

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 109 (1983)  
**Heft:** 10

**Artikel:** La fotogrammetria, moderno sistema di rilievo  
**Autor:** Pastorelli, Roberto  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-74945>

#### 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:** 21.02.2026

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

gianza treni. Oltre a un nuovo potenziamento della capacità di traffico si volevano ottenere migliori condizioni per la manutenzione meccanizzata della soprastruttura (binari e inghiaiata) per la quale è necessario l'esercizio a binario semplice.

Il programma si basava sulle seguenti misure fondamentali, da applicare sulle tratte Airolo-Biasca e Giubiasco-Taverne.

- Nuovi impianti di sicurezza nelle stazioni, con la nuova tecnica di «impianto a schema di binari».
- Banalizzazione delle tratte, cioè possibilità per i treni di percorrere entrambi i binari nei due sensi regolati dagli usuali segnali.
- Creazione di binari di precedenza nelle stazioni, sufficienti per il sorpasso dei treni più lunghi.
- Suddivisione delle tratte più lunghe con l'inserimento di nuovi posti di cambio.
- Suddivisione dei posti di blocco in modo che i treni possano susseguirsi a una distanza di 3 minuti.
- Costruzione nelle stazioni di marciapiedi intermedi con accesso tramite sottopassaggio.

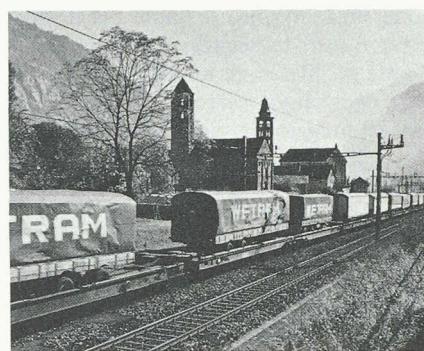
L'ultima fase di questo programma concerne la tratta Bellinzona-Giubiasco e la stazione stessa di Giubiasco. I lavori preventivati a ca. 30 Mio, saranno iniziati nel 1983, i crediti necessari essendo già stati approvati.

#### *L'impatto dei lavori stradali*

Lo sviluppo della rete stradale, specialmente con la costruzione della N2, ha causato importanti adattamenti degli impianti ferroviari. Oltre a innumerevoli opere di incrocio, sono da menzionare quattro spostamenti di tracciato: Bissone, con l'abbandono di una galleria, il ponte-diga di Melide, la tratta Mappo-Verbanella con la nuova galleria di 700 m, e il recente spostamento di Pasquierio tra Biasca e Pollegio.

#### *Investimenti e economia locale*

Si pone spesso la questione dell'importanza degli investimenti ferroviari per l'economia ticinese.



Treno Huckepack a Giornico.

Al proposito bisogna osservare che nella costruzione di nuovi tracciati, stazioni, singoli manufatti, o nel risanamento di gallerie (lavori Huckepack per esempio), il genio civile e l'edilizia mantengono la preponderanza, per cui gli investimenti vanno particolarmente a favore dell'economia locale.

I lavori di potenziamento della linea concernono invece maggiormente gli impianti tecnici. La tecnicizzazione degli impianti è infatti una tendenza generale e sulla linea del Gottardo si rivela come l'unica possibilità di potenziamento.

In questo caso fino al 50% dell'investimento si traduce in commesse per l'industria d'oltralpe.

Globalmente gli investimenti delle FFS nel Ticino nel campo delle costruzioni si possono quantificare in una media di 20-30 Mio annui di commesse andate direttamente a ditte locali (imprese e artigiani, esclusa l'industria). A questa cifra vanno aggiunti i salari del personale esterno della Divisione Lavori pure attivo nella costruzione e nella manutenzione degli impianti. L'organico è attualmente di ca. 500 impiegati occupati nel Ticino.

Gli investimenti importanti previsti a corto o medio termine sono quelli già menzionati: Chiasso, Balerna, Vedeggio, Giubiasco. Ad essi seguirà probabilmente l'ammodernamento degli impianti della stazione viaggiatori di Bellinzona.

Malgrado la situazione finanziaria si spera di poter continuare gli investimenti con efficacia anche nel futuro e completare così l'ammodernamento della linea del Gottardo.

#### Indirizzo dell'autore:

Renzo Ghiggia  
FFS, II Circondario  
Div. Lav. Sez. Costr. Ticino  
6500 Bellinzona

#### **La photogrammétrie, moyen moderne de relevé topographique**

*L'article décrit les possibilités offertes par la photogrammétrie pour les relevés topographiques. A partir de deux photos stéréoscopiques, on peut obtenir n'importe quel type de relevé. Le traitement électronique des données permet aujourd'hui l'automatisation complète du travail, en fournissant des résultats numériques, soit les coordonnées planes et l'altitude. On peut aussi obtenir des distances et d'autres valeurs, comme les surfaces, les volumes, etc. L'article décrit les procédés de la photogrammétrie terrestre et aérienne (jusqu'à l'échelle de 1:200 avec des erreurs de ± 5 cm, à la condition de disposer d'un avion lent et d'un équipement photographique approprié. Il donne également quelques exemples de travaux réalisés dans le bâtiment et le génie civil.*

punto riferiti all'apparecchio-restitutore. Con opportune traslazioni e rotazioni degli assi di proiezione si fissa la posizione di ogni punto nella rete delle coordinate del piano che si vuole ottenere (trasmissione e proiezione del modello fotografico).

Fino al 1960 circa il rilievo fotogrammetrico era composto solo di misure grafiche. Con l'avvento dell'elaborazione elettronica dei dati che dà la possibilità di risolvere qualsiasi formula geodetica in tempi brevissimi, si giunse subito all'automazione completa ottenendo come risultato finale un rilievo numerico, cioè le coordinate planimetriche e le quote di ogni punto permettendo il calcolo di tutte le distanze e di altri valori desiderati (superficie, profili, ecc.).

A questo punto l'automazione è completa, dalla fotografia al piano geometrico nella scala voluta.

Mi sono limitato a questi brevi cenni generici non ritenendo opportuno, in questa sede, entrare nei dettagli d'ordine tecnico che porterebbero troppo lontano.

La fotografia può essere ripresa con un fototeodolite (teodolite combinato con una camera fotografica) e si parlerà di fotogrammetria terrestre.

Se invece la fotografia è ripresa da una camera fotografica montata su un aereo, si parlerà allora di fotogrammetria aerea. È facile comprendere la differenza tra i 2 metodi; gli elementi che

## La fotogrammetria, moderno sistema di rilievo

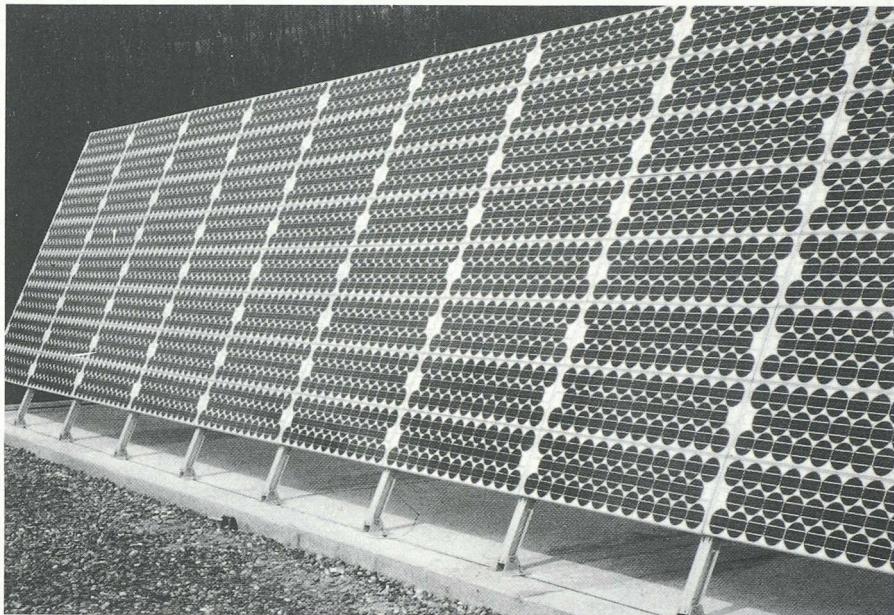
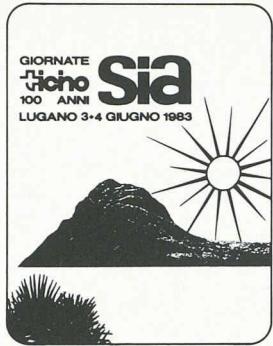
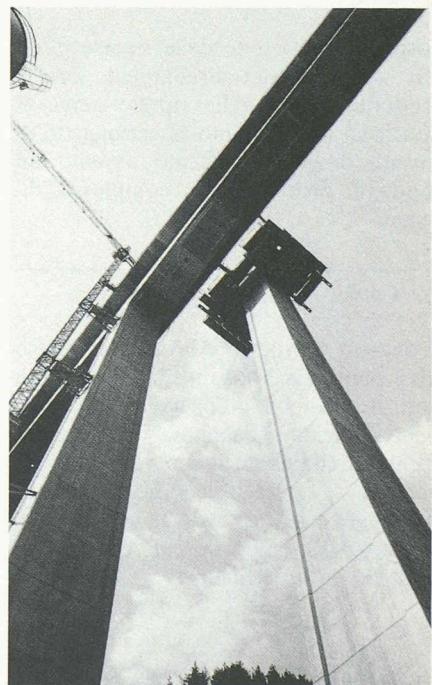
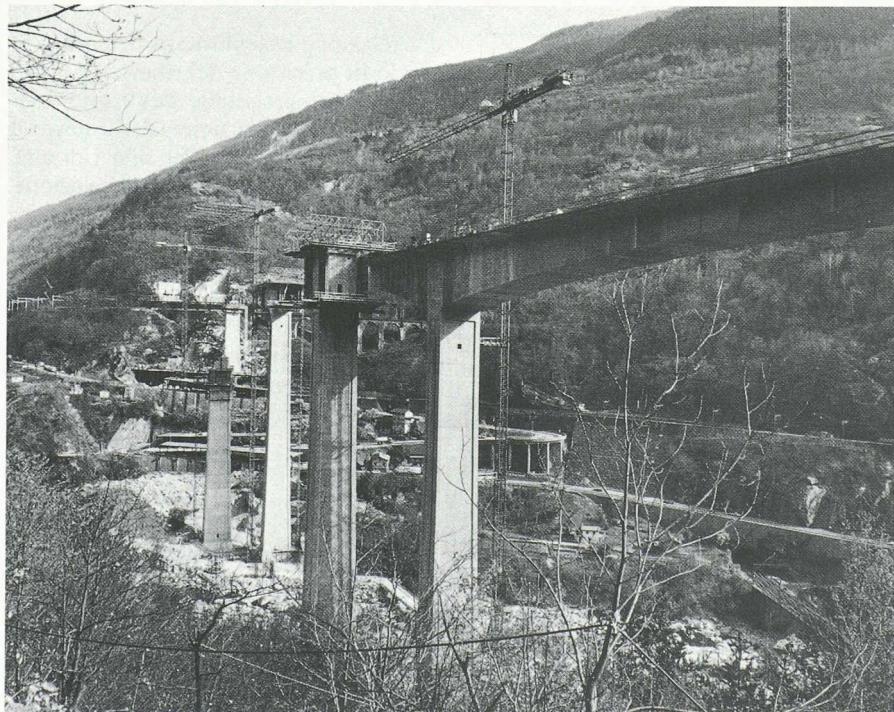
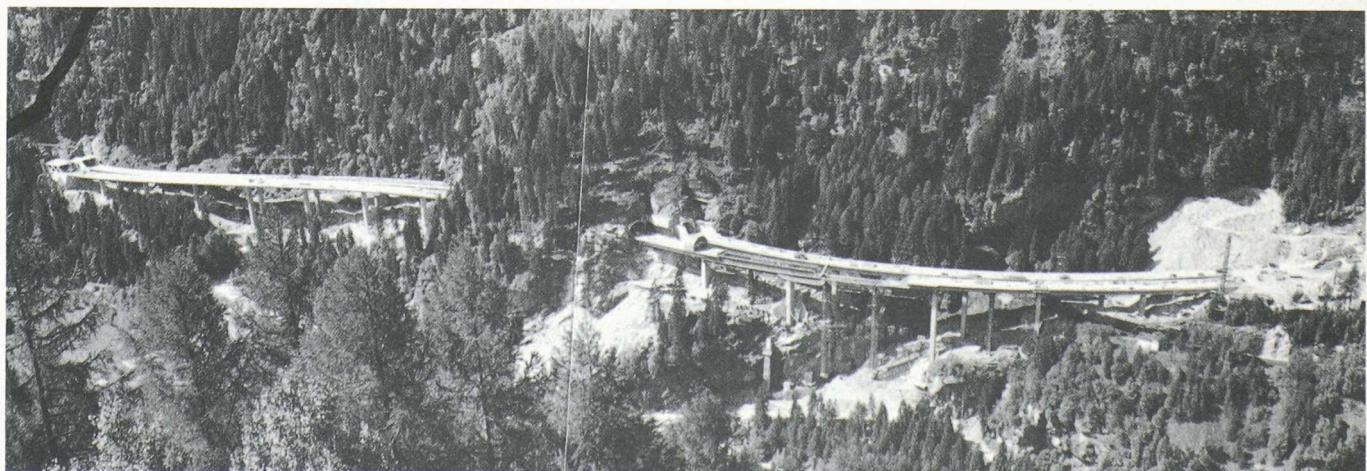
### 1. Generalità

È universale, se si pensa alle possibilità che offre. Da una coppia di fotografie stereoscopiche (dello stesso oggetto ripreso da 2 stazioni diverse) è possibile eseguire qualsiasi tipo di rilievo, ottenere le misure di tutti gli oggetti visibili sulle due fotografie.

Ovviamente sarà necessario soddisfare quelle condizioni che permettono di

creare una relazione perfetta tra modello fotografico stereoscopico e modello spaziale del terreno (compreso nelle fotografie).

È possibile ottenere il modello fotografico stereoscopico utilizzando uno stereo-autografo che, se collegato con un tavolo-coordinatografo, trasmetterà il modello proiettato nella scala voluta e fissata a priori su un piano orizzontale. Da questo modello è possibile ricavare gli elementi tridimensionali di ogni

*Energia (pagine 167-170).**Strade nazionali (pagine 178-185).*

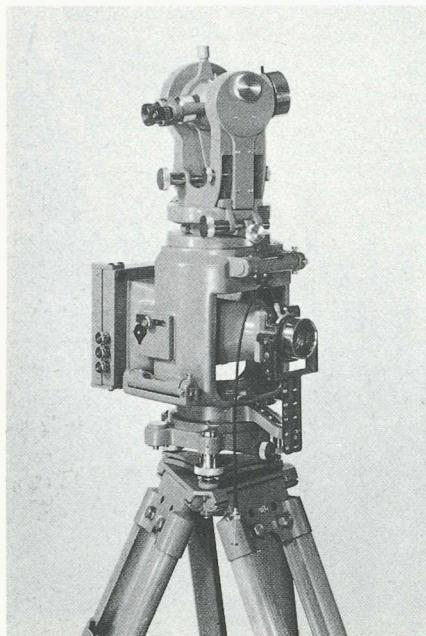


Fig. 1. — Fototeodolite Wild P30  $f = 165 \text{ mm}$  — dimensioni delle fotografie  $10 \times 15 \text{ cm}$ .

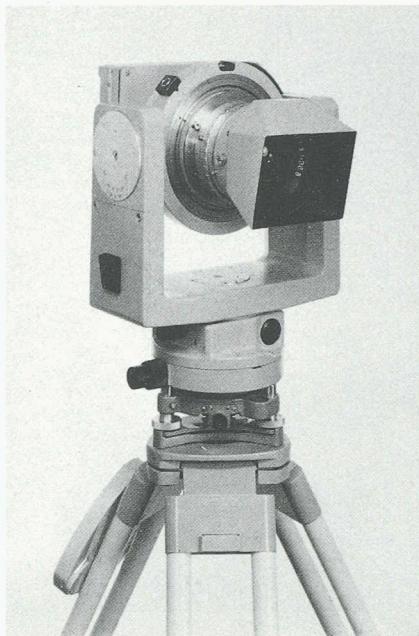


Fig. 2. — Camera fotografica Wild P31  $f = 100 \text{ mm}$  — dimensioni delle fotografie  $10 \times 12 \text{ cm}$ .

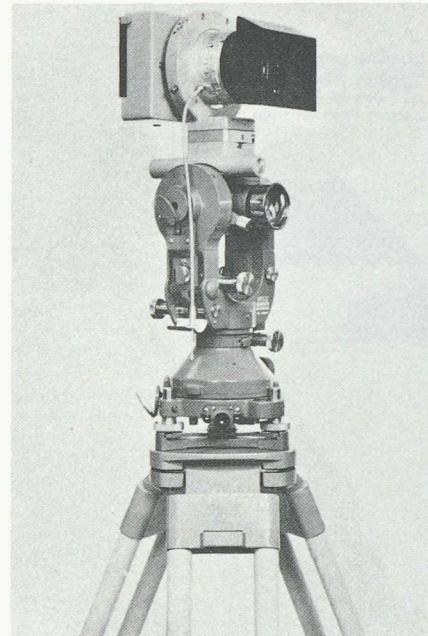


Fig. 3. — Fototeodolite Wild P32  $f = 64 \text{ mm}$  — dimensioni delle fotografie  $6 \times 8 \text{ cm}$ .

fissano la posizione delle riprese terrestri sono misurati direttamente con il teodolite, quelli delle riprese aeree al contrario non possono essere oggetto di misure dirette e pertanto avremo un modo di procedere più complesso, diverso.

## 2. La fotogrammetria terrestre

L'oggetto da rilevare dev'essere ripreso da 2 punti (stazioni) diversi e accessibili con il fototeodolite; la congiunzione delle 2 stazioni è chiamata «base» e misurata direttamente al cm. Se l'asse della camera è perpendicolare al piano dell'oggetto (facciata di un fabbricato), la fotografia avrà una scala costante su tutta la sua superficie

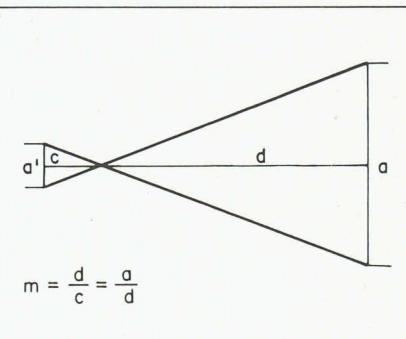
$$m = \frac{d}{c} = \frac{a}{d}$$

E pertanto la scala di una fotografia sarà determinata se si conosce la costante  $c$  (distanza focale della camera) e la distanza  $d$  dalla camera all'oggetto. Se l'oggetto da fotografare non si trova su un piano ma si estende in profondità la fotografia non avrà più la stessa scala su tutta la superficie; ci troveremo allora di fronte ad una deformazione del modello spaziale che si dovrà eliminare con interventi ed accorgimenti opportuni (misure dirette a diverse profondità).

Esistono diversi tipi di camera fotografica con distanze focali diverse; più la distanza focale è piccola più grande è la deformazione.

Il caso normale, il più semplice, presuppone, come già detto, perpendicolarità dell'asse della camera con il piano dell'oggetto (fig. 4).

Il rapporto ottimale tra base e distanza dall'oggetto va da  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{8}$  e la differenza



Schema di principio.

di quota tra le due stazioni di ripresa non deve superare il 10%.

Non sempre è possibile applicare il «caso normale», in particolare quando l'oggetto non può essere ripreso completo con una sola fotografia.

In questo caso l'asse della camera sarà inclinato a destra o a sinistra parallelo per le 2 riprese o addirittura convergente tra di loro; in questo caso sarà necessario aumentare la lunghezza della base.

La relazione base/distanza determina il grado di precisione del rilievo.

Il grado di precisione dev'essere adeguato alla destinazione del rilievo e dell'uso che se ne fa. Per rilievi di alta precisione si applica anche la relazione base/distanza da  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{8}$ ; si tratta in particolare di rilievi richiesti dall'industria. Posso dire che il costo di un rilievo è pure in funzione della precisione richiesta.

Le figure 5 e 6 rappresentano i prospetti alla scala originale 1:50 delle palazzine situate a Lugano in viale S. Franciscini 12 ed in via Curti 2 e destinate alla demolizione per far posto ad un nuovo complesso edilizio, nuova sede di un importante istituto di credito.

Si tratta di rilievi estremamente precisi e fedeli alla realtà (dell'ordine di  $\pm 2-3 \text{ cm}$ ) in particolare nelle loro linee architettoniche.

Questi rilievi sono stati eseguiti nello studio di fotogrammetria A. & R. Pastorelli con la camera Wild P31  $f = 100 \text{ mm}$  e formato  $10 \times 12 \text{ cm}$ .

La fotogrammetria terrestre permette l'esecuzione di rilievi preziosi per



Fig. 8. — Aviolyt AC1 con Aviotab TA2 (Wild). Sistema moderno di stereorestitutione analitica, comandata da un ordinatore per tutti i lavori di restituzione nel campo della fotogrammetria.

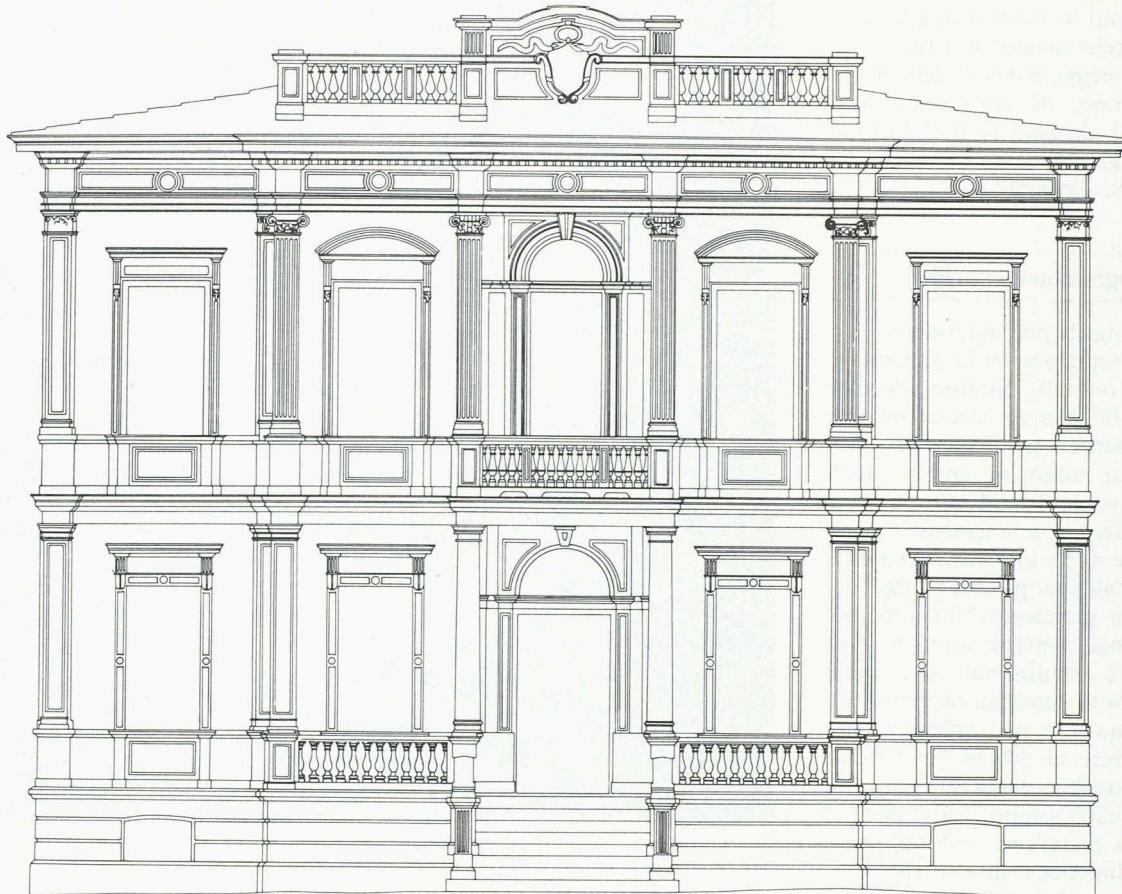


Fig. 5. — Prospetto della facciata principale della ex-sede del Consolato italiano di Lugano, palazzina novecentesca in viale S. Frascini 12, Lugano (scala originale della restituzione 1 : 50). Esecuzione: A. & R. Pastorelli, Lugano. Scala di riproduzione della figura 1 : 80.

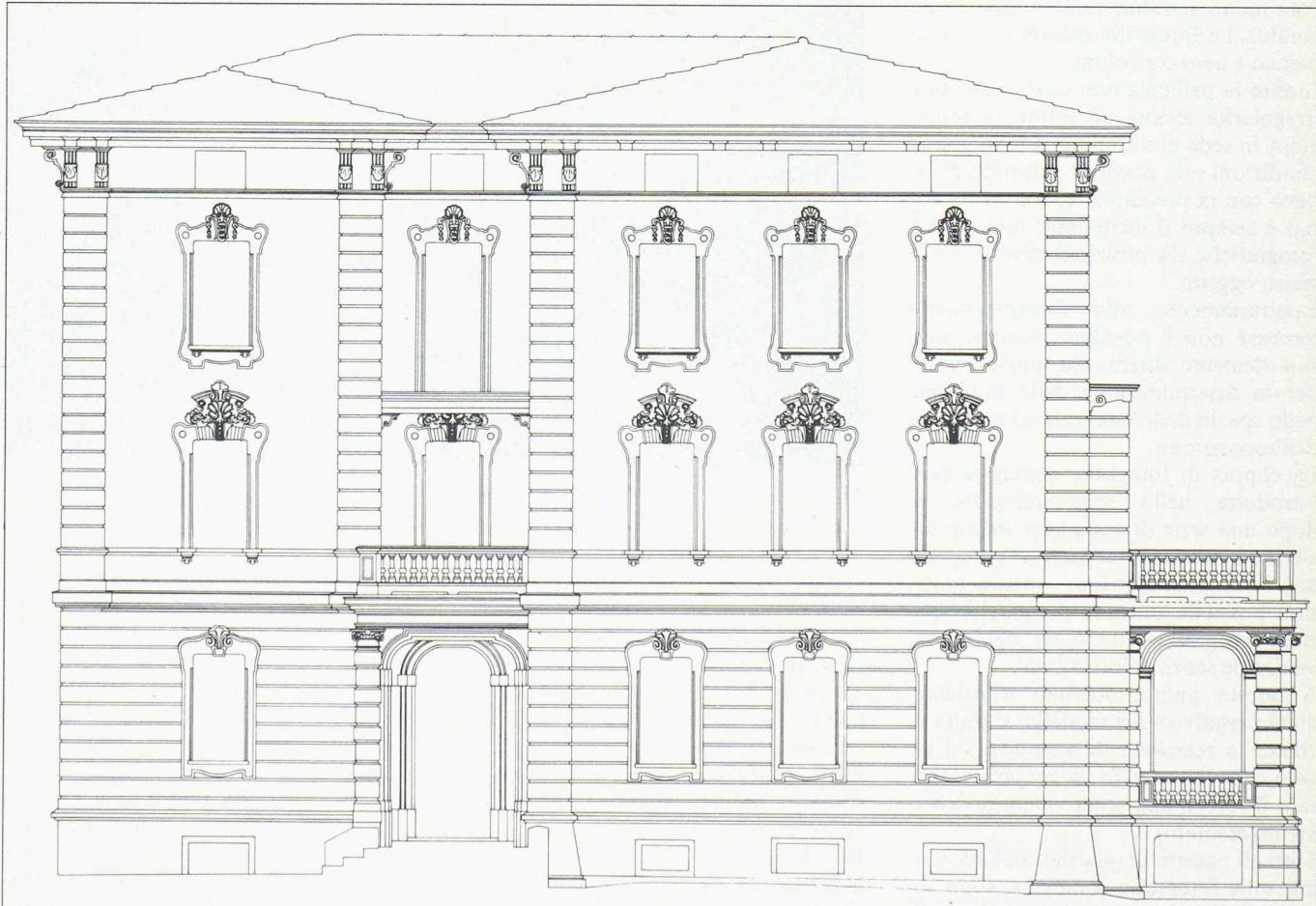


Fig. 6. — Prospetto della facciata principale della palazzina in via Curti 2 a Lugano (scala originale del rilievo fotogrammetrico 1 : 50). Esecuzione: A. & R. Pastorelli, Lugano (vedere fig. 5).

l'architettura (conservazione e restauro di monumenti) in modo elegante ed ol-tremodo precisi senza dover far ricorso a costosi ponteggi, rilievi di dettaglio, di pareti rocciose, di grotte (altrimenti inaccessibili), di scavi archeologici con tutti i dettagli desiderati (v. anche Rivista Tecnica, dicembre 1975).

### 3. La fotogrammetria aerea

È di gran lunga la più importante. Se per la fotogrammetria terrestre ci sono limiti (visuale, distanze adeguate, possibilità di doppio stazionamento), per quella aerea è possibile un'applicazione pratica molto più ampia, più libera. D'altra parte ogni sistema ha le sue prerogative; con la terrestre è possibile ottenere rilievi praticamente a qualsiasi scala, dalla più piccola ( $1:10\,000$  p. es.) alla più grande ( $1:10/1:1$  p. es.). Con la fotogrammetria aerea la scala del rilievo è condizionata dall'altezza minima di volo concessa ed è noto che un aeroplano non può volare ad una quota inferiore ai 300 m sul terreno; sarà così possibile eseguire rilievi fino alla scala  $1:200$  sempre nel rispetto di un'adeguata precisione ( $\pm 5$  cm errore medio planimetrico e altimetrico).

Condizione assoluta sarà l'impiego di un aeroplano speciale capace di volare a velocità ridotta (150 km/ora) e di una camera di ripresa automatica con pellicola molto sensibile (1/250-1/500 di secondo). Le fotografie possono essere in bianco e nero o a colore.

Inoltre la pellicola non deve presentare irregolarità alcuna né subire deformazione in sede di sviluppo. Solo in queste condizioni sarà possibile garantire un rilievo con la precisione voluta. Il principio è sempre il medesimo; due riprese fotografiche da posizioni diverse dello stesso oggetto.

Contrariamente alla fotogrammetria terrestre non è possibile misurare nessun elemento diretto che possa servire per la determinazione della posizione nello spazio delle fotografie al momento dell'esposizione.

La coppia di fotografie coniugate sarà introdotta nello stereo-autografo e, dopo una serie di complesse manipolazioni ed interventi da parte di un operatore fotogrammetrista sperimentato, sarà possibile ottenere il modello spaziale fotografico libero da ogni parallassi, cioè senza deformazioni.

A questo punto, ottenuto «l'orientamento relativo» del modello, si tratta di creare la relazione di trasporto sul tavolo-coordinatografo dove sarà elaborato il rilievo alla scala voluta (orientamento assoluto).

Tutti gli oggetti, di qualsiasi natura, visibili sulle fotografie coniugate, sono suscettibili di misure, di rilievo nelle 3 dimensioni (strade, sentieri, muri, fabbricati, limiti di colture diverse, nonché



Fig. 7. — Recente ripresa aerea della zona di Airolo a lavori autostradali ultimati a 800 m sopra il terreno (camera fotografica Wild RC10, 23 x 23 cm).



Fig. 9. — Fotografia aerea della nostra autostrada (camera Wild RC10 f = 152 mm, 23 x 23 cm).

l'altimetria con punti quotati o curve di livello.

La cartografia è sicuramente l'applicazione più importante e la più diffusa.

Trovano grande applicazione anche piani topografici a grande scala ( $1:1000$  -  $1:500$  -  $1:200$ ) completi di tutti gli elementi planimetrici e altimetrici (per lo studio di progetti stradali e di pianificazione urbanistica).

Per rimanere nel Ticino posso dire che la progettazione di massima della nostra strada nazionale N2 da Chiasso a Airolo fu sviluppata su piani topografici alla scala  $1:10\,000$ , mentre la progetta-

zione di dettaglio fu curata su piani topografici fotogrammetrici  $1:1000$ .

Da diversi anni poi, a ultimazione delle diverse tratte, si procede al rilievo fotogrammetrico dell'opera elaborando piani alla scala  $1:500$  completi di ogni dettaglio planimetrico (segnalazione orizzontale e verticale, corsie, pozzi, camere, compresi tutti i collegamenti sotterranei) e altimetrica (punti caratteristici del terreno, curve di livello) e molto apprezzati ed utilizzati dal Servizio Manutenzione dell'autostrada stessa. Un'altra applicazione, relativamente recente e di cui il mio ufficio fu, si può

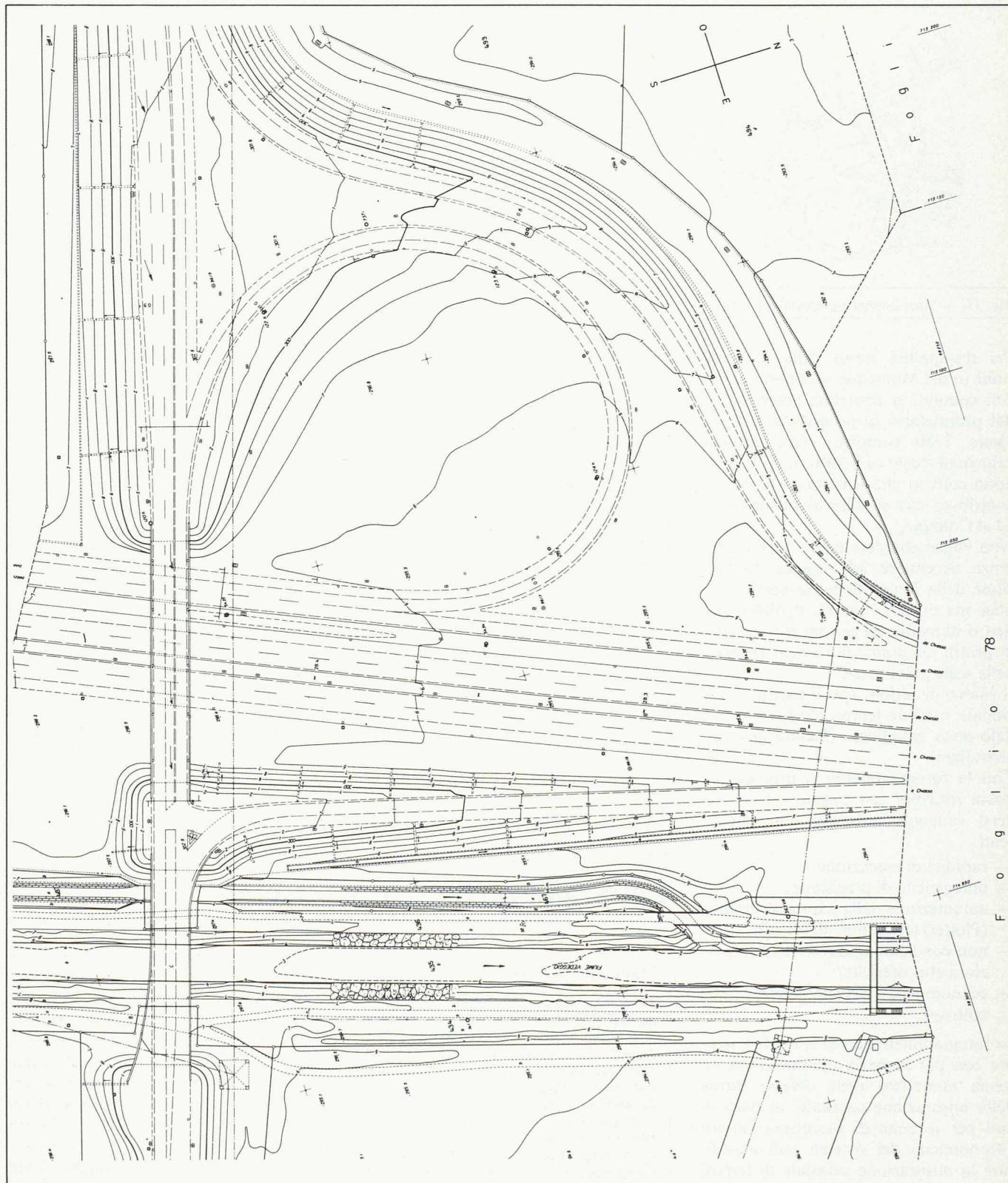


Fig. 10. — Rilievo fotogrammetrico 1 : 500 dell'autostrada (tratta contenuta nella fotografia alla Fig. 9).

dire, un pò promotore, è l'elaborazione del «piano dei tetti».

In generale i nuclei primitivi dei nostri villaggi meritano di essere protetti; pensiamo solo a Corippo, Meride, Rovio, per citare forse i più belli ed i più significativi del Ticino.

Il procedimento è semplice poiché si dispone già di un volo fotogrammetrico che consente una restituzione adeguata. Si prepara un piano alla scala 1:500 o 1:200 ricavato dall'ingrandimento del piano catastale; su questo piano e per

ogni fabbricato si restituisce graficamente (si disegna) il contorno esterno del tetto con le relative falde quotando i colmi, le gronde ed il terreno. Con questi elementi scritti e disegnati in inchiostro direttamente sul piano speciale sarà possibile in ogni momento calcolare la pendenza della falda di un tetto o di controllare se, nel caso di un rifacimento, la quota del colmo è stata rispettata.

Anche nel caso di ricostruzioni nel nucleo sarà possibile esigere uno stesso vo-

lume del fabbricato preesistente, le stesse altezze e le stesse forme del tetto. Costo indicativo di un piano dei tetti: 1000 - 2000 fr. per nucleo.

Sono elementi importanti per ogni Comune che desidera conservare le proprie caratteristiche.

La Città di Lugano, per esempio, ha un vasto Centro Storico da proteggere e la speciale Commissione di sorveglianza non sempre ha il compito facile trovandosi a dover esaminare progetti di restauro o di ricostruzione (tassello).

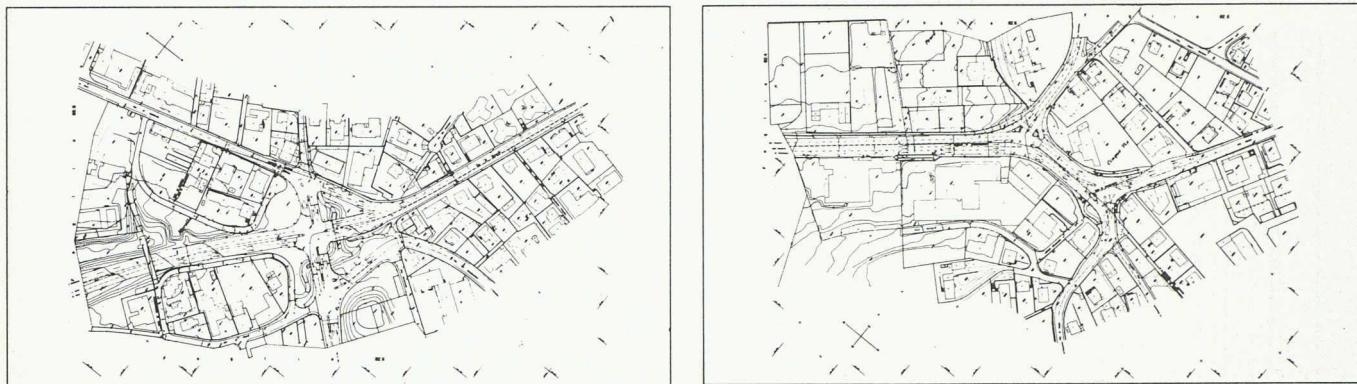


Fig. 11. — Altri esempi significativi del rilievo 1:500 della N2 (svincolo Nord di Lugano). Riprodotto alla scala 1:2000.

Per tranquillità stessa della Commissione (o del Municipio se si tratta di piccoli comuni) si dovrebbe poter esigere dal proprietario (o progettista) un prospetto 1:50 completo delle facciate principali (costo ca 2-3000 fr.).

Sono convito che si tratta di un valido contributo che si offre al pianificatore ed al Comune.

Non voglio chiudere questa esposizione senza accennare ad un'altra applicazione della fotogrammetria aerea, semplice ma di tutti i giorni; il rilievo grafico o numerico di sezioni trasversali o di profili longitudinali di ogni genere e nelle scale più diverse.

Il rilievo di sezioni con il sistema tradizionale richiede tempo (costo) e personale poco qualificato (facilità di errori grossolani).

Con la fotogrammetria il problema si lascia risolvere con eleganza e con diversi vantaggi indiscutibili non indifferenti:

- rapidità di esecuzione;
- omogeneità di precisione;
- automazione dalla lettura al disegno (Plotter) (esclusione di errori);
- non condizionati dal terreno (condizioni atmosferiche);
- economocità (sensibilmente meno costoso).

La fotogrammetria aerea si applica sempre con più successo (automazione, sistema numerico) nelle diverse forme della misurazione catastale, in particolare per le zone di montagna; infatti l'economicità del sistema può giustificare la misurazione catastale di terreni di poco valore.

La scienza fotogrammetrica corredata da uno strumentario sempre più sofisticato segue costantemente lo sviluppo della tecnica e si parla già di autografi con lettura automatica del modello spaziale.

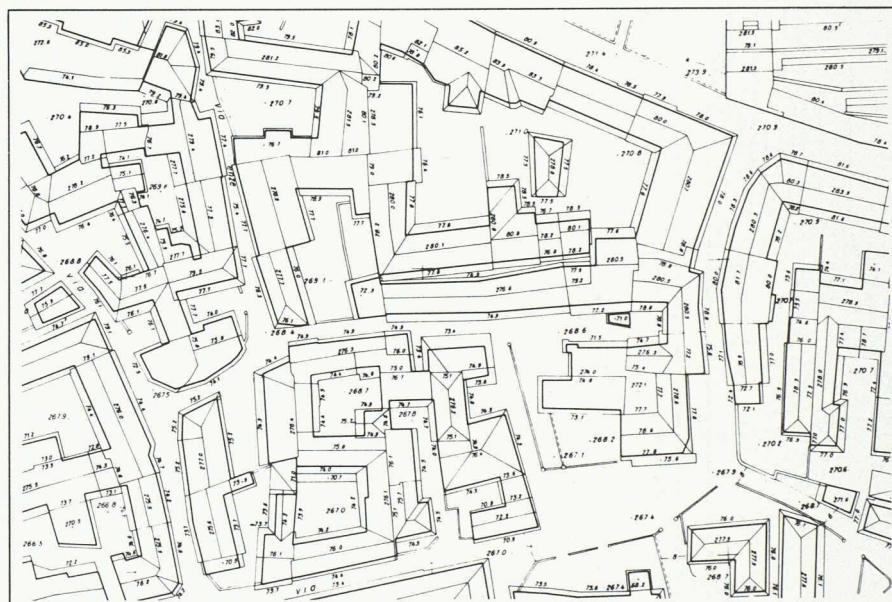


Fig. 12. — Esempio del piano dei tetti di un nucleo alla scala 1:500.

## Le strade nazionali nel Ticino

### L'autoroute nationale au Tessin

*Le réseau autoroutier tessinois comporte quelque 143 km d'autoroutes dont 114 km à 4 pistes, 8 km à 6 pistes et 21 km à 2 pistes. Ces 143 km représentent 8% du total autoroutier suisse de 1833 km, mais ont coûté quelque 11% du total national. Le premier tronçon d'autoroute au Tessin a été ouvert en 1966. Restent en construction à ce jour: le tunnel du Monte Ceneri, les tronçons Giustizia-Giornico, Giornico-Chiggionna et Chiggionna-Varenzo dont les ouvertures sont prévues entre 1983 et 1986. Un quart des surfaces d'autoroute passe sur des ponts ou sous des tunnels, puisqu'il y a 285 ponts (16,9 km ou 12% du total) et 20 tunnels (17,9 km ou 12,5% du total). L'article décrit les caractéristiques des tronçons dont 98 km ou 69% du total sont ouverts à la circulation. De 1960 à 1983, on a dépensé pour les autoroutes tessinoises quelque 2880 millions de francs.*

del San Gottardo, oggi coincidente con la strada nazionale 2. Quando questa diretrice autostradale tra alcuni anni sarà completa, il traffico che entrerà dall'Italia a Chiasso, diretto verso il cuore della Svizzera, incontrerà ai km 23 e 29 le due brevi diramazioni verso Lugano; ai km 48 e 55 i due accessi a Bellinzona; al km 108, ad Airolo, il bivio tra il tunnel sotto il San Gottardo e la strada del Passo: nella galleria, uscirà dal Cantone al km 115; sul colle, poco dopo il km 125.

In grandi linee, è questa la rete delle strade nazionali nel Ticino, che comprende anche un brevissimo tratto della N13, la direttrice del San Bernardino, che nasce presso Bellinzona Nord. I 143 km di strada nazionale sul suolo ticinese sono ripartiti funzionalmente tra questi tipi:

- 8 km di autostrada a sei corsie, sul tratto tra Camorino e Gorduno, che costituisce la circonvallazione di Bellinzona, tra l'innesto della direttrice per il Piano di Magadino e Locarno, a sud, e quello della strada del San Bernardino, a nord;

Indirizzo dell'autore:  
Roberto Pastorelli, ing.  
via Lambertenghi 10  
6900 Lugano

### 1. Una rete autostradale di 143 km

Il Cantone Ticino ha nel suo territorio il tratto meridionale di uno dei maggiori collegamenti attraverso le Alpi, quello