risolvere il problema in tempo utile senza ricorrere alla fotogrammetria aerea. I piani catastali così allestiti presentano tutta la precisione richiesta e costano molto meno dei piani allestiti con i metodi classici del rilievo.

Di speciale interesse per gli architetti, per l'urbanistica e per l'arte militare sono i mosaici aerei. Queste composizioni di vedute aeree possono essere allestite in brevissimo tempo e comprendere vaste zone. Grazie al metodo del raddrizzamento esse presentano una scala esatta, almeno nelle zone pianeggianti. Non

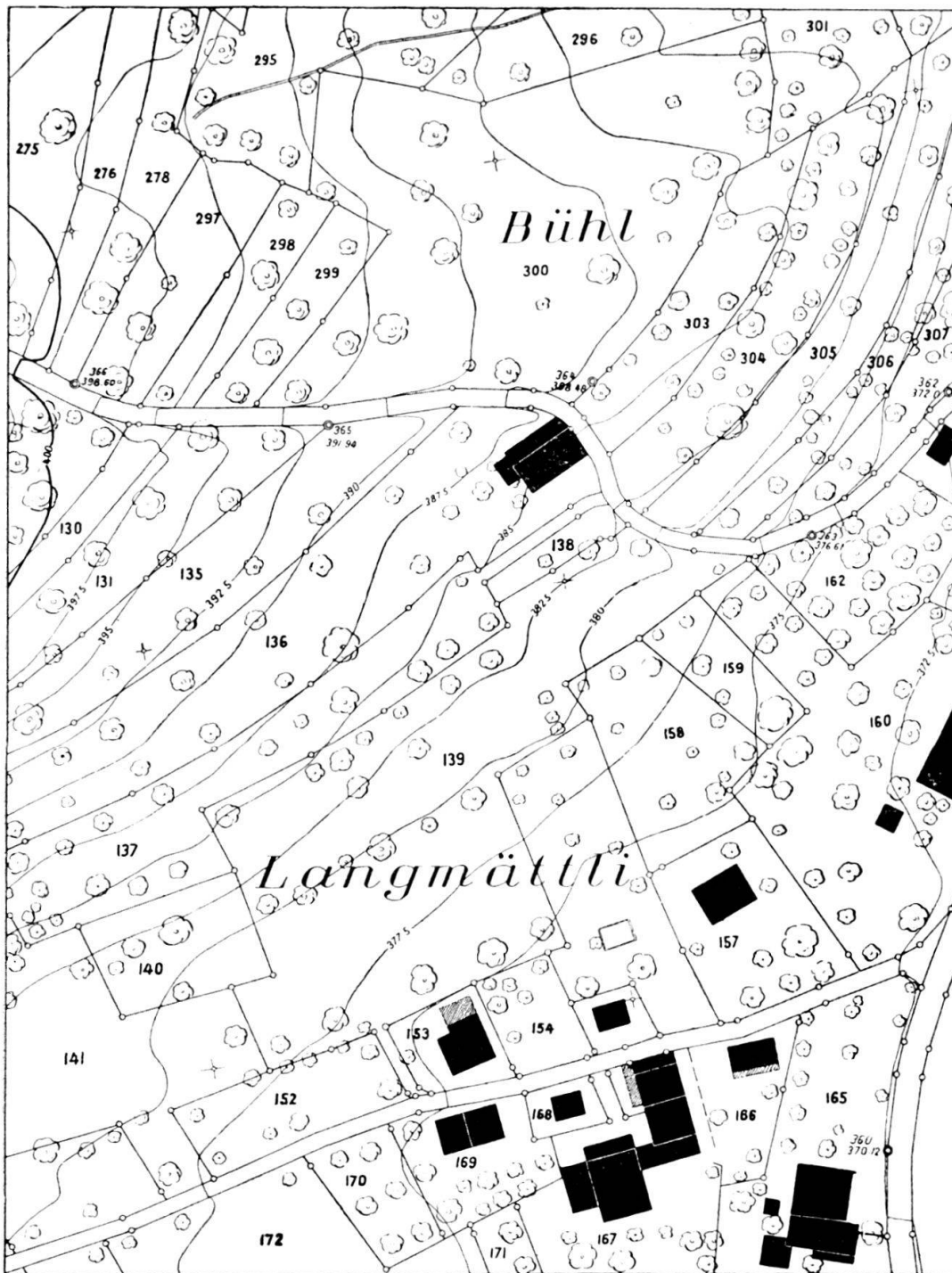


Fig. 14. Stralcio di un piano catastale con i limiti di proprietà e curve di livello ogni metro, scala 1:1000.

contengono curve di livello: in compenso presentano in sintesi profonda e fedele lo stato attuale delle zone interessanti e permettono di fissare in modo razionale le direttive pacifiche o belliche. Esse si prestano in modo insuperabile per discutere problemi a carattere tecnico o militare.

Chiudo l'esposizione accennando alle più moderne ricerche che si concentrano ora sui problemi che presentano la triangolazione aerea e il « radar ». Lo scopo è di eliminare il più possibile i lavori a terra e di conseguire l'allestimento di una carta solo con l'aeroplano armato di camera fotografica, che dia le prese necessarie, e con l'attrezzatura « radar » che permetta di determinare le basi di controllo e di riferimento. Presto altre geniali applicazioni illumineranno il campo cartografico civile e militare.