



## 2. MODALITÀ DI ESECUZIONE. FASI DEL LAVORO

Le modalità tecniche con le quali deve essere eseguito il rilevamento sono quelle proprie della fotogrammetria numerica, integrata con operazioni di rilevamento diretto sul terreno e di *editing* (grafico e alfanumerico) dei *file* prodotti.

Il lavoro si svolge secondo le fasi seguenti:

- riprese fotogrammetriche;
- rete geodetica di raffittimento locale;
- triangolazione aerea;
- restituzione fotogrammetrica numerica e approntamento del "*file* di restituzione";
- ricognizione e integrazione degli elementi restituiti con operazioni a terra;
- *editing* grafico e alfanumerico per la ricostruzione delle congruenze geometriche e l'inserimento degli elementi di cui sopra;
- strutturazione dei dati in "*file* di trasferimento", secondo i formati e le codifiche richiesti, e disegno automatico di verifica del suddetto *file*.

Ciascuna fase è sottoposta a verifiche in corso d'opera da parte della C.d.C., sulla base delle prescrizioni contenute nel presente Capitolato Speciale d'Appalto.

### 2.1 Riprese fotogrammetriche

Le riprese fotogrammetriche del territorio da rilevare devono possedere tutti i requisiti richiesti dalla tecnica più aggiornata per l'esecuzione dei rilievi a grande scala, includendo l'uso del GPS aerotrasportato per la determinazione dei centri di presa. Verranno pertanto presi in considerazione positivamente anche altri dispositivi o sistemi di navigazione e posizionamento atti a migliorare la qualità e l'affidabilità dei prodotti richiesti.

#### 2.1.1 Camere da presa

E' prescritto l'uso di camere da presa grandangolari, con focale di 150 mm circa e formato utile dell'immagine di 230 mm x 230 mm circa.

A richiesta della Commissione di Collaudo (C.d.C.) deve essere esibito l'originale del certificato di taratura della camera, di data non anteriore a 2 anni, da cui deve risultare che il valore della distorsione radiale media dell'obiettivo, determinato sulle quattro semi-diagonali, è contenuto entro  $\pm 10 \mu\text{m}$ .

E' prescritto l'uso di un magazzino porta-films dotato di correttore di trascinamento, regolato per annullare il trascinamento alla quota media del terreno.

In vista dell'impiego di strumentazione GPS nel corso del volo di ripresa, la camera deve essere dotata di interfaccia verso il ricevitore GPS.

Qualora la camera sia dotata di dispositivo apposito ovvero l'operatore provveda, per ciascun fotogramma, a registrare (su file o sulla cornice del fotogramma) il valore dell'angolo di deriva K della camera rispetto all'aereo, essa può essere manovrata per compensare variazioni di deriva lungo una strisciata. In caso contrario, la correzione di deriva deve essere impostata nella fase di allineamento sull'asse della strisciata e mantenuta costante, registrando sulla cornice di ogni fotogramma o su file, da consegnare insieme al materiale riguardante i voli, il valore dell'angolo K.



### 2.1.2 Strumentazione GPS a bordo

Durante la ripresa è prescritto l'uso di un ricevitore GPS dotato di input fotogrammetrico capace di memorizzare, tramite opportuna interfaccia, un impulso emesso dalla camera all'istante di scatto; quest'ultimo va determinato con incertezza non superiore al millesimo di secondo. L'antenna cinematica va configurata con un angolo di cut off non inferiore a 15°. L'acquisizione dei dati GPS deve essere eseguita con una frequenza di misura superiore o uguale a 1 Hertz, con ricezione continua di almeno 5 satelliti e GDOP  $\leq 5$ .

La Ditta appaltatrice dovrà fornire alla C.d.C. una relazione che illustri le modalità di misura impiegate per la determinazione del vettore congiungente il centro di presa e il centro di fase dell'antenna GPS, le componenti del vettore nel sistema immagine e i relativi sqm. La numerazione dei fotogrammi deve essere effettuata secondo quanto riportato al punto 2.1.10.

Per le caratteristiche orografiche della regione, la copertura verrà effettuata con blocchi di strisciate distinti. Per la validità del volo di ripresa di ciascun blocco occorre che, per almeno il 90% dei fotogrammi, sia possibile ricostruire la posizione del centro di fase dell'antenna all'istante di scatto dal trattamento GPS delle misure di fase. In nessun caso è ammissibile che per una strisciata di bordo di un blocco risultino indeterminati più del 30% delle posizioni. Qualora le condizioni di cui sopra non siano rispettate, la Ditta dovrà ripetere il volo per le strisciate con le lacune più numerose, fino a rientrare nei limiti di cui sopra, ovvero contattare la D.L. che, sentita la C.d.C., prescriverà le operazioni di appoggio a terra necessarie per l'integrazione dei dati mancanti (cfr. 3.2.3), senza che ciò comporti ulteriori oneri per il Committente.

Poiché le stazioni di riferimento a terra consentono di determinare tre soluzioni indipendenti per ciascun punto di presa, la Ditta può, giustificando le scelte fatte, definire la posizione impiegando una qualunque funzione delle tre posizioni. D'intesa con la D.L., a collaudo positivamente effettuato, verranno eventualmente ridefinite le posizioni definitive.

### 2.1.3 Strumentazione GPS a terra

Durante le riprese devono essere presenti sul terreno almeno tre ricevitori con le medesime caratteristiche di quello a bordo, distanti tra loro almeno 10 km. I tre ricevitori devono essere in stazione su vertici di coordinate note nel sistema di riferimento definito dalla rete geodetica nazionale IGM95 e ciascuno deve tracciare almeno 5 satelliti tra quelli ricevuti sull'aereo.

### 2.1.4 Precisione delle coordinate dei centri di presa

Le coordinate GPS dei centri di presa devono essere determinate con precisione di  $\pm 30$  cm.

### 2.1.5 Scala dei fotogrammi

Il territorio da riprendere fotogrammetricamente viene convenzionalmente diviso in due zone; la prima comprende le zone comprese tra 0 e 600 m di quota, la seconda quelle di quota superiore. Nella prima regione ( $H \leq 600$  m) la scala media dei fotogrammi dev'essere di 1:16000 mentre la scala minima non deve essere mai inferiore a 1:18000. Nella seconda regione ( $H > 600$  m) la scala media dei fotogrammi dev'essere di 1:18000 e la scala minima non deve essere mai inferiore a 1:20000. A causa della natura accidentata del territorio la D.L., sentita la C.d.C., potrà derogare da tale norma solo per "isole" di territorio di limitata estensione, che potranno avere scala media differente da quella sopra indicata, fatti comunque salvi i valori minimi.





### 2.1.6 Progetto del piano di volo

Nella redazione del piano di volo potranno essere presi in considerazione differenti blocchi di strisciate parallele, di forma regolare, tra loro collegati in modo da garantire la copertura stereoscopica di tutto il territorio. Per blocchi che si congiungano "di testa" occorre che ogni strisciata sia sovrapposta all'altro blocco per almeno un modello. Per blocchi adiacenti "di fianco" con strisciate parallele valgono le prescrizioni sui ricoprimenti trasversali sotto riportate, mentre quelli adiacenti con strisciate non parallele devono ricoprirsi per almeno un modello di ciascuna strisciata.

In considerazione dell'uso del GPS aerotrasportato e del conseguente minor numero di punti di appoggio a terra, il progetto del piano di volo dovrà prevedere un adeguato irrigidimento dei blocchi nella direzione trasversale a quella di volo, ad esempio inserendo una strisciata trasversale in testa ed una in coda a ciascun blocco.

I blocchi devono essere composti da strisciate parallele, rettilinee e a quota costante. Sono da evitare, per quanto possibile, le strisciate isolate, nonché strisciate singole prolungate a sbalzo per oltre tre modelli.

Non sono ammesse interruzioni di strisciate all'interno del blocco determinate -ad esempio- dalla presenza di centri urbani da rilevarsi ad altra scala in tempi diversi. I fotogrammi consecutivi di una strisciata devono avere ricoprimento longitudinale del 60%, con oscillazioni comprese entro  $\pm 5\%$ , e valori di deriva trasversale non superiori a 20 mm alla scala del fotogramma.

Il ricoprimento trasversale fra fotogrammi appartenenti a strisciate contigue non deve essere mai inferiore al 10%.

In nessun caso devono esistere soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica del territorio.

Per quanto attiene alla conduzione del volo, le variazioni degli elementi angolari di orientamento fra fotogrammi contigui devono essere inferiori a 5 gon. I valori assoluti degli angoli di orientamento  $\phi$  e  $\omega$  dei fotogrammi non devono superare i 5 gon.

Il piano di volo dovrà essere preparato sia su carta alla scala 1:50000 che in forma numerica, fornendo le coordinate dei centri di presa.

### 2.1.7 Epoca del volo

I voli devono essere eseguiti nelle ore a cavallo del mezzogiorno solare: in ogni caso l'altezza dei raggi solari sul piano orizzontale non dev'essere inferiore a 35° sessagesimali. La data di effettuazione del volo dev'essere compresa fra il 7 febbraio e il 5 novembre.

Eventuali deroghe possono essere concesse preventivamente, per iscritto, dalla D.L., sentita la C.d.C.

### 2.1.8 Assenza di nubi e ombre

I fotogrammi devono presentarsi nitidi, privi di nubi, di ombre da esse provocate e, comunque, di ombre eccessivamente contrastate, tali da rendere difficoltosa l'osservazione degli elementi del terreno fotografati.

Non si devono effettuare riprese in presenza di copertura nevosa (salvo che in zone di quota superiore a 2.000 m).



### 2.1.9 Caratteristiche del materiale fotografico

Il materiale fotografico deve essere quello della migliore qualità in commercio alla stipulazione del contratto. Il supporto deve avere la massima indeformabilità e le qualità di sensibilità e di finezza della grana devono essere le più adatte ai voli fotogrammetrici per gli scopi del presente Capitolato. Dev'essere dimostrato che il periodo di validità del film non è ancora scaduto, che esso è stato conservato nelle prescritte condizioni ambientali, che è stato sviluppato e asciugato secondo le norme tecniche suggerite dalla casa produttrice e dalle più recenti ricerche scientifiche. Con uguale cura devono essere compiute le operazioni di produzione delle diapositive su poliestere.

Particolari accorgimenti devono prendersi per la conservazione delle pellicole e delle diapositive. Lo spessore del supporto poliestere non deve essere inferiore a 0.18 mm.

Su richiesta della C.d.C., la Ditta appaltatrice del volo dovrà comunicare quando intende effettuare le operazioni di sviluppo e di stampa del materiale fotografico. E' fatto altresì obbligo alla Ditta appaltatrice di eseguire le prove che la C.d.C. ritenga necessario far compiere in corso d'opera, al fine di verificare l'adeguatezza del materiale fotografico.

### 2.1.10 Scansione dei fotogrammi

Per la scansione dei fotogrammi la Ditta appaltatrice utilizzerà esclusivamente scanner di tipo fotogrammetrico, calibrati geometricamente e radiometricamente; l'immagine digitale sarà ricavata per scansione della diapositiva con dimensione del pixel di circa 20 micron. Le immagini saranno successivamente registrate in formato tiff non compresso su appositi CD-Rom riportanti logo della Regione Calabria e il titolo del presente Capitolato Speciale d'Appalto. Ogni immagine sarà individuata da un numero intero di 6 cifre che codifica il blocco di appartenenza (2 cifre), la strisciata (2 cifre) e il numero progressivo all'interno di essa (2 cifre).

La Regione Calabria potrà produrre copie delle immagini digitali e distribuirle al proprio interno ed agli Enti Locali della Regione per eseguire elaborazioni nell'ambito dei propri compiti istituzionali.

### 2.1.11 Documenti ed elaborati da consegnare

Successivamente alla consegna lavori devono essere consegnati i seguenti documenti:

- a) copia del certificato di taratura delle camere da presa che dovranno essere conformi a quanto riportato al punto 2.2 del capitolato;
- b) progetto del piano di volo (cfr. 2.1.6).

Dopo l'esecuzione del volo, devono invece essere consegnati i seguenti documenti, suddivisi per lotti comprendenti uno o più blocchi:

- a) 1 diapositiva e n. 3 copie positive per contatto su carta di tutti i fotogrammi ottenuti dal volo, con annotati gli estremi dell'autorizzazione all'uso secondo la normativa vigente;
- b) 1 copia digitale (softcopy) di tutti i fotogrammi su CD-Rom secondo quanto specificato al punto 2.1.10;
- c) quadro di unione, alla scala 1:50.000, delle strisciate effettivamente eseguite, ove compaia il ricoprimento dei fotogrammi alterni lungo la strisciata e i riferimenti necessari alla sovrapposizione alle carte IGM, redatto in formato cartaceo e in formato DXF;
- d) relazione e risultati del trattamento dei dati GPS cinematici, con riferimento in particolare al tipo di inizializzazione del rilievo, al numero e tipo di osservazioni utilizzate nel trattamento, al tipo di soluzione calcolata, alla modalità adottata per l'interpolazione della posizione dell'antenna GPS. I dati rilevati devono comunque essere disponibili in formato RINEX su supporto magnetico ed essere consegnati alla C.d.C.;
- e) documenti comprovanti la qualità del materiale fotografico usato e la data di scadenza;





- f) documenti comprovanti le procedure di calibrazione geometrica e radiometrica adottate per lo scanner nella digitalizzazione dei fotogrammi;
- g) dichiarazione firmata dal responsabile della Ditta Appaltatrice del volo, nella quale si precisino con dettaglio le date e le ore di volo delle singole strisciate, elementi che debbono essere riportati e chiaramente leggibili anche sui fotogrammi, unitamente all'intestazione del volo (decisa dalla DL), numero della strisciata, numero del fotogramma, quota assoluta di volo. Qualora venga utilizzata una camera fotogrammetrica con capacità di registrazione di stringhe alfanumeriche sulla cornice del fotogramma, la Ditta sottoporrà alla DL un progetto di cornice da approvarsi, sentita la C.d.C.

### 2.1.12 Collaudo del volo

In seguito alla consegna della documentazione di cui al punto precedente ed entro il termine di 30 giorni dalla data del verbale di consegna del materiale alla D.L. da parte della Ditta appaltatrice, verranno eseguite le seguenti operazioni di collaudo:

- verifica della corrispondenza fra strisciate eseguite, piano di volo e quadro d'unione delle strisciate: in particolare si constata se esiste la continuità nella copertura stereoscopica del territorio. Durante questo controllo si verifica altresì che almeno il 90% dei centri di presa GPS siano stati determinati con successo (con almeno il 70% dei punti sulle strisciate di bordo dei blocchi) analizzando le coordinate del centro di fase dell'antenna, determinate con trattamento dei dati GPS cinematici e interpolate all'istante di scatto; a tale scopo si considererà collaudato il volo GPS se il modulo delle discrepanze tra le soluzioni GPS determinate con successo dal trattamento dati delle tre differenti stazioni a terra (punto 2.1.3 del Capitolato) è per il 95% dei casi inferiore a 60 cm.
- controllo a campione, della precisione delle posizioni dell'antenna GPS al momento dello scatto. A tale scopo la C.d.C. sceglierà, tra le posizioni GPS rientranti nella fascia di tolleranza sopra definita, un numero di fotogrammi pari ad almeno il 3% del totale, isolati o in blocchi non superiori a 15 unità. Determinato, mediante space resection o T.A., il centro di presa, verrà calcolata a partire da questo la posizione dell'antenna GPS al momento dello scatto. Anche in questo caso, per un collaudo positivo, il 95% dei moduli delle discrepanze tra le due posizioni (soluzione fotogrammetrica e soluzione GPS) dovrà essere compreso entro 60 cm.
- controllo preliminare della scala media e minima di tutti i fotogrammi, dei ricoprimenti longitudinali e trasversali, della deriva. Tale controllo verrà eseguito anche con l'ausilio delle coordinate dei centri di presa GPS e di un modello digitale del terreno.
- controlli a campione, mediante orientamento relativo al restitutore analitico, di modelli scelti dalla C.d.C., in numero pari ad almeno il 3% del totale:
  - sulle condizioni angolari relative e/o assolute di presa,
  - sugli stiramenti longitudinale e trasversale della pellicola (orientamento interno) e sulle parallassi residue nella formazione del modello (orientamento relativo). L'analisi di tali risultati, riportati dal "protocollo di orientamento", dà indicazioni sul corretto funzionamento del dispositivo di spianamento e sullo stiramento del film. Le parallassi residue, sui punti di legame, dopo l'orientamento relativo rigoroso non devono superare in nessun punto 0,03 mm.
- verifica della qualità del materiale fotografico consegnato. In particolare si controlla che siano state rispettate le prescrizioni di cui ai punti 2.9 e 2.10.

La Ditta, se richiesto dalla D.L., deve mettere a disposizione della C.d.C. lo strumento e l'operatore necessari per le verifiche suddette.



In caso di esito sfavorevole del collaudo, la Ditta si impegna ad eseguire una nuova ripresa delle zone rappresentate su fotogrammi non aventi i requisiti richiesti, senza oneri per l'Ente Appaltante. A tal fine la Ditta deve sottoporre all'approvazione della D.L., sentita la C.d.C., un piano di volo integrativo (su cartografia IGM), che garantisca un corretto collegamento con le strisciate esistenti, anche ai fini delle successive operazioni di T.A.

## 2.2. Rete geodetica di raffittimento locale

Le modalità e procedure per la realizzazione della rete di raffittimento locale sono regolate dal Disciplinare tecnico di cui al Capitolo 3.

## 2.3. Triangolazione aerea

Le modalità e procedure per la realizzazione delle operazioni di Triangolazione Aerea (TA) sono regolate di seguito.

## 2.4. Restituzione fotogrammetrica numerica e file di restituzione

Le operazioni di restituzione devono iniziare solo dopo che le fasi precedenti hanno ottenuto il benessere da parte della C.d.C. e dopo l'approvazione del facsimile del foglio-tipo.

Il nulla osta alle operazioni di restituzione deve essere oggetto di comunicazione scritta da parte della D.L. Per la restituzione, devono essere impiegati esclusivamente restitutori analitici o digitali. Per i secondi, la Ditta dovrà presentare documentazione sulle caratteristiche del restitutore digitale, con particolare riferimento alle modalità di stereovisione e di collimazione. Deve inoltre esibire documentazione attestante la produzione di cartografia numerica a scala 1:5000, positivamente collaudata, con tale strumentazione. In ogni caso l'accettazione di strumentazione digitale è subordinata alle prescrizioni della D.L., sentita la C.d.C.

### 2.4.1. Relazione di progetto della restituzione

Prima dell'inizio delle operazioni di restituzione, la Ditta deve presentare una relazione tecnica dettagliata, contenente i seguenti elementi:

- indicazione, descrizione e specifiche tecniche degli strumenti analitici di restituzione con cui intende eseguire il lavoro;
- documentazione originale, non antecedente i 6 mesi, sullo stato di rettifica dello strumento.
- descrizione dei sistemi di visualizzazione grafica (in linea e fuori linea) dei dati originali di restituzione, con indicazione delle potenzialità operative;
- *fac simile* del tabulato "protocollo di restituzione", di cui al successivo punto - Orientamento assoluto.

La C.d.C. accerterà l'idoneità della strumentazione proposta e ne riferirà alla D.L., sulla base dei seguenti criteri fondamentali:

- precisione strumentale altimetrica, relativa a condizioni operative analoghe a quelle della restituzione da effettuarsi, non inferiore a 1/10000 della quota di volo su tutta l'area del modello;
- risoluzione dei sensori di posizione, relativi o assoluti, non inferiore a 0.002 mm, precisione e ripetitività non inferiori a 0.010 mm.
- possibilità di codifica e di controllo dei dati memorizzati adeguata alle necessità della produzione e del collaudo.





#### 2.4.2. Descrizione del sistema di restituzione

La Ditta appaltatrice provvede autonomamente alla predisposizione del proprio sistema di stereorestituzione numerica e comunica alla D.L.:

- le tabelle delle codifiche assegnate ai vari elementi da restituire. Le codifiche e la struttura dati prescelte possono anche non corrispondere a quelle richieste per i *file* finali di trasferimento, ma devono garantire almeno lo stesso contenuto informativo;
- le librerie dei simboli e delle linee usate per la rappresentazione grafica su video o plotter. Fin da questa fase preliminare è raccomandato l'uso di simboli e linee conformi a quanto prescritto, per gli elaborati finali;
- i criteri per la memorizzazione delle curve di livello (e i relativi parametri), per garantire il rispetto delle tolleranze imposte;
- l'eventuale suddivisione in più *file* degli elementi provenienti da uno stesso modello e i criteri adottati;
- i criteri per l'acquisizione di spezzate rettangolari (es. edificato) o elementi da rappresentare come linee parallele (es. viabilità), indicando algoritmi e tolleranze per la realizzazione delle squadrature e dei parallelismi direttamente in fase di restituzione.

#### 2.4.3. Orientamenti interno, relativo e assoluto

Nel caso sia stata utilizzata la tradizionale triangolazione aerea manuale, al termine delle operazioni di orientamento il restituitista dovrà stampare il tabulato (o memorizzare il relativo protocollo su *file*) con tutti i dati relativi:

- *all'orientamento interno,*
- *all'orientamento relativo,*
- *all'orientamento assoluto.*

Gli orientamenti interni dovranno sempre dar luogo a scarti residui sulle marche fiduciali inferiori ai 10 micron. La deformazione del supporto dovrà risultare sempre inferiore allo 0.05% delle distanze fra le marche fiduciali; se ciò non dovesse accadere è necessario eseguire una nuova copia dalla negativa originale.

L'orientamento relativo dovrà essere eseguito su almeno 9 punti equamente disposti nell'area di ricoprimento stereoscopico. Le parallassi residue su tali punti non dovranno mai superare i 20 micron.

L'orientamento assoluto deve essere eseguito per via analitica e compensato con il criterio dei minimi quadrati.

Devono essere utilizzati, in prima istanza, tutti i punti d'appoggio appartenenti alle reti di inquadramento e di raffittimento, nonché quelli determinati per mezzo della triangolazione aerea.

Gli scarti massimi fra le coordinate note di un punto d'appoggio e quelle ottenute per effetto dell'orientamento assoluto non devono superare valori corrispondenti a 2/3 delle tolleranze planimetrica di posizione di un punto e altimetrica dei punti quotati riportate al paragrafo corrispondente.

E' consentita l'eliminazione di non più di un punto ogni 5 utilizzati, allo scopo di rientrare nelle tolleranze suddette, purché non si verifichino, nell'ambito del modello, situazioni locali di scarsità di punti di appoggio.

Situazioni anomale devono essere tempestivamente comunicate alla D.L. che, sentita la C.d.C., indicherà i provvedimenti da adottare.

E' richiesta, per ogni modello, la stampa di un "protocollo di restituzione" che contenga:



- data di inizio della restituzione del modello
- nome dell'operatore
- numeri identificativi dei fotogrammi che compongono il modello
- parametri di orientamento interno, relativo e assoluto
- elenco dei punti noti presenti nel modello, con indicazione degli eventuali punti eliminati.
- tabella degli scarti sui punti di appoggio, nelle 3 coordinate

#### 2.4.4. Elementi da memorizzare

La quantità e la qualità degli elementi naturali e artificiali da memorizzare sono stabiliti nel capitolato.

E' fatto obbligo alla Ditta appaltatrice di eseguire la restituzione ex-novo, in forma numerica diretta. E' vietata tassativamente, pertanto, la digitalizzazione a posteriori della minuta di restituzione e, a maggior ragione, la digitalizzazione di cartografia preesistente di qualunque tipo.

#### 2.4.5. Codifica preliminare

Ad ogni entità deve essere associata una codifica. Come già precisato, la Ditta può autonomamente definire le proprie modalità di codifica. In particolare, può procedere già in fase di restituzione alla codifica completa e conforme a quella richiesta per il *file* di trasferimento, oppure limitarsi a una precodifica da completare e differenziare nelle successive fasi di *editing* interattivo.

E' in ogni caso richiesto che a ogni punto sia associato un codice che indichi se esso è "affidabile" (cioè chiaramente osservato e interpretato in stereoscopia) o "incerto" (in ombra o visibile su uno solo dei due fotogrammi, o di dubbia interpretazione).

A ogni punto è associata e registrata, in questa fase, la tripletta delle coordinate fornite dal restitutore.

#### 2.4.6. Memorizzazione delle linee

Le linee che descrivono gli elementi da restituire devono essere spezzate: il numero di punti acquisiti deve essere tale da assicurare il rispetto delle tolleranze plano-altimetriche per ogni punto della linea intermedio fra due registrazioni successive.

#### 2.4.7. Caratteristiche della strumentazione

Per consentire le operazioni di restituzione numerica, adeguati controlli di qualità e collaudi in corso d'opera, è opportuno che il sistema (*hardware + software*), di cui è dotato il restitutore, possieda almeno le seguenti funzionalità:

- visualizzazione (su video grafico) di ogni elemento memorizzato;
- possibilità di *zoom* (ingrandimento/riduzione) dell'area circostante il punto analizzato;
- registrazione di un punto con le stesse coordinate di un punto già memorizzato;
- annullamento dell'ultimo punto registrato;
- annullamento dell'ultimo elemento registrato;
- possibilità di visualizzare in continuo su video un cursore in posizione corrispondente alla posizione della marca strumentale nell'area cartografata;
- visualizzazione, su video o *display*, dei valori numerici istantanei delle tre coordinate del punto collimato, nel sistema di riferimento cartografico ("coordinate terreno");





- chiusura automatica di linee chiuse, con identità di coordinate fra primo e ultimo punto della linea.

In ogni caso, sono richieste, per ogni restitutore, le stesse caratteristiche descritte nel capitolo della T.A. relativamente all'idoneità dello strumento restitutore.

#### 2.4.8. File di restituzione

I *file* di restituzione costituiscono il risultato numerico della fase di restituzione. Sono strettamente connessi al particolare sistema utilizzato dalla Ditta e sono pertanto considerati *file* di lavoro della Ditta appaltatrice stessa.

Essi non vengono assoggettati a particolari restrizioni per il formato dei *record*.

A partire dal *file* di restituzione deve essere possibile eseguire la visualizzazione (su video o stampante) delle coordinate e del codice memorizzati per ogni punto, nonché l'individuazione del punto corrispondente nel modello.

Deve apparire chiaramente se il punto esaminato è stato memorizzato come "affidabile" o "incerto", come precisato in precedenza - Codifica preliminare.

I *file* di restituzione devono essere leggibili in chiaro e visualizzabili sia mediante il sistema di acquisizione che mediante quello di *editing* grafico presenti presso la Ditta appaltatrice e consentire le specifiche operazioni di collaudo prescritte.

#### 2.4.9. Rappresentazione grafica

A documentazione della restituzione deve essere prodotto un elaborato grafico costituito da un disegno automatico, mediante *plotter*, dei contenuti del *file* di restituzione; tale elaborato dovrà avere taglio e contenuti identici a quello definitivo.

La simbologia adottata sarà definita dalla D.L. di concerto con la C.d.C., allo scopo di individuare ed eliminare, fin da questa fase, eventuali problemi di rappresentazione e di leggibilità della carta definitiva

Con grafica differenziata (tratto o colore) devono essere indicati tutti i particolari di dubbia identificazione, la cui definizione è demandata alla successiva fase di ricognizione.

In particolare vengono evidenziati i segmenti che hanno uno o entrambi gli estremi con codice di punto incerto, e vengono contornate le aree in cui è necessaria l'integrazione mediante ricognizione.

Tali indicazioni ed eventuali osservazioni dell'operatore restitutista possono anche essere tracciati successivamente, a mano, sul disegno ottenuto al *plotter*, o inseriti a video mediante opportune funzioni grafiche e di inserimento testi.

#### 2.4.10. Elaborati da consegnare

Prima dell'inizio delle operazioni di restituzione, la Ditta deve consegnare i seguenti elaborati:

- relazione tecnica dettagliata di cui al punto -Relazione di progetto della restituzione-;
- relazione sulla predisposizione della restituzione, di cui al punto - Descrizione del sistema di restituzione;

Al termine della restituzione, essa deve inoltre consegnare:

- un grafico a scala 1:50.000 che riporti la copertura dei singoli modelli utilizzati in restituzione con la relativa numerazione;
- i "protocolli di restituzione" originali, secondo quanto richiesto in - Orientamento assoluto;
- gli elaborati grafici tracciati al *plotter*, come riportato in - Rappresentazione grafica;



- i file di restituzione in formato DXF, secondo la strutturazione utilizzata dalla Ditta.

## 2.5. Ricognizione ed integrazione a terra

Dato che non è pensabile che si analizzi tutto il territorio esplorandolo in modo diretto, prima di iniziare la ricognizione è opportuno fare un'analisi di quanto ottenuto in restituzione, verificandolo topologicamente, per evidenziare, ad esempio, eventuali strade non connesse (è opportuno utilizzare già il grafo), idrografie non connesse o altro.

E' poi opportuno eseguire un confronto con le informazioni cartografiche esistenti (carta regionale, cartografia IGM, eventualmente cartografia catastale e carte tematiche) per verificare le differenze e andare alla ricerca dei motivi corrispondenti, rieseguendo in certi casi una vera e propria fotointerpretazione dei fotogrammi utilizzati in restituzione.

Solo a questo punto è opportuno programmare delle uscite "mirate" sul territorio, durante le quali sarà comunque opportuno eseguire anche il tradizionale controllo visivo sulle strade cartografate.

Come supporto per le note di ricognizione deve essere impiegata una copia su carta del file di restituzione, con riportate le annotazioni precedentemente rilevate attraverso le analisi sopraindicate. E' facoltà della Ditta recuperare nel modo più opportuno, le informazioni richieste per la produzione del DB, da fonti differenti (DB tematici, società di servizi, ecc.), verificandone preventivamente la correttezza con il Controllo di Qualità, in modo da rispettare sia le richieste di contenuto di seguito specificate, sia le richieste di precisione previste.

### 2.5.1. Raccolta della toponomastica e di elementi informativi

La Ditta è tenuta a raccogliere tutta la toponomastica riguardante l'orografia, l'idrografia, la viabilità, le località e le opere artificiali del territorio cartografato e tutti i toponimi relativi alla casistica prevista nel database topografico.

Questa dovrà essere ricavata sia da documenti ufficiali esistenti, il cui reperimento è a carico della Ditta, sia da informazioni raccolte sul luogo in fase di ricognizione. Si raccomanda la Ditta di eseguire ricerche approfondite nelle sedi della Committenza che normalmente è già in possesso di una serie di elementi di qualità certa che devono quindi esclusivamente essere riportati nel database topografico.

Sempre in questa fase la Ditta dovrà altresì raccogliere i dati necessari alle informazioni richieste nel database, soprattutto per ciò che concerne gli impianti di importanza territoriale (elettrodotti, gasdotti, metanodotti e similari).

E' compito della Ditta rilevare i versi di scorrimento delle acque nelle rogge e nei canali (aperti o coperti) del territorio cartografato, al fine di permettere nella fase di editing di definire il livello di informazioni specifico per l'idrografia.

### 2.5.2. Riporto dei limiti amministrativi

Dovranno essere riportati i limiti amministrativi dedotti da documenti ufficiali messi a disposizione dalla Committenza, dopo un eventuale attento confronto con la documentazione catastale. Si fa presente che i confini comunali riportati sulle cartografie tecniche regionali esistenti sono in alcuni casi errati.





### 2.5.3. Integrazione della restituzione

Quale supporto per il riporto delle risultanze della ricognizione si utilizzeranno gli elaborati grafici (o loro stralci) di cui al punto - Rappresentazione grafica. Con segno grafico distinguibile e non coprente, si riporteranno manualmente, con la massima cura:

- le costruzioni sotterranee importanti di uso pubblico;
- i risultati grafici del rilievo diretto sul terreno, a mezzo di operazioni topografiche ordinarie, di precisione adeguata a quella della carta, di tutte le zone contornate come incerte in fase di restituzione, dei punti incerti e degli errori o carenze di restituzione individuati nel corso della ricognizione. Devono essere rilevati e riportati in carta gli elementi, previsti nelle specifiche tecniche del contenuto, che non si sono potuti osservare sul modello stereoscopico. Deve essere ricostruita la continuità della viabilità minore (sentieri, mulattiere, ecc.);
- l'identificazione degli edifici pubblici e delle colture;
  - l'individuazione dettagliata delle essenze arboree indicate dalla D.L. finalizzata anche alla compilazione dell'Inventario Forestale Regionale;
- la classificazione e l'identificazione delle strade;
- gli elementi di toponomastica, integrativi di quelli già trasmessi dalla D.L.

### 2.5.4. Acquisizione numerica dei dati

Nelle operazioni di rilievo di cui al punto precedente, devono essere registrati e conservati i valori numerici delle misure, o meglio, se disponibili (nel caso di rilievo con strumentazioni "total station"), quelli delle coordinate dei punti battuti, in modo che l'inserimento dei nuovi elementi nei file di restituzione avvenga in forma numerica, senza decadimento dell'originale precisione.

### 2.5.5. Elaborati da consegnare

Le integrazioni metriche e informative di cui sopra dovranno essere riportate su due distinte copie: sulla prima dovranno figurare soltanto la toponomastica ed i limiti amministrativi, sull'altra ogni altro elemento.

L'insieme di questi due documenti costituirà "l'originale di ricognizione". Tale documento dovrà essere collaudato secondo le specifiche di seguito indicate e dovrà quindi rigorosamente essere redatto con simbologia e colori ben identificabili distinguendo le integrazioni metriche da quelle informative.

Al termine della fase di ricognizione la Ditta deve mettere a disposizione del collaudatore il seguente materiale:

- originale della minuta di ricognizione;
- i libretti di campagna o le registrazioni da total-station delle misure topografiche rese eventualmente necessarie di cui a -Acquisizione numerica dei dati-.
- il materiale relativo alle verifiche topologiche preliminari ed al confronto con le cartografie esistenti



## 2.6. Editing grafico e alfanumerico

### 2.6.1. Generalità

L'*editing* grafico e alfanumerico deve consentire all'operatore di eseguire, sul *file* di restituzione, tutti gli interventi (modifiche, integrazioni, cancellazioni, ecc.) che nella produzione di cartografia tradizionale vengono abitualmente effettuati in fase di disegno finale, allo scopo di:

- tener conto delle indicazioni del restituitista sulla minuta di restituzione (mediante segni grafici o espliciti messaggi);
- integrare la restituzione con le indicazioni provenienti dalla fase di ricognizione sul terreno o da altre fonti (correzione di errori di fotointerpretazione, integrazioni metriche delle zone defilate, introduzione della toponomastica);
- effettuare la ricostruzione delle congruenze grafiche o geometriche.

La fase di *editing* si articolerà in quattro tipi di intervento sui dati del *file* di restituzione, e precisamente:

- interventi sulle codifiche, eventualmente provvisorie, delle entità restituite;
- interventi di integrazione con i dati provenienti dalla ricognizione o da altra fonte;
- interventi per la ricostruzione delle congruenze geometriche o grafiche;
- interventi per l'introduzione della toponomastica.

La Ditta deve comunicare alla D.L., prima dell'inizio della fase di *editing*, mediante una relazione tecnica dettagliata:

- le caratteristiche dell'*hardware* con cui gli interventi verranno effettuati;
- in che modo i dati sottoposti a *editing*, per gli interventi che modificano la geometria, vengano resi identificabili e confrontabili con i dati iniziali;
- le procedure software con cui gli interventi verranno effettuati, tra le quali non possono mancare:
  - procedure per cui sia sempre possibile l'individuazione ed il controllo logico dei codici e delle entità, mediante simbologia grafica, colori, messaggi alfanumerici;
  - procedure per cui sia garantita la possibilità di individuare i diversi codici e le singole entità, sia mediante l'uso interattivo del cursore grafico, sia mediante opportuni comandi alfanumerici;
  - procedure che illustrino in che modo i dati sottoposti a *editing*, per gli interventi che modificano la geometria, vengano resi identificabili e possano essere confrontati con i dati iniziali, in quanto è comunque necessario che il *file* di restituzione, nella sua versione originale a monte di qualsiasi operazione di *editing*, sia sempre disponibile fino alla conclusione del lavoro.

È comunque necessario che il *file* di restituzione, nella sua versione originale a monte di qualsiasi operazione di *editing*, sia sempre disponibile fino alla conclusione del lavoro.

Si sottolinea che tutte le richieste esplicitate nei paragrafi che seguono saranno accuratamente controllate su tutta la banca dati, in modo automatico.

### 2.6.2. Strumentazione per l'*editing*

Il controllo dei dati può avvenire indifferentemente durante la fase di restituzione (in "tempo reale") o in differita.

In entrambi i casi si devono usare dispositivi e procedure assimilabili o identificabili con quelli utilizzati per l'integrazione e l'*editing* della carta.

I video grafici devono essere corredati di adeguate funzioni d'ingrandimento e scorrimento dell'immagine.





La risoluzione deve essere tale da consentire di mettere in evidenza incongruenze grafiche che sarebbero visibili se si producesse un elaborato grafico, tramite *plotter*, alla scala nominale della carta.

Deve essere sempre possibile l'individuazione e il controllo logico dei codici degli elementi e delle entità restituiti o modificati, mediante simbologia grafica, colori, messaggi alfanumerici.

Deve essere garantita la possibilità di individuare i diversi elementi ed entità cartografici, sia mediante l'uso interattivo del cursore grafico, sia mediante opportuni comandi alfanumerici.

Ai fini del controllo e dell'*editing* dei dati sul video grafico, è necessario che l'operatore possa disporre di dispositivi di pilotaggio diretto del cursore, tipo tavoletta grafica o *mouse*.

### 2.6.3. Interventi sulle codifiche e autocertificazione

Deve essere effettuato il completamento di ogni oggetto che non sia stato impostato in maniera completa in fase di restituzione.

Devono essere inoltre eseguiti tutti i controlli finalizzati ad accertare che:

- ogni elemento geometrico e ogni entità siano contraddistinti dai codici conformi a quelli indicati dalla la Direzione Lavori
- esso non sia in contrasto con le caratteristiche geometriche implicitamente contenute nelle coordinate che descrivono l'elemento.

Gli interventi in fase di *editing* devono essere realizzati in 3D.

Devono in particolare consentire il raggiungimento di un livello di qualità del database topografico e della cartografia ben definito.

A tale proposito ognuna delle operazioni eseguite deve essere verificabile a tappeto su tutta la banca dati. E' quindi necessario che, per alcuni elementi di seguito specificati, la Ditta appaltatrice predisponga ed utilizzi dei programmi di controllo sul 100% del Data Base. In fase di controllo di qualità (collaudo) si verificheranno le procedure di tali programmi e si ripeteranno a campione una serie di controlli per un numero significativo di file prodotti.

Il collaudatore, a campione, verificherà che le variazioni delle coordinate di punti sottoposti ad *editing*, rispetto a quelle originali, non abbiano superato i valori ammessi.

Successivamente, sul 100% del Data Base verranno eseguiti due classi di controlli, al fine di rilevare eventuali errori o manchevolezze.

Una prima classe di controlli riguarda la codifica degli oggetti. In particolare andrà verificato che:

- siano utilizzati i soli codici previsti nelle specifiche tecniche del contenuto;
- la geometria (linea, superficie o punto) per ogni oggetto sia quella prevista;
- gli attributi alfanumerici associati ad ogni oggetto siano tutti e soli quelli previsti per l'oggetto stesso.

Una seconda classe di controlli riguarda le relazioni topologiche e geometriche tra gli elementi della cartografia. In particolare andrà verificato che:

- non ci siano oggetti duplicati;
- ad ogni fabbricato sia associata la corrispondente quota in gronda;
- ogni punto quotato sia compreso fra due curve di livello consecutive congruenti con il valore della quota;
- la differenza fra quota in gronda e quota al piede sia sempre superiore ad un valore minimo ragionevole e mai superiore ad un valore massimo altrettanto ragionevole;
- tutti i punti di una curva di livello abbiano la quota prevista;
- in tutto il database esistano i punti quotati con la densità prevista;



- i reticoli relativi alle comunicazioni stradali, a quelle ferroviarie ed al reticolo idrico siano al loro interno connessi;
- la definizione in quota di elementi prescelti abbia una sua densità minima, ad esempio che nella descrizione di ogni rio o torrente venga restituito almeno un punto ogni 5 metri di dislivello, cioè che non esistano punti successivi più distanti di 5 m in quota;
- le linee di rottura del terreno siano compatibili con le curve di livello, entro la tolleranza di queste ultime;
- gli elementi areali siano sempre corrispondenti ad un poligono chiuso nel formato prescelto per il trasferimento;
- per ogni elemento siano sempre presenti gli identificativi previsti;
- sia soddisfatta la congruenza geometrica per tutti gli elementi per cui è richiesta;
- gli elementi areali che devono essere disgiunti non si sovrappongano fra di loro;

#### 2.6.4. Integrazione a seguito della ricognizione

Le integrazioni geometriche derivanti dalle operazioni di ricognizione devono essere inserite nell'archivio dei dati introducendo direttamente le coordinate plano-altimetriche dei punti rilevati, calcolate a seguito delle misure eseguite o direttamente registrate dalla "total station". Non è consentito l'inserimento mediante digitalizzazione.

#### 2.6.5. Definizione delle congruenze geometriche e/o grafiche

S'intende per ricostruzione delle **congruenze geometriche** l'insieme delle operazioni matematiche rigorose, eseguite sul *file* di restituzione mediante programmi "batch" o procedure grafiche interattive, finalizzate a:

- modificare, se del caso, le posizioni dei vertici di una spezzata, allo scopo di ottenere angoli retti laddove richiesto dal tipo di elemento restituito. Esempio: rappresentazione dei contorni di fabbricati;
- prolungare un segmento, allo scopo di ottenere l'intersezione perfetta con un altro segmento assai prossimo alla sua estremità. Analogamente, accorciare il segmento se esso risulta lievemente prolungato oltre l'intersezione stessa. Esempio: muro di cinta o siepe che si intesta sul muro perimetrale di un edificio;
- rendere rigorosamente allineati i vertici di una spezzata, quando essi sono assai prossimi a una retta interpolatrice. Esempio: allineamenti sul fronte strada di edifici a schiera;
- rendere rigorosamente parallele linee che lo sono quasi. Esempio: bordi strada, marciapiedi, fasci di binari, aiuole spartitraffico, etc.

Le entità per cui è richiesta la ricostruzione delle congruenze geometriche sono specificate nei successivi punti -Linee chiuse e superfici campibili-, -Ortogonalizzazione, parallelismi, allineamenti-.

La ricostruzione delle congruenze si definisce **grafica** quando si consente che i punti acquisiti e memorizzati nel *file* di restituzione possano non soddisfare le condizioni matematiche rigorose sopra descritte, ma si richiede solo che le incongruenze non siano rilevabili su un disegno al *plotter*, alla scala nominale 1:5000 della carta prodotta: sono cioè ammessi "errori di graficismo" pari a 0,2 mm, ossia a 1,00 m se calcolati in base alle coordinate terreno dei punti memorizzati.





### 2.6.6. Ricostruzione delle congruenze grafiche o geometriche

Il controllo del rispetto delle **congruenze grafiche** per i dati acquisiti in restituzione viene effettuato esaminando un disegno automatico dei dati stessi, realizzato alla scala 1:5000, e verificando che le congruenze siano nei limiti del graficismo. Nei casi dubbi si verificherà in termini numerici, su stazione grafica interattiva, che le incongruenze grafiche non superino 1,00 m, pari a 0,2 mm grafici.

Per quelle entità per cui sia richiesta la **congruenza geometrica**, si deve imporre che ogni punto, che appartenga fisicamente a più entità o che sia stato acquisito più volte per una stessa entità, sia memorizzato con gli stessi valori di coordinate, a qualsiasi entità venga considerato associato.

Gli interventi di ricostruzione delle congruenze grafiche o geometriche non devono essere effettuati qualora gli spostamenti dei vertici dalla posizione originaria alla posizione finale risultino superiori alla tolleranza planimetrica della carta (2,00 m), indipendentemente dall'algoritmo usato per la determinazione delle nuove coordinate che devono assumere i vertici delle spezzate originarie per costituire spezzate soddisfacenti le condizioni di congruenza grafica o geometrica.

Qualora gli spostamenti richiesti superino tale valore, è necessario riposizionare il modello sullo strumento restitutore, con orientamento conforme alle prescrizioni e documentato dal relativo "protocollo di restituzione", e verificare la correttezza della restituzione.

### 2.6.7. Verifiche dell'altimetria

Le verifiche da eseguirsi sui dati altimetrici sono riportate al punto - Interventi sulle codifiche e autocertificazione-.

### 2.6.8. Linee chiuse e superfici campibili

Le superfici che, nella simbologia prevista, devono essere rappresentabili con campitura continua o a simboli, devono essere individuabili come spezzate chiuse, con eventuali linee d'esclusione ("buchi").

Il perimetro di ogni superficie campibile, descritto dall'insieme di una o più linee che nel loro complesso devono formare una spezzata chiusa, deve soddisfare alle condizioni di congruenza geometrica. Tale perimetro può essere composto da tratti contraddistinti da codici grafici che facciano riconoscere tali tratti come invisibili, cioè da non tracciare nelle rappresentazioni grafiche a video o a plotter.

Se un elemento chiuso (ad esempio un fabbricato) confina con un altro elemento chiuso (fabbricato, tronco o altro), il tratto di contorno comune viene ottenuto con una sola esplorazione del modello stereoscopico. Affinché la parte comune appartenga ad entrambi gli elementi è necessario che essa venga duplicata (comando taglia ed incolla) e successivamente modificata in codice in modo da mantenere la congruenza geometrica. Tale operazione è da eseguire in fase di *editing* con la finalità di ottenere una struttura dati adeguata a quanto richiesto.

All'interno di ogni perimetro chiuso, che definisce un edificio (o porzione di esso), deve essere collocato un punto indicante la quota media di gronda, in modo da consentire il calcolo del volume dell'edificio.

In ogni caso la rappresentazione degli edifici in carta è definita dai punti del perimetro esterno situati all'altezza del suolo.



### 2.6.9. Ortogonalizzazione, parallelismi, allineamenti

Gli interventi di ortogonalizzazione geometrica verranno effettuati sugli elementi geometrici costituenti le entità comprese nel Catalogo degli oggetti "Costruzioni", delle specifiche tecniche del contenuto e su quelli indicati specificatamente dalla D.L.

Gli interventi di modifica delle coordinate dei punti di una o più spezzate, relative a una o più entità di restituzione, volti alla realizzazione di allineamenti e/o parallelismi secondo direzioni obbligate, verranno effettuati per gli elementi artificiali (binari, strade, marciapiedi, ecc.) che abitualmente subiscono tale operazione di rettifica in fase di disegno nella cartografia tradizionale.

Qualsiasi sia l'algoritmo utilizzato per la determinazione delle nuove coordinate che devono assumere i vertici delle spezzate originarie per costituire spezzate soddisfacenti alle condizioni di ortogonalizzazione, parallelismo e/o allineamento, sia di tipo grafico che geometrico, l'intervento non deve essere effettuato qualora gli spostamenti dei vertici dalla posizione originaria alla posizione finale siano superiori alla tolleranza planimetrica della carta, se non previa verifica sullo strumento di restituzione.

### 2.6.10. Interventi sulla toponomastica

L'archivio dei dati della cartografia numerica deve essere integrato dai dati numerici e alfanumerici provenienti dall'inserimento della toponomastica.

La densità dei toponimi è quella prescritta in precedenza.

I dati riguardanti la toponomastica devono essere memorizzati con tutti gli elementi che consentano di ottenere un elaborato grafico al plotter o su video avente, per quanto attiene il posizionamento delle scritte, le stesse caratteristiche generali della cartografia classica alla scala 1:5000.

In particolare:

- le scritte riferite a linee con andamento tortuoso (es: corsi d'acqua) devono seguire l'andamento medio di tali linee;
- le scritte relative ai nomi delle vie devono seguire l'andamento dell'asse mediano e, possibilmente, essere collocate all'interno della sede stradale;
- non devono risultare scritte sovrapposte ad altre scritte o a particolari cartografici rilevanti.

Deve essere possibile visualizzare contemporaneamente sia il disegno fotogrammetrico, sia i toponimi apposti.

### 2.6.11. Elaborati da consegnare

Al termine di tutte le operazioni di editing, la Ditta dovrà consegnare a collaudo il seguente materiale:

- gli originali di ricognizione;
- i file cartografici risultanti dopo l'operazione di editing, in formato finale.
- una copia su carta dei plottaggi

## 2.7. Allestimento dei files di trasferimento

### 2.7.1. Considerazioni generali

Esistono due prodotti fondamentali: i *dati numerici* (base dati topografica) e il supporto per gli *elaborati di plottaggio*.

Questi due prodotti dovranno inoltre essere integrati con *elaborati documentativi* finalizzati alle operazioni del collaudo, ed alla descrizione della fornitura.





I dati numerici sono sul *continuo territoriale*; solo i file di plottaggio sono "tagliati" secondo i tagli dei fogli definiti in precedenza -Taglio dei fogli-.

Si richiede la consegna della base dati topografica a scala nominale 1:5000 tridimensionale, in formato SHP secondo le specifiche indicate e in formato DXF 3D finalizzato al collaudo metrico.

La Direzione Lavori indicherà l'organizzazione logica e fisica del contenuto informativo, mediando tra tra esigenze diverse relative alle attività di editing, alle operazioni di collaudo ed al caricamento della base dati geografica finale; infatti da un lato è necessario contenere le operazioni di duplicazione di elementi geometrici in fase di editing, dall'altro, i file finali di consegna devono essere "strutturati" in modo da implicare minime rielaborazioni per consentire la leggibilità e la gestione dei contenuti previsti negli ambienti GIS di cui dispone l'Ente committente. Infine, tutti gli elementi devono essere codificati in modo da poter riconoscere quale entità compongono, quali caratteristiche specifiche hanno e, se debbono essere rappresentate in carta, con quale codice grafico.

Eventuali suddivisioni dei files contenenti le geometrie motivati da esigenze di comodità di gestione non devono assolutamente spezzare elementi geometrici unitari.

Le coordinate planimetriche debbono essere mantenute complete (con tutte le cifre), espresse in metri ed approssimate alla terza cifra decimale.

Per ogni file parziale di consegna, da utilizzare per esempio nelle fasi di collaudo, si deve sempre prevedere il formato fisico finale e deve essere indicata la struttura se differente da quella prevista e concordata per il prodotto finale.

La Direzione Lavori e la Commissione di Collaudo indicheranno i codici grafici (tabelle dei simboli) da utilizzare e potranno richiedere prove di plottaggio.

### 2.7.2. Elaborati da consegnare

Al termine delle operazioni di allestimento dei *file* di consegna, devono essere prodotti elaborati informatici (tabulati e supporti magnetici) ed elaborati grafici.

In particolare, per ogni elemento CTR 1:5000 devono essere consegnati i files di plottaggio nel formato Digital Print Room (DPR), concordato con la Direzione Lavori, un disegno originale su supporto indeformabile ed una copia eliografica dello stesso.

Ogni fornitura di tipo informatico deve essere effettuata in doppia copia, su supporti concordati con la Direzione Lavori (preferibilmente CD-ROM) dopo averne verificato la leggibilità.

Per l'esecuzione delle operazioni di collaudo dell'*editing* e della struttura dati si utilizzeranno anche software commerciali adottati dall'Ente committente i per Sistemi Informativi Territoriali in modo da verificare che tutto il contenuto richiesto per la base dati nella strutturazione proposta dalla Ditta sia leggibile da tali programmi. Si consiglia quindi la Ditta Appaltatrice di eseguire preventivamente controlli in produzione analoghi, secondo criteri concordati preventivamente con la Commissione di Collaudo.

### 2.8. Produzione dell'Ortofoto

La produzione dell'ortofoto avverrà con l'impiego dei dati di orientamento derivanti dalla triangolazione aerea e di altimetria (DTM) stereorestituiti.

Il sistema di riferimento impiegato sarà WGS84-ETRF89, la proiezione cartografica dell'ellissoide sarà quella di Gauss, nella rappresentazione dei fusi UTM-WGS84.

I formati di consegna saranno il TIFF georeferenziato ed il DPR.

L'ortofoto sarà prodotta secondo gli stessi tagli richiesti dal Capitolato Speciale d'Appalto per la produzione della cartografia, corrispondenti a 1/64 del Foglio IGM 1:50.000.



Ogni elemento, contraddistinto da un titolo e dalla numerazione sarà quindi, come per la cartografia, delimitato dalle trasformate di due meridiani distanti 2'30" in longitudine e due paralleli distanti 1'30" in latitudine.

Il titolo, la numerazione di ogni elemento ed il layout per la stampa (cornice, indicazioni a margine del foglio, ecc.) saranno concordati con la Direzione Lavori durante l'esecuzione dell'area lavori.

### 2.8.1. Mosaicatura

Le ortofoto rettificate e mosaicate ritagliate a scala 1:5000 dovranno coincidere esattamente, sia geometricamente che radiometricamente, con quelle contigue, in modo che il lavoro nell'insieme si adatti il più possibile alla realtà del terreno.

La mosaicatura dovrà essere realizzata a mezzo di appositi *software* che adattino radiometricamente i bordi tra ortofoto adiacenti e bilancino l'intero mosaico affinché non vi siano salti cromatici.

Per motivi di plottaggio e di taglio, il campo dell'ortoproiezione, definito per ogni elemento, dalla coordinate geografiche e rettilinee dei suoi vertici, dovrà essere leggermente più grande del campo dell'elemento stesso; a tal fine indicazioni precise verranno concordate con la Direzione Lavori.

### 2.8.2. Elaborati e documenti da consegnare

L'Aggiudicatario dovrà consegnare:

- 1) Elaborati di calcolo, grafici e numerici, relativi alle operazioni di ortorettificazione dei fotogrammi
- 2) ortofoto di ogni elemento memorizzata in formato *geo-Tiff e DPR* ;
- 3) files di stampa di ogni elemento;
- 4) stampa in duplice copia su carta di adeguata grammatura, di ogni singola ortofoto ritagliata secondo il taglio IGM, completa di bandella, toponimi, limiti amministrativi, da concordare con la Direzione Lavori.

### 2.8.3. Collaudo

Per il servizio richiesto, è previsto il collaudo in corso d'opera e finale dei lavori. Esso sarà svolto dalla Commissione di Collaudo.

I compiti della suddetta Commissione saranno:

- a) collaudare in corso d'opera il servizio, stendendo il relativo verbale di collaudo, il quale dovrà contenere la descrizione delle prove e le relative risultanze;
- b) Adottare i necessari controlli preliminari inerenti la idoneità della strumentazione adottata per l'esecuzione delle varie fasi di lavorazione;
- c) valutare l'entità e la qualità del lavoro eseguito;

Il collaudo in corso d'opera riguarderà le seguenti fasi esecutive del servizio e comporterà in particolare:

- La verifica della correttezza geometrica e radiometrica delle ortofoto
- Il controllo degli elaborati prodotti grafici e numerici, su formato cartaceo e digitale, relativi alle operazioni di editing e stampa delle ortofoto.

Il collaudo finale avrà per oggetto tutti gli elaborati previsti nelle singole fasi di lavoro.

L'Aggiudicatario, per tutte le operazioni di Collaudo, è tenuto a dare alla Commissione di Collaudo tutta la collaborazione necessaria, mettendo a sua disposizione i documenti inerenti al lavoro,





nonché il personale tecnico e gli strumenti necessari per le varie operazioni di verifica, intendendosi tutti gli oneri relativi a carico dell'Aggiudicatario e già compensati nel prezzo.

### 3. DISCIPLINARE TECNICO PER L'APPOGGIO A TERRA, LA TRIANGOLAZIONE AEREA E LA PRODUZIONE DEL DTM

#### 3.1. Rete geodetica di inquadramento e di raffittimento locale

L'**inquadramento** geodetico del Data Base oggetto del presente appalto viene derivato dalla rete geodetica di raffittimento regionale. Pertanto le reti locali di **raffittimento** plano-altimetriche sono rigidamente vincolate alla suddetta rete.

Scopo delle reti di raffittimento locale è quello di provvedere i punti d'appoggio per la triangolazione aerea. Le caratteristiche dei punti della rete geodetica di inquadramento non consentono, nella maggior parte dei casi, la collimazione sui fotogrammi; la loro densità invece è senz'altro sufficiente a coprire le esigenze di appoggio del blocco in presenza di punti di appoggio aerei (determinati con GPS aerotrasportato). Si rende quindi necessario, ove richiesto dalla configurazione dei blocchi fotogrammetrici e/o in caso di mancanza o insufficiente attendibilità dei centri di presa determinati con GPS aerotrasportato, determinare le coordinate di punti fotografici direttamente collegati a questa rete.

##### 3.1.1. Rete di inquadramento planoaltimetrico

La rete di **inquadramento planoaltimetrico** è costituita da tutti i punti della rete di raffittimento geodetico realizzata con strumentazione GPS sul territorio della regione Calabria: tra questi punti vi sono i vertici della rete IGM95, i vertici di raffittimento di nuova istituzione e i vertici rilevati con analogo progetto nella provincia di Crotona.

##### 3.1.2. Raccolta degli elementi geodetici

La committenza fornirà alla Ditta Appaltatrice le monografie di tutti i punti materializzati e rilevati della rete di raffittimento geodetico regionale.

##### 3.1.3. Progetto della rete di raffittimento planoaltimetrico locale

La rete di **raffittimento planoaltimetrico locale** deve essere progettata per realizzare punti fotografici di appoggio dei blocchi, secondo quanto specificato successivamente.

La Ditta appaltatrice deve redigere un progetto di rete, da sottoporre alla D.L. per l'approvazione, sentita la C.d.C. E' consentita la progettazione e la realizzazione di una rete di raffittimento locale per ogni blocco fotogrammetrico.

In particolare, le operazioni di misura GPS devono essere impostate sui vertici d'inquadramento secondo uno schema che il Collaudatore dovrà approvare prima dell'inizio delle misure stesse. A tal fine è necessario che la Ditta predisponga un file DXF suddiviso in layer, ognuno dei quali contenga i seguenti elementi:

- ricoprimento a terra a fotogrammi alterni
- il numero identificativo di ogni fotogramma
- posizione dei vertici d'inquadramento tridimensionali
- posizione dei vertici d'inquadramento solo planimetrici



- posizione dei vertici d'inquadramento solo altimetrici
- posizione dei punti d'appoggio tridimensionali
- posizione dei punti d'appoggio solo planimetrici
- posizione dei punti d'appoggio solo altimetrici
- schema delle baseline di cui si prevede la misura

#### 3.1.4. Scelta e materializzazione dei punti

I punti della rete di raffittimento locale devono essere situati, ove possibile, su particolari del terreno ben definiti planoaltimetricamente, stabili e facilmente accessibili, oppure su elementi appositamente costruiti.

Essi devono essere ben riconoscibili e collimabili con precisione sui fotogrammi. Di ciascuno deve essere redatta accurata monografia informatizzata, che ne consenta il sicuro ritrovamento, secondo il formato indicato dalla Direzione Lavori.

Devono perciò essere privilegiati i punti appartenenti a strutture stabili (spigoli di fabbricati, muri di sostegno, spalle e pilastri di viadotti, ecc.).

Nel caso di materializzazione *ad hoc* deve essere garantita una ragionevole durata nel tempo e scelta oculata della collocazione, al fine di evitare danneggiamenti o rimozioni, volute o accidentali.

#### 3.1.5. Operazioni di misura

Le operazioni di misura per il rilievo della rete di raffittimento locale devono essere condotte usando strumentazione GPS a doppia frequenza.

Le basi devono essere misurate in modalità statica differenziale, con tempi di stazionamento che, per basi di lunghezza inferiore a 5 km, devono essere uguali o superiori a 15', con ulteriori 15' per ogni 5 km di lunghezza in più, fino ad un massimo consentito di 10 km.

Le costellazioni satellitari da utilizzarsi devono avere almeno 5 satelliti e GDOP  $\leq 5$ , con un angolo di cut-off di 15°. La rete deve contenere misure in numero esuberante rispetto a quello minimo necessario per la determinazione delle coordinate di tutti i vertici. Tali misure esuberanti devono permettere controlli statisticamente validi. Il rapporto tra il numero delle basi rilevate e il numero dei punti da determinare deve essere in ogni caso  $\geq 1.5$ .

Per quanto qui non esplicitamente riportato, la Ditta appaltante e la D.L. devono far riferimento alle norme in materia redatte dalla "Commissione Reti" dell'Intesa Stato-Regioni-Enti locali.

#### 3.1.6. Calcoli di compensazione

Il calcolo delle coordinate dei punti d'appoggio sarà da eseguire in due modalità successive:

- elaborazione di tutte le baseline rilevate imponendo il minimo vincolo. Ciò sarà da effettuare considerando fisso un solo vertice baricentrico, espresso in coordinate geografiche WGS84 e quota ellissoidica
- elaborazione vincolata su tutti i punti della rete d'inquadramento in coordinate geografiche WGS84 e quota ellissoidica. Determinazione delle coordinate cartografiche UTM WGS84-ETRF89

Dalle coordinate cartesiane X, Y, Z geocentriche dei vertici si ricaveranno poi le coordinate geografiche e successivamente quelle cartografiche UTM-WGS84, unitamente alla quota ellissoidica, sempre nello stesso sistema di riferimento ETRF89.





### 3.1.7. Scarti

Gli scarti delle equazioni di osservazione, risultanti dalla compensazione vincolata della rete di raffittimento locale, non devono essere superiori, nel 95% dei casi, a 0.070 m.

Nel caso in cui si superino i limiti sopra imposti, tanto da ingenerare dubbi sulla congruenza e correttezza dei vertici di inquadramento, devono essere concordati con la D.L., sentita la C.d.C., eventuali controlli sul terreno e idonee procedure di integrazione.

### 3.1.8. Elaborati da consegnare

Al termine delle operazioni di rilievo e compensazione delle reti di raffittimento, la Ditta dovrà presentare a collaudo tutta la documentazione relativa allo schema della rete d'appoggio eseguita, ed in particolare:

- i file in formato DXF dei punti di inquadramento esistenti e delle reti di raffittimento eseguite, con l'indicazione delle basi misurate; i punti vanno riportati sui grafici di copertura dei fotogrammi, in modo che sia possibile controllarne la distribuzione nei blocchi;
- le monografie, in file ed in formato cartaceo, di tutti i vertici e capisaldi coinvolti nella fase di inquadramento, comprendenti anche le coordinate compensate dei punti stessi;
- tutti i file di elaborazione delle baseline misurate, con i parametri significativi che permettano di individuare ora di inizio e di fine della sessione di misura, i satelliti collegati, gli eventuali cycle slip, i parametri di bontà delle misure (PDOP ecc.), i risultati della elaborazione con sqm e matrice di varianza covarianza;
- il file di Excel descritto in precedenza, con le varie baseline (una per riga con indicati nomi dei vertici e identificativo del ricevitore), le ore di inizio e fine di ogni base, le componenti cartesiane della base, la lunghezza della base;
- tutti i file di calcolo relativi alle varie elaborazioni richieste, completi degli elementi necessari a valutare l'imposizione del vincolo, la precisione ottenuta e gli scarti residui su tutte le baseline;
- i file che evidenzino le trasformazioni all'ellissoide di Hayford Roma40 e quindi alle coordinate Gauss Boaga;
- il materiale relativo alla determinazione dell'ondulazione geoidica e, di conseguenza, alla quota ortometrica di ciascun punto d'appoggio;
- una dettagliata relazione contenente la descrizione degli schemi operativi seguiti, della strumentazione adoperata, del calendario delle operazioni. A richiesta della D.L. devono essere fornite le registrazioni delle sessioni di misura GPS in formato RINEX;
- gli schemi di calcolo, la descrizione dei programmi utilizzati e dei calcoli eseguiti, con allegati i tabulati di output originali del calcolatore, opportunamente commentati. In particolare devono essere evidenziate le coordinate compensate dei punti e i relativi scarti quadratici medi (o, in alternativa, i parametri delle ellissi d'errore o la loro rappresentazione grafica).

Eventualmente, su richiesta della C.d.C., sentita la D.L., la Ditta dovrà mettere a disposizione, per l'esecuzione di elaborazioni di controllo, il software utilizzato e tutti i dati originali acquisiti in campagna.

Sarà cura esclusiva della Ditta verificare, e certificare al termine delle operazioni, che tutti i dati siano stati prodotti nel rispetto delle specifiche indicazioni prescritte dalle case costruttrici per l'utilizzazione delle strumentazioni impiegate.

Al termine di eventuali operazioni di misura topografiche dovrà essere consegnato a collaudo tutto quanto necessario a provare che il risultato ottenuto è conforme con le specifiche di capitolato e con le finalità del rilievo.



In particolare dovrà essere consegnato:

- Copia delle misure di campagna registrate
- Verifica delle chiusure planimetrica e altimetrica delle poligoni eseguite
- Schema della geometria della rete
- Risultato della compensazione ai minimi quadrati al minimo vincolo
- Risultato della rototraslazione ai minimi quadrati sui punti fissi prescelti, con evidenziati gli scarti residui sui punti noti.
- Risultato dell'inserimento del vincolo altimetrico su punti di quota nota

Il risultato dovrà garantire le precisioni previste dal capitolato per quanto riguarda gli sqm dei punti determinati. Gli scarti sui punti fissi nella operazione di rototraslazione non dovranno mai superare i 5 cm in planimetria; analogamente, in altimetria, i residui dopo l'inserimento in quota non dovranno mai superare i 5 cm

### 3.1.9. Collaudo delle reti di raffittimento locale

Prima dell'inizio delle operazioni di misura sul terreno, la Ditta deve sottoporre ad approvazione i grafici delle reti di raffittimento.

Durante e/o a conclusione delle operazioni di misura e di calcolo, la C.d.C. esegue le seguenti verifiche:

a) esame dei documenti relativi alle misure. Da tale esame deve risultare che:

- gli strumenti usati sono di tipo e precisione adeguati;
- le misure eseguite sono in numero sufficiente a permettere controlli statisticamente validi;
- gli s.q.m. delle basi calcolate ed eventuali controlli indiretti (ad es. distanze tra due estremi, chiusure di poligoni, ecc.) sono contenuti entro valori tali da garantire il rispetto delle tolleranze.

In caso di risultanze dubbie o di insufficiente documentazione, la C.d.C., esaminati i files RINEX originali di campagna, può eseguire direttamente (o richiedere alla Ditta) misurazioni sul terreno atte a verificare le operazioni topografiche eseguite e le coordinate dei punti.

b) esame del tipo e distribuzione dei punti rilevati, degli schemi operativi eseguiti e delle monografie predisposte, in particolare deve essere verificata la corretta densità e disposizione dei punti d'appoggio planimetrici e altimetrici.

c) esame degli schemi, dei tabulati e delle relazioni di calcolo, con particolare riguardo alla verifica di quanto prescritto in -Operazioni di misura- e -Calcoli di compensazione-.

### 3.2. Triangolazione aerea

La rete plano-altimetrica dei punti di appoggio, necessari per l'orientamento dei modelli stereoscopici, viene determinata con la tecnica della triangolazione aerea (T.A.), applicata all'intero lotto o ai blocchi in cui il volo di ripresa è stato scomposto. A questo scopo più blocchi potranno essere compensati congiuntamente, riuniti in un macroblocco. La compensazione di ciascun (macro) blocco dovrà essere effettuata direttamente nel sistema di riferimento ETRF89 (cartesiano) o in un sistema cartesiano locale con origine in un punto baricentrico dello stesso: in questa fase non deve pertanto essere apportata alle misure la correzione sferica per le quote.





A compensazione avvenuta, si calcoleranno le coordinate plano-altimetriche nel sistema di riferimento ETRF89 (coordinate cartografiche UTM-WGS84) e le quote ortometriche dei punti, apportando alle quote ellissoidiche la correzione dovuta all'ondulazione del geoido.

### 3.2.1. Schema del blocco

La Ditta deve sottoporre alla D.L., per l'approvazione (sentita la C.d.C.), un progetto di T.A. da cui risulti:

- l'eventuale suddivisione in blocchi o macroblocchi che intende adottare nella compensazione;
- lo schema dei fotogrammi utilizzati, derivandolo dal quadro d'unione del volo effettuato;
- l'indicazione dei punti di controllo aereo effettivamente determinati mediante il GPS aerotrasportato e dei vertici delle reti plano-altimetriche di inquadramento e raffittimento locale presenti nel blocco;
- la strumentazione che si intende utilizzare per la misura delle coordinate fotogramma o modello;
- la descrizione del programma di compensazione, conformemente a quanto prescritto ai successivi punti -Programma di calcolo e procedimento di compensazione- e -Tabulati di calcolo-.

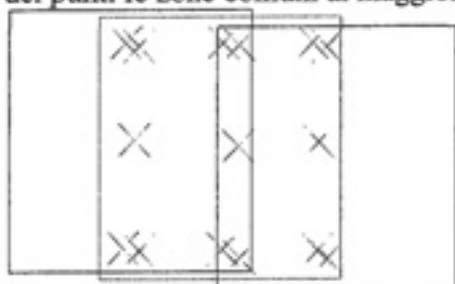
### 3.2.2. Punti di legame

In ciascun fotogramma devono essere individuati 15 punti di legame longitudinale e trasversale, secondo lo schema sotto riportato. Rispetto alla disposizione tradizionale nel modello, vanno cioè raddoppiati i punti sui lati di legame trasversale del fotogramma. Nella collimazione di questi punti doppi, i particolari scelti non devono trovarsi a distanze inferiori a 5 mm sul fotogramma.

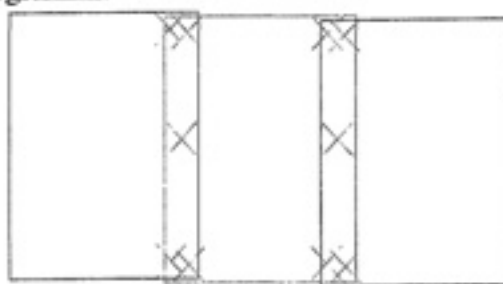
Ogni fotogramma (modello) deve pertanto essere collegato:

- con ciascuno dei fotogrammi (modelli) adiacenti lungo la strisciata, mediante dieci (cinque) punti di legame longitudinale
- con ciascuna delle strisciate adiacenti a quella di appartenenza, mediante almeno sei (quattro) punti di legame trasversale.

Particolare attenzione deve essere posta al collegamento tra le strisciate, privilegiando nella scelta dei punti le zone comuni al maggior numero di fotogrammi.



Fotogramma



Modello

Nel caso in cui nei blocchi insistano strisciate trasversali, occorrerà misurare sui fotogrammi (modelli) tutti i punti di legame esistenti: sia quelli delle strisciate parallele che quelli delle strisciate trasversali. La medesima operazione deve essere effettuata tra blocchi adiacenti (con direzione parallela se aventi quota differente, ovvero con direzione convergente), nelle zone di sovrapposizione tra i modelli dei due blocchi.

Di norma i punti di legame devono essere individuati in corrispondenza di particolari del terreno che siano ben visibili sui fotogrammi, che diano garanzia di stabilità e durata nel tempo e che consentano una buona collimazione stereoscopica plano-altimetrica.



Per almeno il 60% i punti prescelti devono possedere queste caratteristiche, mentre per il restante 40% si ammette che possa trattarsi di punti non più rintracciabili sul terreno, ma solo sui fotogrammi del particolare volo eseguito. Di ciascuno dei punti prescelti dev'essere eseguita un'accurata monografia, che ne garantisca l'inequivocabile individuazione sul terreno, se possibile, e in ogni caso sul modello stereoscopico.

### 3.2.3. Punti di appoggio del blocco

I punti impiegati per l'appoggio devono essere rilevati con GPS con le modalità indicate nel precedente paragrafo.

Nel caso in cui le testate del blocco siano servite da strisciate trasversali, sono prescritti 4 coppie di punti fotografici sugli spigoli del blocco inoltre ogni quattro strisciate sulle testate del blocco si deve disporre una ulteriore coppia di punti fotografici; in caso contrario sulla testata del blocco dovrà essere prevista una coppia di punti di appoggio per ogni strisciata. I punti devono cadere nelle zone di sovrapposizione delle strisciate ed essere visibili anche sulle strisciate trasversali. I due punti di ciascuna coppia devono distare almeno 5 mm sul fotogramma. Nelle zone di sovrapposizione tra blocchi adiacenti, i punti di appoggio possono essere impiegati per entrambi i blocchi. Si devono inoltre prevedere 2 punti tridimensionali ogni 3 modelli, a strisciate alterne, con il primo e l'ultimo punto scelto in corrispondenza dell'inizio delle strisciate stesse, in modo che sia misurabile anche sulle strisciate trasversali

Poiché il volo fotogrammetrico sarà eseguito con GPS cinematico per la determinazione dei centri di presa di ogni strisciata, il numero dei punti d'appoggio può essere notevolmente ridotto. E' però opportuno stabilire la densità dei punti d'appoggio dopo avere elaborato i dati GPS dei centri di presa, visto che le recenti applicazioni evidenziano una percentuale di centri di presa determinati correttamente inferiore al 100% di tutti i centri di presa da impiegare in triangolazione aerea. In particolare, nel caso si abbiano a disposizione i centri di presa con GPS cinematico, dopo averne vagliato l'attendibilità, i punti d'appoggio da determinare a terra devono essere così distribuiti nel blocco:

- 2 punti tridimensionali in corrispondenza delle intersezioni fra strisciate di bordo del blocco e strisciate trasversali
- 1 punto tridimensionale ogni 3 modelli, a strisciate alterne, con il primo e l'ultimo punto scelto in corrispondenza dell'inizio delle strisciate stesse, in modo che sia misurabile anche sulle strisciate trasversali
- nel caso infine, in cui la Ditta abbia effettuato il volo con dispositivi (IMU) in grado di fornire l'insieme dei 6 parametri di Orientamento Esterno (OE) dei singoli fotogrammi, la D.L., sentita la C.d.C., può autorizzare procedure di fotogrammetria diretta a patto che sia garantita una verifica dell'O.E durante le operazioni di restituzione tramite la collimazione di almeno un punto di controllo per ogni modello determinato con operazioni topografiche a terra che possono prevedere anche l'uso di strumentazione GPS in modalità RTK.

### 3.2.4. Strumentazione

Per l'esecuzione delle osservazioni devono impiegarsi esclusivamente strumenti analitici o digitali tale da garantire una precisione di misura delle coordinate fotogramma superiore o uguale a 5  $\mu$ m ed in grado tra l'altro di applicare ai singoli fotogrammi la correzione dello "stiramento del film" e quelli dovuti alla rifrazione atmosferica.

Per verificare prima dell'inizio delle osservazioni del blocco ed in corso d'opera le caratteristiche degli stereorestitutori (analitici o digitali) impiegati, dovranno essere eseguite, all'inizio e alla fine





delle operazioni di triangolazione aerea, per tutti gli strumenti impiegati misure delle coordinate strumentali di 21 punti uniformemente distribuiti sul modello formato da due reticoli di precisione a maglia quadrata (lato due cm) ed orientato non parallelamente al piano (X,Y) del sistema strumentale, unitamente ai dati angolari di orientamento delle camere.

Si dovrà verificare che il 95 % degli scarti tra le coordinate nominali del reticolo e quelle misurate, risulti inferiore, in valore assoluto, a 5 micron e nessuno scarto risulti, in valore assoluto, superiore a 10 micron.

### 3.2.5. Programma di calcolo e procedimento di compensazione

Per il calcolo e la compensazione del blocco devono essere impiegati programmi di calcolo basati su metodi rigorosi "a stelle di direzioni" (bundles) o "a modelli indipendenti", noti e ampiamente sperimentati. In particolare il programma di compensazione deve accettare quale osservabile le coordinate del centro di fase dell'antenna all'istante di presa. L'equazione di osservazione impiegata deve consentire l'introduzione del vettore eccentricità misurato (fornito dalla committenza insieme al valore delle coordinate del centro di fase dell'antenna GPS all'istante di presa) e di parametri di compensazione di differenze sistematiche (derivate) tra la soluzione GPS e la soluzione TA, variabili eventualmente da strisciata a strisciata.

La Ditta deve fornire, a richiesta, la più ampia documentazione sul programma utilizzato e sui tabulati da esso prodotti. Detti tabulati devono soddisfare quanto richiesto nel successivo punto - Tabulati di calcolo-.

La compensazione di ciascun blocco deve essere effettuata in due modi: sia con minimo vincolo sia fissando, con opportuno peso, le coordinate dei punti d'appoggio (determinati con GPS aerotrasportato o sul terreno). E' facoltà della D.L., qualora ne ravveda la necessità, richiedere la compensazione congiunta di tutti i blocchi o di un sottoinsieme, fissando tutti i punti di appoggio sia aerei sia a terra. L'eliminazione delle osservazioni ritenute erronee deve essere effettuata con test statistici sui residui normalizzati.

Per ciascuna delle fasi e per ciascun blocco la Ditta deve produrre la documentazione esplicitiva (vedi punto successivo).

### 3.2.6. Tabulati di calcolo

Il procedimento di calcolo e compensazione deve fornire tabulati (a stampa e su file in formato testo) contenenti almeno i seguenti elementi:

- coordinate modello (o fotogramma) di ciascun punto misurato;
- dati riassuntivi che indichino il numero di collimazioni eseguite per ciascun punto;
- elenco dei punti di appoggio del blocco (aerei e sul terreno) e relative coordinate;
- elenco dei punti di appoggio eliminati nel corso dei calcoli, per eccesso di discrepanze con i risultati (come precisato nel seguito) e relative coordinate originali;
- gli scarti residui su tutti i punti d'appoggio riferiti al terreno, espressi in metri, e riferiti al fotogramma, espressi in micron;
- scarti e loro sqm, espressi in coordinate fotogramma, modello o terreno, delle equazioni di osservazione dei punti di legame longitudinale e trasversale;
- coordinate terreno, scarti quadratici medi e discrepanze sui punti di appoggio;
- descrizione e statistica generali del blocco: n. di punti osservati, di fotogrammi o modelli e di strisciate, pesi adottati per i diversi tipi di punti, valori quadratici medi della compensazione (sigma zero a priori e a posteriori).



### 3.2.7. Scarti. Eliminazione dei punti

Le osservazioni sospette devono essere eliminate con procedure statistiche consolidate, basate sull'impiego di test sui residui normalizzati. Tutti gli scarti residui sui punti d'appoggio saranno inferiori, in modulo, a 80 cm in planimetria e a 60 cm in quota, per DB alla scala 1:5000; gli sqm dei punti di legame nelle tre componenti, in modulo, risulteranno inferiori a 40 cm per DB alla scala 1:5000.

I punti da eliminare (o meglio "obliterare") nei successivi calcoli di compensazione, allo scopo di ottenere i risultati suddetti, devono comunque apparire nel tabulato finale, con i valori delle coordinate ottenute dalla compensazione, ed essere riconoscibili mediante apposito codice. Il numero di tali punti, nelle 2 categorie (legame o appoggio), non deve superare il 10% di quelli originariamente previsti. In ogni caso deve essere garantita una sufficiente e omogenea distribuzione dei punti di appoggio e di concatenamento in tutte le zone del blocco.

Eventuali situazioni critiche (eccessive discrepanze, insufficienze, ecc.) devono essere segnalate tempestivamente alla D.L. che, sentita la C.d.C., indicherà rimedi da adottare ed eventuali eccezionali deroghe scritte alle prescrizioni suddette.

### 3.2.8. Relazione finale sulla T.A.

Al termine delle operazioni di T.A. deve essere consegnata una dettagliata relazione tecnica, contenente almeno:

- lo schema dei fotogrammi costituenti il blocco e dei punti effettivamente utilizzati per l'appoggio dei fotogrammi o dei modelli;
- le monografie necessarie all'individuazione dei punti di concatenamento sui fotogrammi e sul terreno (per almeno il 60% dei casi);
- la descrizione della strumentazione usata per l'osservazione dei fotogrammi o dei modelli e la documentazione relativa alle operazioni di calibrazione della stessa;
- la descrizione dei calcoli di compensazione eseguiti, con particolare riguardo all'eliminazione eventuale di punti nelle successive iterazioni. I calcoli intermedi devono essere documentati, a richiesta della D.L., con i relativi tabulati originali di output;
- i tabulati finali, conformi a quanto specificato in -Tabulati di calcolo-.

#### 3.2.8.1. Documenti da consegnare

Al termine delle operazioni di triangolazione aerea dovranno essere consegnati a collaudo i seguenti documenti:

- lo schema del blocco utilizzato (da produrre ad integrazione dell'equivalente schema previsto per la fase di appoggio, precedentemente descritto) con l'indicazione dei punti di appoggio e dei punti di legame impiegati;
- le serie di fotocopie in carta riportanti l'indicazione dei punti fotografici di appoggio e di legame di ciascun modello stereoscopico; nel caso di triangolazione aerea digitale saranno da consegnare le immagini corrispondenti;
- le monografie dei punti di legame impiegati;
- il risultato della compensazione delle osservazioni di triangolazione aerea che metta in evidenza gli scarti residui sui punti noti a terra, le differenze fra le varie determinazioni dei punti di legame, gli sqm sui punti di legame determinati;





- una breve relazione illustrativa di accompagnamento (che descriva la strumentazione impiegata ed indichi il significato delle varie colonne e delle eventuali relative unità di misura, delle sigle e/o di eventuali particolari codifiche presenti nei tabulati prodotti dalla strumentazione stessa) e di sintesi (che illustri sinteticamente i risultati conseguiti nonché il numero e la posizione dei punti di appoggio e/o legame eliminati).

### 3.2.9. Collaudo della T.A.

Preliminarmente all'inizio delle operazioni di misura dei fotogrammi o dei modelli per la T.A., la Ditta deve sottoporre ad approvazione il progetto di T.A. e deve eseguire la calibrazione della strumentazione, dopo averne dato comunicazione alla D.L.

Durante l'osservazione dei fotogrammi (modelli) e/o l'esecuzione dei calcoli di compensazione, possono essere effettuati dalla C.d.C. sopralluoghi presso i laboratori della Ditta, allo scopo di controllare che le prescrizioni operative vengano rispettate. In ogni caso, al termine delle operazioni di misura e di calcolo, la C.d.C. esegue le seguenti verifiche:

- analisi dello schema del blocco effettivamente misurato e verifica di congruenza con il progetto;
- ripetizione delle operazioni di formazione dei modelli e di misura delle coordinate, da eseguirsi presso la Ditta o a totale cura della C.d.C., per almeno il 3% dei modelli costituenti il blocco;
- caratteristiche del programma di calcolo utilizzato;
- analisi dei tabulati finali e verifica che eliminazione di punti e scarti finali siano conformi a quanto previsto;
- la corretta predisposizione delle monografie dei punti di legame.

### 3.2.10. Coordinate dei punti per l'orientamento assoluto dei modelli in restituzione

Il sistema di riferimento per le altezze adottato nel DB è il geoide. Pertanto le quote dei centri di presa, dei punti di legame della TA e dei punti di appoggio della rete di raffittimento devono essere convertite in quote ortometriche.

A tale fine la Ditta appaltatrice dovrà reperire il valore dell'ondulazione del geoide nello stesso sistema di riferimento nel quale è inquadrato il rilievo, per determinare la quota ortometrica dei punti, comunicando preventivamente alla D.L. la procedura che intende seguire per la interpolazione e la validazione dell'ondulazione del geoide. La D.L., sentita la C.d.C., approverà o prescriverà le modifiche del caso. Per la validazione e la rototraslazione del modello di geoide gravimetrico è consentito l'utilizzo dei punti della rete di raffittimento geodetico quali punti doppi. Al termine delle operazioni, la Ditta consegnerà, sia su carta sia su file formato testo, le coordinate planimetriche, la quota ETRF89, l'ondulazione del geoide e la quota ortometrica stimata dei punti di cui sopra.

## 3.3. Generazione del DTM

Le curve di livello, utilizzate per la rappresentazione cartografica dell'andamento altimetrico del terreno, devono essere generate da un DTM prodotto a tale scopo. Per la produzione del DTM deve essere utilizzato lo stesso volo ed inquadramento della restituzione fotogrammetrica. Non potrà essere utilizzato un modello altimetrico, anche se di accuratezza maggiore, proveniente da altre fonti se non espressamente autorizzato.



I punti quotati da inserire sugli elementi cartografici devono essere restituiti singolarmente e non derivati, mediante interpolazione, da altri dati.

Il DTM da produrre deve essere di tipo "level 3" oppure "level 2", come indicato dal documento "Prescrizioni tecniche per la produzione di Modelli Digitali del Terreno" già prodotto dall'apposito gruppo di lavoro dell'Intesa Stato Regioni Enti locali, rispettivamente per la cartografia scala 1:5000 ed 1:10.000. L'accuratezza in quota, intesa sempre quale valore di  $1\sigma$ , dovrà essere pari ad 1m per il "level 3" e 2m per il "level 2". Le accuratèzze altimetriche fissate sono relative a zone di terreno scoperto, prive di vegetazione e quanto altro impedisca una chiara collimazione per la valutazione della quota.

Le quote del DTM devono essere riferite al terreno, tranne in caso di presenza di bacini idrografici. Nelle zone con vegetazione fitta (copertura >70%) o ad alto fusto l'accuratezza decresce di un ulteriore valore pari a 1/4 dell'altezza media degli alberi. Per i bacini idrografici la quota è quella relativa al livello dell'acqua al momento del rilievo. Per i centri urbanizzati le quote sono riferite al piano della viabilità (piazze, giardini, ecc) e mai alla sommità degli edifici.

Tutte le informazioni altimetriche acquisite, di tipo puntuale (punti quotati) o lineare (profili altimetrici), contribuiscono a formare un TIN (Triangular Irregular Network) ove tutti i profili sono considerati come break-line. Il TIN deve essere generato utilizzando i più comuni programmi commerciali di cui deve essere fornita documentazione.

Dai dati, sotto forma di un TIN dovranno essere poi ricavati: il DTM in forma di grid (grigliato regolare), le curve di livello (per il prodotto grafico finale) ed eventualmente le linee delle scarpate da inserire sulla cartografia.

Si precisa che i dati altimetrici richiesti possono essere acquisiti con metodologie tradizionali ma le presenti norme sono state pensate per una acquisizione mediante strumentazione di tipo digitale con software dedicato che fa uso di autocorrelazione. Si richiede inoltre che la restituzione dei particolari topografici avvenga tutta in 3D distinguendo, mediante codici, i particolari la cui quota non sia riferita a terra.

In definitiva devono contribuire alla generazione del modello digitale:

- tutti i particolari topografici, ottenuti in 3D mediante restituzione fotogrammetrica, la cui quota è riferita al terreno, compresi i punti quotati che saranno inseriti sugli elementi cartografici restituiti singolarmente;
- i punti quotati aggiuntivi, con la densità richiesta in funzione della tipologia del terreno;
- ulteriori linee di break-line che descrivono brusche variazioni di pendenza del terreno;
- profili che, pur non essendo associati a particolari topografici, permettono che la interpolazione dei dati produca un DTM con l'accuratezza altimetrica prevista. Nella tipologia dei "profili" possono essere incluse, se ritenuto utile, anche curve di livello con un qualsiasi valore di quota.

L'accuratezza altimetrica non è ritenuta costante su tutta l'area restituita ma tale valore viene differenziato in funzione della tipologia stessa del terreno (vegetazione, urbanizzato, ecc.) delimitandone il perimetro,

### 3.3.1. Dati da acquisire per il TIN

Il DTM a grid e le curve di livello devono necessariamente essere ottenuti mediante l'interpolazione di un TIN che utilizzerà, oltre i particolari topografici restituiti con quota riferita al terreno, anche i particolari acquisiti esclusivamente a tale scopo: punti quotati (punti con quota riferita a terra), break-lines (linee sul terreno a brusca variazione in quota), profili altimetrici (profili a 3D che possono anche non essere associati a particolari topografici ma che vengono introdotti per meglio





descrivere la morfologia del terreno). Per brusche variazioni di quota sul terreno si intende un dislivello repentino di almeno 2 m, ovvero irregolarità del terreno maggiori di 2 m entro una distanza pari alla maglia del grigliato (rispettivamente 4 m per la scala 1:10.000).

I dati utilizzati per la generazione del TIN sono i seguenti:

- a) tutti i particolari topografici restituiti in 3D la cui quota è riferita al terreno (non vengono quindi utilizzati particolari quali viadotti, ponti, ecc.). Qualora i dislivelli superino i 2 m devono inoltre essere restituite:
  - le strade ordinarie e strade ferrate (lato destro e sinistro) con le eventuali scarpate (piede e cima) in entrambi i lati. Vanno quindi acquisite sia in trincea che in rilevato. Analoga procedura per le strade a mezza costa;
  - i corsi dei fiumi comprensivi sia degli argini che delle sponde;
  - fossi, canali e delimitazioni di colture;
- b) i punti quotati restituiti che saranno successivamente riportati sull'elemento cartografico da produrre;
  - i punti quotati sono restituiti sempre sul terreno; se diversamente, devono essere codificati in modo tale da non essere utilizzati nella generazione del TIN (punti quotati su ponti, ecc.);
- c) punti quotati di raffittimento che servono per generare il DTM con l'accuratezza fissata
  - la densità delle quote deve essere tale che sul terreno pianeggiante, in ogni punto, in un raggio massimo di 10 m deve necessariamente esserci una informazione altimetrica (profilo, break line, punto quota) mentre su terreno accidentato tale distanza diminuisce a soli 5 m (rispettivamente 20 m e 10 m per la scala 1:10.000);
  - i punti quotati generati fotogrammetricamente in modo automatico dovranno essere scartati se hanno un basso coefficiente di correlazione. I punti eliminati, qualora necessario, devono essere quindi inseriti manualmente per garantirne la densità prefissata;
  - nelle zone di vegetazione fitta o ad alto fusto dovrà essere effettuata dall'operatore la collimazione manualmente stimando l'altezza degli alberi ed apportando le dovute correzioni alle quote ottenute per autocorrelazione;
- d) le linee di break line sul terreno (brusche variazioni del terreno in quota maggiori di 2 m).
  - gli eventuali terrazzamenti devono essere rilevati delimitandone i bordi. In particolare devono essere restituite le cave e le miniere a cielo aperto;
  - vengono considerati esclusivamente i dislivelli del terreno (non vengono compresi ponti, cavalcavia, edifici, ecc.);
  - le zone rocciose con brusche variazioni in quota vengono delimitate arealmente ed al loro interno inseriti punti e/o break line con la densità tale da garantire le distanze minime tra le quote, come enunciato al punto precedente;
  - muri di sostegno (piede e sommità);
- e) le linee di costa relative ai laghi o al mare
  - la quota dei laghi, naturali ed artificiali, deve essere la stessa per tutto il bacino;
  - il mare è fissato per convenzione a quota zero. La linea di costa deve coincidere con il DTM a quota zero;
- f) profili altimetrici che indicano un cambiamento di segno della pendenza del terreno (linee evidenti di compluvio e di impluvio);
  - tutti i crinali e le vette (sommità)
  - i calanchi
  - linee di fondi valle, in particolare quando non sono presenti corsi d'acqua



- g) profili altimetrici che aiutano a descrivere l'andamento del terreno pur non essendoci variazioni sensibili in quota
- delimitazioni di colture, dove esiste un cambiamento di pendenza
  - particolari forme del terreno difficilmente ricostruibili con soli punti quotati (come conoidi o selle);

Tutte le entità costituenti la banca dati dovranno essere caratterizzate da un indicatore che specifichi il fatto che siano (o non siano) utilizzate nella generazione del DTM.

### 3.3.2. Fase di verifica e post-editing

In fase di acquisizione delle informazioni altimetriche l'operatore deve tener presente che i dati, mediante interpolazione, dovranno generare un DTM con accuratezza finale di 1 m per la scala 1:5000 e di 2 m per la scala 1:10000.

E' necessario effettuare un controllo sul TIN prima della produzione finale del DTM come grid. Una volta verificata che la densità delle informazioni altimetriche sia quella prevista bisogna passare alla generazione delle curve di livello con passo 1 m per la scala 1:5000 e 2 m per la scala 1:10.000, sovrapporre al modello stereoscopico e verificare visivamente se lo scostamento tra le curve generate ed il terreno sia entro i limiti fissati.

In caso di scostamento superiore al valore di  $2\sigma$ , deve essere effettuato un intervento di editing per integrare i dati mancanti o correggere eventuali quote errate;

La fase di editing deve inoltre prevedere:

- controllo della rete idrografica 3D, per garantirne la sua autoconsistenza (pendenza coerente con corso d'acqua);
- controllo zone boschive per garantire che le quote siano consistenti con altri eventuali particolari quotati circostanti;
- verifica che i punti quota, i profili e break line siano tra loro consistenti;
- evitare di creare profili e/o break line che si intersecano con valori di quote tra loro differenti; eliminare eventuali punti quota generati su particolari non riferiti a terra.

## 4. REPERTORIO DEGLI ELEMENTI E DELLE ENTITA' CONTENUTI E CODICI DELLA CARTOGRAFIA NUMERICA A SCALA 1:5000

### CONTENUTO DEL DATABASE TOPOGRAFICO

#### 4.1. Organizzazione logica dei dati.

Di seguito sono riportate le linee guida per la costruzione delle coperture areali relativamente alle classi di oggetti di maggior interesse.

##### 4.1.1. Edifici

La restituzione dei fabbricati dovrà avvenire rilevando come poligono il bordo di un fabbricato o blocco di fabbricati, alla linea di gronda e riportando la quota al suolo; per blocco di fabbricati o





insieme edilizio si intende un insieme di costruzioni contigue che non evidenzino soluzione di continuità e che non siano distinguibili in fotointerpretazione.

Sono da restituire con poligoni diversi edifici adiacenti che evidenzino delle discontinuità altimetriche in gronda superiori alla tolleranza in quota fra coppie di punti.

Non essendo richieste informazioni specifiche sulle coperture, vista la scala di restituzione, non sono da evidenziare le variazioni altimetriche all'interno del singolo fabbricato. Non è richiesto quindi il rilievo delle divisioni architettoniche interne ai fabbricati.

Nella forma degli edifici vanno trascurati quei particolari che, nella rispettiva scala nominale di restituzione, non sono rappresentabili graficamente cioè hanno dimensione inferiore a 0.4 mm.

#### 4.1.2. Informazioni altimetriche

L'altimetria del territorio dovrà essere rappresentata sia mediante curve di livello che mediante punti quotati.

##### *Curve di livello*

Le curve di livello, che dovranno essere tracciate e memorizzate su tutto il territorio ad esclusione dei centri abitati e delle zone con pendenza media inferiore al 3%, avranno una equidistanza di 5 metri ove la restituzione è da eseguire alla scala 1:5000 e di 10 metri ove la restituzione è da eseguire alla scala 1:10000

Le curve di quota intera multiple rispettivamente di 25 metri alla scala 1:5000 e di 50 metri alla scala 1:10000, verranno contraddistinte sugli elaborati grafici con un segno di maggior spessore.

Il numero di vertici della spezzata che costituisce una curva di livello deve essere tale da garantire il rispetto delle tolleranze nominali. La densità dei vertici non deve essere inutilmente elevata, e comunque mai superiore ad un vertice ogni 0.2 mm alla scala nominale di restituzione.

##### *Punti quotati*

I punti quotati sono restituiti al posto delle curve di livello dove la pendenza media del terreno è inferiore al 3% e nei centri abitati.

La loro densità media per decimetro quadrato (valutato sugli elaborati grafici) dovrà essere di almeno 10 punti quotati nelle zone in cui sono tracciate le curve di livello, e di almeno 30 in quelle in cui, per le motivazioni elencate al precedente punto, non sono presenti curve di livello.

I punti quotati sul terreno dovranno essere localizzati in corrispondenza di elementi inequivocabilmente definiti sia in planimetria che in altimetria.

Devono essere quotati:

- almeno un punto ogni 250 m su ogni asse viario per la cartografia alla scala 1:5.000, ogni 500 m per la cartografia alla scala 1:10000;
- il centro degli incroci fra vie urbane;
- il centro delle piazze e le imboccature delle vie confluenti nella piazza;
- tutti i punti delle strade dove si ha un evidente cambio di pendenza;
- gli accessi ad edifici pubblici importanti;
- punti caratteristici di zone morfologiche particolari;
- le sommità di cavalcavia, di sovrappassi ferroviari o stradali e di tutti i ponti;
- i punti di inizio e fine di sottopassaggi o gallerie;
- le radure o altri punti visibili al suolo nelle zone coperte da vegetazione arborea.



### 4.1.3. Grafi

Definiscono la topologia degli elementi di viabilità stradale e ferroviaria, dell'idrografia, dei gasdotti e della rete elettrica. Gli archi del grafo individuano l'asse degli elementi di viabilità, dei corsi d'acqua e delle reti tecnologiche. I nodi individuano i punti di intersezione tra gli archi, ad esempio incroci, bacini e punti di diramazione in genere.

In generale per i criteri di rappresentazione delle intersezioni valgono le indicazioni relative al livello 1 del DM 01.06.2001 nr. 6

Il grafo stradale deve essere creato per tutte le classi indicate nei successivi capitoli. La quota associata al grafo stradale è quella propria dell'asse stradale. Per esso sono da rispettare le tolleranze altimetriche e planimetriche.

Il grafo ferroviario deve essere completo, anche per le linee ancora armate ma non più in esercizio. Deve essere verificata la congruenza altimetrica con il grafo stradale in corrispondenza delle intersezioni (passaggi a livello o altro).

Il grafo dell'idrografia deve estendersi anche agli impluvi minori sino a quando essi hanno interesse significativo per la regolazione ed il monitoraggio dei movimenti d'acqua. Per l'interpretazione di tale fattore la Ditta deve preventivamente accordarsi con la Direzione Lavori.

Nelle aree ove esistono database a scala 1:1000 o 1:2000, i nuovi grafi devono connettersi a quelli esistenti.

### 4.2. Quotatura degli oggetti da restituire

Tutti gli altri punti delle primitive geometriche del database topografico sono memorizzati con tre coordinate: le coordinate cartografiche est e nord e la quota ortometrica.

Per quanto riguarda gli edifici si è già detto in precedenza. Per tutti gli altri oggetti, la quota dei vertici deve essere quella al suolo, indipendentemente dall'estensione in altezza dell'oggetto rappresentato. Solo gli elementi di seguito riportati fanno eccezione a tale regola:

Diga	Va quotata in corrispondenza della proiezione a terra dell'involuppo del profilo esterno della diga.
Ponte, sovrappasso Viadotto, cavalcavia	Vanno quotati in corrispondenza della quota effettiva del manufatto sospeso.
Aggetto, porticato, terrazzo Scalinata, scala Tettoia, pensilina	Va riportata la quota effettiva di ciascun vertice (non la proiezione a terra).
Piscina	Va quotata in corrispondenza del suo bordo.
Impianto a fune Linea elettrica	Va riportata la quota effettiva di ciascun vertice, in corrispondenza degli appoggi.
Muri (esclusi muri di sostegno)	Vanno quotati in sommità.
Siepi	Vanno quotate in sommità.

### 4.3. Le congruenze della carta

Spesso, a causa per esempio del fatto che le marche degli strumenti restitutori hanno una loro dimensione fisica non euclidea, un punto, che fisicamente ha un'unica definizione, finisce purtroppo con l'essere memorizzato nei file di restituzione con tante coordinate, tra loro leggermente differenti, quante sono le varie occasioni nell'ambito delle quali esso viene di fatto





utilizzato per definire o per chiudere delle entità.

Vista la necessità di dover gestire la cartografia in formato numerico in ambito GIS, quanto sopra esposto non può però essere, in generale, consentito.

Sarà pertanto compito della Ditta, durante tutte le seguenti fasi dei lavori, provvedere a porre in atto tutti gli interventi che si renderanno necessari a garantire il rispetto delle congruenze, in modo che gli elementi con caratteristiche di superfici non generino delle sovrapposizioni, quando non dovuto. Ciò dovrà essere eseguito anche per quegli elementi che dal punto di vista esclusivamente cartografico potrebbero generare delle eccezioni: ad esempio, una area a bosco non può sovrapporsi ad un'area stradale, anche se tale fatto dovesse verificarsi per strisce di terreno inferiori alla tolleranza cartografica.

Sarà responsabilità della Ditta utilizzare delle procedure di lavoro che permettano il raggiungimento di tale scopo.

#### 4.3.1. Geometria delle polilinee

Le polilinee devono contenere il minor numero di vertici che consenta di rispettare i vincoli geometrici e le tolleranze nominali. Ciò vale sia per gli elementi lineari (*PolylineZ*), sia per gli elementi areali (*PolygonZ*). Inoltre non sono ammessi:

- **Punti sovrapposti**, cioè vertici consecutivi di una stessa polilinea con le stesse coordinate planimetriche.
- **Lati consecutivi sovrapposti** (totalmente o in parte) e **Lati intrecciati**, cioè intersezioni tra segmenti appartenenti alla stessa polilinea.

#### 4.3.2. Tolleranza nominale della carta

In generale vanno rappresentati tutti gli oggetti previsti le cui dimensioni superino la tolleranza nominale della carta fissata in 0,4 mm.

### 4.4. Copertura areale del territorio

Gli oggetti con estensione spaziale (superfici) possono essere raggruppati in due categorie, in funzione del fatto che concorrano o meno alla copertura areale del territorio, che definiremo *zone mutuamente esclusive* e *zone sovrapposte*.

#### 4.4.1. Zone mutuamente esclusive

Appartengono a questa categoria gli oggetti che concorrono a formare una copertura areale del territorio.

Tali elementi individuano costruzioni, strade o ferrovie, corsi d'acqua e bacini e zone del territorio ad uso particolare oppure con connotazioni specifiche, come prati, boschi, campi, ecc....

Per la natura di tali oggetti e per l'utilizzo che di essi verrà fatto nel sistema informativo, è essenziale che fra di essi non vi siano mai sovrapposizioni.

Va ribadito che tale regola va rispettata anche quando un oggetto fosse completamente contenuto (planimetricamente) all'interno di un altro. Nel caso ad esempio di una casa in un prato, la casa comporta sempre un'area di esclusione (buco) all'interno del prato, anche se il prato circonda completamente la casa. Non è cioè consentito in nessun caso estendere il prato al di sotto della casa.).



#### 4.4.2. Elenco delle zone mutuamente esclusive

Appartengono a questa categoria gli oggetti che concorrono a formare una copertura areale del territorio e che non devono quindi mai sovrapporsi. Si riporta di seguito un elenco indicativo degli oggetti che non devono essere sovrapposti.

Zona di censura militare
Area Idrica (fiume)
Argine
Canale
Area idrica (bacino)
Palude, stagno
Diga
Pascolo, prato, alpeggio
Canneto
Bosco
Vigneto, orto
Frutteto
Vivaio
Incolto
Giardino, parco, Giardino pubblico
Discarica
Cava
Scarpata
Roccia
Nevaio
Ghiaione, pietraia
Tracciato ferroviario
Parco ferroviario
Parcheggio
Stazione di servizio
Strada pavimentata
Strada sterrata
Incrocio pavimentato
Incrocio sterrato
Bastione, muro di città
Edificio agricolo/fienile
Edificio di servizio
Serra
Box, autorimessa, baracca
Scalinata, Scala
Edificio civile, culturale/sociale, amm.vo
Edificio di culto
Edificio industriale/commerciale
Torre, ciminiera, silo
Struttura in superficie di locale interrato
Impianto speciale





Per la natura degli oggetti elencati e per l'utilizzo che di essi verrà fatto nel sistema informativo, è essenziale che tra di essi non vi siano mai sovrapposizioni.

La mutua esclusione vale per qualunque combinazione di oggetti definiti nell'elenco sopra riportato.

#### 4.4.3. Zone sovrapposte

Appartengono a questa categoria gli oggetti che individuano macroaggregazioni di altri oggetti e che fanno quindi da supporto ad altri oggetti. Essi delimitano zone potenzialmente variegata, ma con una qualche caratteristica di omogeneità tipicamente legata alla destinazione d'uso (appartengono tutti alla classe. Urbanistica), come ad esempio aeroporti, cimiteri, zone sportive, ecc.

Relativamente alle zone di tali categorie, vanno comunque rilevati gli oggetti presenti al loro interno (edifici, aiuole, campi sportivi ecc.), come viene fatto per il resto del territorio.

Da notare infine le superfici corrispondenti ai ponti che generano, di regola, superfici sovrapposte.

Per quanto riguarda le strade e i fiumi che risultano coperti da altri elementi cartografati, vanno riportati nelle relative geometrie ricavate in modo logico (approssimato) cioè senza misure topografiche integrative eseguite in sito, con l'aiuto della ricognizione visiva, in modo da soddisfare le esigenze dei grafi e di topologie analoghe. A tali elementi va assegnato un metadato relativo alla precisione differente (SCALA\_NOM); analogo approccio va utilizzato per tutti gli elementi che servono alla realizzazione di grafi.

## 5. STRUTTURA DEL DATABASE TOPOGRAFICO – CONTENUTO DEL DATA BASE – REPERTORIO DEGLI ELEMENTI E DELLE ENTITA' – CONTENUTI E CODICI DELLA CARTOGRAFIA NUMERICA IN SCALA 1.5.000

### 5.1. Il formato SHAPE

Ogni shapefile si compone di tre file fisici aventi lo stesso nome ma estensioni diverse. Il primo file contiene la geometria degli oggetti, ed ha estensione *.shp*; il secondo contiene la tabella degli attributi alfanumerici in formato *dBASE®* ed ha estensione *.dbf*; l'ultimo è un file indice sulla geometria ed ha estensione *.shx*. La relazione tra i file è uno a uno, basata sul numero di record. Ciascuno shapefile può contenere soltanto una tipologia geometrica di oggetti.

Le tipologie geometriche di interesse per il presente lavoro sono le seguenti:

- PointZ:** geometria puntuale tridimensionale;
- PolylineZ:** geometria lineare tridimensionale;
- PolygonZ:** geometria poligonale tridimensionale.

### 5.2. Suddivisione in classi degli Shapefile

Gli oggetti vanno suddivisi, oltre che in funzione della geometria, anche in funzione della classe di



appartenenza (identificata dalle prime due cifre del codice).  
Sono state definite le seguenti classi:

CODICE	CLASSE
00	Informazioni geodetiche e fotogrammetriche
01	Confini Amministrativi
02	Idrografia
03	Copertura suolo
04	Urbanistica
05	Infrastrutture
06	Costruzioni
07	Orografia
09	Reti
10	Testi e simboli

Tabella - Codifica delle classi

Ciò significa che esisterà uno shapefile distinto per ogni combinazione prevista di geometria/classe.

### 5.3. Denominazione degli Shapefile di restituzione

I nomi degli shapefile vanno generati secondo il seguente schema:

- Pyyzz Shapefile con geometria puntuale
- Lyyzz Shapefile con geometria lineare
- Fyyzz Shapefile con geometria areale
- Ayyzz Shapefile con geometria testuale

Dove yy è il codice della classe e zz è un codice progressivo che individua il lotto di restituzione. Tale codice progressivo si compone di due lettere (dell'alfabeto inglese). La numerazione procede in ordine lessicografico crescente: a, b, c, ..., v, w, x, y, z.  
cioè: aa < ab < ac < ... < za < zb < ... < zz.

### 5.4 Attributi degli Shapefile

Uno Shapefile contiene sia informazioni di tipo grafico, relative alla geometria degli oggetti da rappresentare, sia informazioni di tipo alfanumerico. Queste ultime definiscono proprietà specifiche degli oggetti, o delle modalità di rilevazione degli stessi.

Le informazioni alfanumeriche associate agli oggetti grafici verranno d'ora in poi chiamate attributi.

#### 5.4.1. Struttura degli attributi

La tabella riporta la struttura dei campi alfanumerici degli shapefile. Si noti che tale tabella contiene l'unione dei campi possibili per tutti gli oggetti, mentre per ogni oggetto verrà compilato solo un sottoinsieme di tali attributi, secondo quanto specificato in seguito.





Attributi degli shapefile	
Campo	Tipo
<b>FEATURE_ID</b>	NUMBER(6)
<b>CODE</b>	NUMBER(2)
<b>SUB_TYPE</b>	NUMBER(2)
<b>DATUM</b>	DATE()
<b>CODE_DITTA</b>	NUMBER(3)
<b>SCALA_NOM</b>	NUMBER(5)
<b>OBJECTID</b>	NUMBER(9)
<b>COD_ISTAT</b>	NUMBER(6)
TEXT	TEXT(255)
TEXT_CODE	NUMBER(10)
ALT	NUMBER(10,2)
ID_STRADA	NUMBER(10)
ANGOLO	NUMBER(4)

tabella - Attributi degli shapefile. I campi riportati in neretto devono essere compilati per ogni oggetto rilevato. Gli altri vanno compilati selettivamente per ogni oggetto secondo quanto riportato in "Elenco Codifiche"

I primi otto campi riportati in neretto sono comunque obbligatori per tutti gli oggetti e vanno sempre compilati.

#### 5.4.2. Contenuto degli attributi

Campi obbligatori per tutti gli oggetti:

**FEATURE\_ID:** contiene le prime 6 cifre del codice riportato in "Elenco codifiche". Non individua quindi univocamente un oggetto, ma un gruppo di oggetti.

**CODE:** contiene le ultime due cifre del codice riportato in "Elenco codifiche"

**SUB\_TYPE:** contiene la seconda coppia di cifre del codice riportato in "Elenco codifiche".

Esempio: un capitello[codice esteso: 06090100] ha la seguente codifica:

FEATURE\_ID = 060901  
CODE = 00  
SUB\_TYPE = 09

**DATUM:** contiene la data del rilievo.

**CODE\_DITTA:** contiene il codice identificativo della Ditta che effettua il rilievo. Tale codice viene fornito dalla D.L..

**SCALA\_NOM:** contiene il codice relativo al tipo di rilievo effettuato per la misura dell'oggetto, secondo quanto riportato, ed è legato alla precisione del rilievo. Contattare la direzione lavori per la fornitura di nuovi codici, qualora quelli forniti fossero inadeguati ad esigenze specifiche.

**OBJECTID:** Identificativo progressivo univoco dell'oggetto: l'univocità deve essere garantita all'interno della classe di appartenenza dell'oggetto

**COD\_ISTAT:** codice ISTAT del comune a sei cifre, nella forma xxxyyy, dove xxx è il codice della Provincia, yyy il codice del comune all'interno della Provincia..



CENTRO CARTOGRAFICO REGIONALE

Database Topografico e Carta Fotogrammetrica Numerica alla  
scala 1:5.000

00000	Vertici catastali di classe 0
00001	Vertici catastali di classe 1
-	---
00009	Vertici catastali di classe 9
00050	Caposaldo di livellazione IGM
00051	Vertice IGM95 solo planimetrico
00052	Vertice IGM95 con quota ortometrica
00053	Punto di appoggio a terra
00054	Punto di legame da triangolazione aerofotogrammetrica
00105	Vertici con tolleranza sulle tre dimensioni inferiore a 5cm
00110	Vertici con tolleranza sulle tre dimensioni inferiore a 10 cm
00120	Vertici con tolleranza sulle tre dimensioni inferiore a 20 cm
00500	Misura aerofotogrammetrica a scala nominale 1:500
01000	Misura aerofotogrammetrica a scala nominale 1:1000
02000	Misura aerofotogrammetrica a scala nominale 1:2000
05000	Misura aerofotogrammetrica a scala nominale 1:5000
10000	Misura aerofotogrammetrica a scala nominale 1:10000
25000	Misura aerofotogrammetrica a scala nominale 1:25000
50000	Misura aerofotogrammetrica a scala nominale $\geq 1:50000$
99999	Misura con precisione non specificabile

tabella - Codifica dell'attributo SCALA\_NOM

**Campi specifici per sottoclassi di oggetti**

I campi seguenti sono specifici dei singoli oggetti e vanno compilati solo quando richiesti.

TEXT	Campo presente solo in oggetti della classe 10 (annotazioni e simboli). Contiene il testo descrittivo bi-(tri)lingue.
TEXT_CODE	Codice fornito dalla direzione lavori per determinati oggetti
ALT:	Altezza assoluta / quota
ALT_REL:	Altezza relativa in metri
ID_STRADA:	codice della strada
ANGOLO:	Campo presente solo in oggetti della classe 10 (annotazioni e simboli). Contiene l'angolo di orientazione del simbolo, misurato in senso antiorario.





## 6. SPECIFICHE DI RESTITUZIONE DEGLI OGGETTI

Il catalogo degli oggetti da rilevare con relative codifiche è riportato in "Codici per il Database Topografico". Il presente capitolo contiene una descrizione di dettaglio della codifica richiesta per gli oggetti definiti nel suddetto elenco, con la precisazione che per tutti gli oggetti aventi lo stesso codice vale la stessa descrizione di dettaglio.

### 00 - Informazioni geodetiche e fotogrammetriche

Riunisce le informazioni di carattere geodetico (reti planimetriche, reti altimetriche, ...) e le informazioni sulle coperture cartografiche e fotogrammetriche dei territori

#### 0001 - Informazioni geodetiche

Riunisce le informazioni di carattere geodetico (reti planimetriche, reti altimetriche, ...), sia appartenenti alle reti nazionali, sia appartenenti alle dotazioni di carattere locale. Vengono inserite nel DB al momento dell'istituzione/messa in opera, e conservano il loro nome/codice nelle successive utilizzazioni.

##### 000101 Vertice di rete

Vertice di reti geodetiche inquadrato nel sistema geodetico ETRF89 (Ellissoide WGS84)

00010101	Vertice IGM95	--P
00010102	Vertice IGM o IIM	--P
00010103	Vertice Catastale	--P
00010104	Vertice Raffittimento regionale/provinciale	--P
00010105	Vertice Raffittimento di altri Enti	--P
00010106	Punto di Dettaglio	--P

Vanno fornite le seguenti informazioni:

Ente realizzatore  
 Identificatore  
 Quota ortometrica  
 Quota ellissoidica  
 Anno istituzione/verifica

##### 000102 Caposaldo

Caposaldo delle reti di livellazione

00010201	IGM o IIM	--P
00010202	Catastale	--P
00010203	Raffittimento regionale/provinciale	--P
00010204	Raffittimento di altri Enti	--P
00010205	Dettaglio	--P

Vanno fornite le seguenti informazioni:

Ente realizzatore  
 Identificatore  
 Quota ortometrica  
 Quota ellissoidica  
 Anno istituzione/verifica


**000103 Punto di appoggio fotogrammetrico**

Punto utilizzato per l'appoggio fotogrammetrico, purché verificato in un procedimento di Triangolazione Aerea

00010300	Punto di appoggio fotogrammetrico	--P
----------	-----------------------------------	-----

Vanno fornite le seguenti informazioni:

Ente realizzatore

Identificatore

Quota ortometrica

Quota ellissoidica

Anno istituzione/verifica

**000104 Punto di legame in Triangolazione Aerea**

Punto di legame tra modelli stereoscopici e/o fotogrammi, nei procedimenti di Triangolazione Aerea

00010400	Punto di legame in TA	--P
----------	-----------------------	-----

Vanno fornite le seguenti informazioni:

Ente realizzatore

Identificatore

Quota ortometrica

Quota ellissoidica

Anno istituzione/verifica

**000105 Punto fiduciale catastale**

Punto della rete dei Punti Fiduciali del Catasto (Agenzia del Territorio)

000105xx	Punto fiduciale catastale	--P
----------	---------------------------	-----

Vanno fornite le seguenti informazioni:

Tipologia Verifica (T.A., GPS)

Ente realizzatore

Identificatore

Quota ortometrica

Quota ellissoidica

xx Attendibilità

Anno istituzione/verifica

**0002 Informazioni cartografiche**

Riunisce le informazioni relative alla dotazione cartografica dei luoghi



**0003 Informazioni fotogrammetriche**

Riunisce le informazioni relative alle varie coperture fotogrammetriche che hanno interessato la zona

**000301 Asse di volo**

Asse della ripresa aerea

Segmento indicante l'inizio e la fine della strisciata; nel caso di adozione di apparato satellitare a bordo può essere costituito dalla spezzata i cui vertici coincidono con i centri di presa.

00030100	Asse di Volo	-L-
----------	--------------	-----

Vanno fornite le seguenti informazioni:

Ente realizzatore  
Ditta esecutrice  
Identificatore ripresa  
Codice strisciata  
Data ripresa  
Quota volo  
Codice camera fotogrammetrica  
Distanza principale  
Numero fotogramma iniziale  
Numero fotogramma finale

**000302 Centri di presa**

Centri di presa dei singoli fotogrammi

00030101	Centro di Presa	--P
----------	-----------------	-----

Vanno fornite le seguenti informazioni:

Identificatore ripresa (assicura il collegamento con la Classe "Asse di volo")

Codice strisciata

Numero fotogramma

Quota ortometrica

Quota ellissoidica

Omega (Componente di orientamento Omega)

Phi (Componente di orientamento Phi)

Kappa (Componente di orientamento Kappa)

**01 – Elementi amministrativi****0100 Confini amministrativi**

01000100	Confine di Stato	-L-
01000200	Confine di Regione	-L-



01000300	Confine di Provincia	SL-
01000400	Confine di Comunità Montana	SL-
01000500	Confine di Comune Amministrativo	SL-
01000600	Confine di Comune Catastale	SL-

**Attributi:** TEXT\_CODE: contiene il codice identificativo dell'area amministrativa eventualmente fornito dal committente.

Devono essere memorizzate le aree di delimitazione dei comuni come rilevate dalle mappe catastali; in alternativa, soprattutto in funzione della scala nominale di restituzione, tali dividenti vanno richieste direttamente alla committenza.

## 02 - Idrografia

Nella rappresentazione dell'idrografia va posta particolare attenzione alla delimitazione di corsi d'acqua e bacini, in quanto il livello dell'acqua varia nel corso dell'anno. Vale comunque la regola che la superficie del bacino o corso d'acqua (area idrica) sarà sempre la superficie contenente lo specchio d'acqua, più l'area non bagnata facente parte del greto e presumibilmente bagnata durante periodi di piena: area di massimo invaso. Ogni altra classificazione attigua all'acqua (palude, canneto, argini, ecc.) sarà esterna alla superficie del greto. Di norma un corso d'acqua è contenuto dagli argini.

### 0205 Corsi d'acqua

02050103	Canale	SL-
02050310		
02050201	Area idrica naturale (corso d'acqua)	SL-
02050101	Area idrica artificiale	
02050206	Impluvio	-L-
02050205	Linea di erosione dei calanchi	-L-

**Attributi:** TEXT\_CODE: contiene il codice identificativo del corso d'acqua eventualmente fornito dal committente.

In questo livello devono essere memorizzate le aree idriche in relazione alla loro effettiva conformazione morfologica. L'area idrica è da intendersi come quell'area corrispondente al letto del corso d'acqua delimitato dalle scarpate o argini di contenimento, tale area deve essere memorizzata quando la sua larghezza media risulti superiore alla tolleranza nominale della carta. Al verificarsi di tali condizioni deve essere assicurata la continuità dell'area anche in corrispondenza di eventuali strozzature. In caso di larghezze inferiori alla tolleranza nominale della carta tale oggetto è da rappresentare come elemento lineare-. L'area idrica viene completata da "chiusure" fittizie in corrispondenza dei seguenti punti:

- raccordo con la mezzeria dei tratti non rappresentabili come aree;
- confluenza o biforcazione con altre aree idriche;
- immissione in un lago;
- emissione da un lago;
- diga o sbarramento.

In corrispondenza della confluenza fra due corsi d'acqua, la linea di chiusura fittizia coincide con il prolungamento ideale della linea di costa del corso principale ed è rappresentata da un unico





segmento di retta, identificato dai due estremi. La chiusura fittizia, in corrispondenza di immissari o emissari, coincide con il proseguimento ideale della sponda. Gli archi dei tratti di chiusura fittizia devono essere invisibili.

02050203	Corso d'acqua (livello acqua)	S--
----------	-------------------------------	-----

Attributi: **TEXT\_CODE**: contiene il codice identificativo del bacino eventualmente fornito dal committente.

Si rappresenta esclusivamente l'area bagnata, s'intende quindi l'area all'interno del greto del corso d'acqua occupata da acqua al momento della ripresa fotogrammetrica. Questa categoria si sovrappone o è sempre contenuta nella superficie dell' *area idrica (fiume)* che rappresenta l'area di massimo invaso.

02050430	Argine	SL-
02050400		
02059900		
02050401	Scarpata d'argine (piede)	-L-
02050408	Protezioni longitudinali	SL-
02050409		
02050440		
02059910	Legami testa/piede	-L-

Si definisce il piede quando la larghezza della scarpata in proiezione è superiore a 0.6 mm grafici

02050500	Sorgente	--P
----------	----------	-----

Attributi: **TEXT**: contiene la denominazione della sorgente eventualmente fornita dal committente.

Le sorgenti sono rappresentate da punti in corrispondenza del punto di fuoriuscita dell'acqua dal terreno.

02050700	Cascata, rapida	SL-
----------	-----------------	-----

Attributi: **ALT**: quota a terra a monte della cascata

Tali elementi saranno del tipo lineare se in proiezione verticale presenteranno una dimensione inferiore alla tolleranza nominale della carta.

## 0210 Bacini

02100100	Area idrica (bacino)	S--
----------	----------------------	-----

Attributi: **TEXT\_CODE**: contiene il codice identificativo del bacino eventualmente fornito dal committente.

02100602	Palude, stagno	S--
----------	----------------	-----

Per palude o stagno si intende un'area inondata, con vegetazione acquatica di vario tipo. Nel caso la vegetazione sia prevalentemente composta da canne palustri l'area verrà classificata come canneto. La superficie minima dovrà essere superiore a 400 metri quadrati

02100410	Diga	SL-
02100400		
02100402		



Per *diga* si intende la proiezione a terra del perimetro esterno delle opere civili formanti la diga. La delimitazione della diga verso il bacino artificiale coincide planimetricamente con la delimitazione della classe "Bacino (livello acqua)".

02100600	Bacino - Lago (livello acqua)	S--
02100608		

Attributi: **TEXT\_CODE**: contiene il codice identificativo del bacino eventualmente fornito dal committente.

La superficie del *Bacino livello acqua* è data dal limite della superficie coperta da acqua al momento della ripresa aerofotogrammetrica. Questa categoria si sovrappone ed è sempre contenuta nella superficie del *area idrica (bacino)* che è l'area di massimo invaso.

02100401	Diga (limite parte sommitale)	-L-
----------	-------------------------------	-----

Attributi: **ALT\_REL**: altezza relativa massima della diga.

Il *limite della parte sommitale* è la linea che divide l'area del manufatto della diga in più porzioni, con inclinazione diversa (esterno ed interno inclinati e sommità orizzontale).

02100604	Saline	SLP
02100606	Vasca Piscicoltura	
02100700	Briglia, pescaiola	
02100800	Chiusa	

Attributi: **ALT\_REL**: altezza relativa massima della briglia o chiusa.

### 0209 Coste marine naturali

02090100	Linea di costa	-L-
02090200	Laguna	-L-
02090300	Scogliere	S--
02092200	Scogliere non a misura	-L-
02090400	Secche affioranti	S--
02090500	Scogli affioranti	S--

Nei livelli di questa sottoclasse vengono acquisite in forma lineare le linea di costa, le lagune e le scogliere non a misura; in forma poligonale le scogliere, le secche e gli scogli affioranti.

Nella descrizione delle linee di costa dovranno essere differenziati i tratti di linea posti in corrispondenza di particolari planimetrici (pontili, banchine, dighe foranee, ecc.) in modo tale da evidenziare i tratti invisibili (codice livello +i)

### 0206 Coste e rive artificiali

02061500	Scogliere frangiflutti	S--
02060100	Banchina, molo	SL-
02060200	Banchina isolata	SL-
02061100	Calata	SL-