



## **Comune di Cinisello Balsamo**

**Settore Gestione del Territorio – Servizio Urbanistica**

**Settore Informatico – Ufficio SIT**

**Specifiche tecniche per il  
Capitolato speciale d'appalto  
per l'affidamento del servizio relativo  
all'esecuzione del rilievo aerofotogrammetrico  
numerico e per la creazione del DB topografico  
alla scala 1:1000**

## INDICE

<b>1 ASPETTI GENERALI .....</b>	<b>4</b>
1.1 PREMessa.....	4
1.2 OGGETTO E MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI LAVORI .....	4
1.2.1 Oggetto del lavoro.....	4
1.2.2 Sistema di riferimento.....	4
1.2.3 Definizione geometrica e contenuti.....	4
1.2.4 Modalità tecniche d'esecuzione .....	4
1.3 PRECISIONI METRICHE DEL DATABASE TOPOGRAFICO.....	5
1.3.1 Tolleranze planimetriche e altimetriche.....	5
<b>2 RIPRESA FOTOGRAMMETRICA.....</b>	<b>7</b>
2.1 CARATTERISTICHE DEI VELIVOLI .....	7
2.2 CARATTERISTICHE DELLE CAMERE DA PRESA .....	7
2.3 CARATTERISTICHE DEL MATERIALE FOTOGRAFICO.....	7
2.4 CARATTERISTICHE DELL'EVENTUALE SCANSIONE .....	8
2.5 CARATTERISTICHE METRICHE DEI FOTOGRAMMI .....	8
2.6 EPOCA DEL VOLO.....	9
2.7 PIANO DI VOLO.....	10
2.8 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLA RIPRESA FOTOGRAMMETRICA.....	10
<b>3 INQUADRAMENTO PLANIMETRICO ED ALTIMETRICO, APPOGGIO E TRIANGOLAZIONE AEREA .....</b>	<b>11</b>
3.1 GENERALITA'.....	11
3.2 INQUADRAMENTO PLANIMETRICO ED ALTIMETRICO .....	11
3.3 PUNTI D'APPOGGIO .....	11
3.4 PUNTI DI LEGAME.....	12
3.5 DETERMINAZIONE DEI PUNTI D'APPOGGIO.....	12
3.6 MISURA E CALCOLO DELLA TRIANGOLAZIONE AEREA .....	13
3.7 MONOGRAFIE DEI PUNTI D'APPOGGIO E DEI PUNTI DI LEGAME.....	14
3.8 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLE OPERAZIONI DI APPOGGIO FOTOGRAMMETRICO .....	14
3.9 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLA TRIANGOLAZIONE AEREA.....	15
<b>4 CELERIMENSURA.....</b>	<b>16</b>
4.1 OPERAZIONI DI CELERIMENSURA .....	16
4.2 POLIGONALI DI INTEGRAZIONE.....	16
4.3 SCASSONAMENTO.....	16
4.4 ELABORAZIONE DELLA CELERIMENSURA.....	17
4.5 MONOGRAFIE .....	18
4.6 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLA CELERIMENSURA .....	18
<b>5 RESTITUZIONE.....</b>	<b>19</b>
5.1 STRUMENTO RESTITUTORE.....	19
5.2 CARATTERISTICHE DELLA RESTITUZIONE.....	19
5.3 IDONEITÀ DELLO STRUMENTO RESTITUTORE.....	19
5.4 SISTEMA DI RESTITUZIONE.....	19
5.5 OPERATORE .....	19
5.6 ELEMENTI DA RESTITUIRE.....	20
5.7 ORIENTAMENTO DEI MODELLI.....	20
5.8 FILE DI RESTITUZIONE.....	20
5.9 RAPPRESENTAZIONE GRAFICA.....	20
5.10 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLA RESTITUZIONE .....	20
<b>6 GENERAZIONE DEL DTM.....</b>	<b>22</b>
6.1 GENERALITÀ.....	22
6.2 DATI DA ACQUISIRE PER IL TIN .....	22
6.3 FASE DI VERIFICA E POST-EDITING .....	23
6.4 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLA GENERAZIONE DEL DTM.....	24
<b>7 RICOGNIZIONE.....</b>	<b>25</b>
7.1 GENERALITA'.....	25
7.2 INTEGRAZIONE METRICA .....	25
7.3 INTEGRAZIONE INFORMATIVA .....	25
7.4 RACCOLTA DELLA TOPONOMASTICA E DI ELEMENTI INFORMATIVI .....	25

7.5 RIPORTO DEI LIMITI AMMINISTRATIVI .....	26
7.6 ORIGINALE DI RICOGNIZIONE .....	26
7.7 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLA RICOGNIZIONE.....	26
<b>8 OPERAZIONI DI EDITING E STRUTTURAZIONE DEL DATABASE.....</b>	<b>27</b>
8.1 LA FASE DI EDITING .....	27
8.2 SUPPORTI DI FORNITURA DEI DATI NUMERICI NEL CORSO DEI LAVORI.....	27
8.3 STRUTTURA DEI DATI NUMERICI FINALI .....	27
8.4 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELL' EDITING .....	28
8.5 ELABORATI FINALI .....	28
8.6 METADATI.....	28
8.7 CONSEGNA FINALE .....	29
<b>9 COLLAUDO .....</b>	<b>30</b>
9.1 COLLAUDO DELLE DIVERSE FASI.....	30
9.1.1 <i>Collaudo della ripresa fotogrammetrica.....</i>	<i>30</i>
9.1.2 <i>Collaudo della fase d'inquadramento planimetrico ed altimetrico, e dell'appoggio .....</i>	<i>30</i>
9.1.3 <i>Collaudo della fase di Triangolazione Aerea.....</i>	<i>30</i>
9.1.4 <i>Collaudo della fase di Celerimensura .....</i>	<i>30</i>
9.1.5 <i>Collaudo del DTM.....</i>	<i>30</i>
9.1.6 <i>Collaudo della restituzione .....</i>	<i>31</i>
9.1.7 <i>Collaudo della ricognizione .....</i>	<i>31</i>
9.1.8 <i>Collaudo dell'editing e del formato dei dati .....</i>	<i>31</i>
9.1.9 <i>Collaudo finale sul terreno .....</i>	<i>32</i>
9.2 VERBALE DI COLLAUDO FINALE .....	32

## **1 ASPETTI GENERALI**

### **1.1 PREMESSA**

Le presenti specifiche tecniche hanno lo scopo di normare l'esecuzione della produzione del database topografico con metodologia fotogrammetrica. Sono quindi descrittive della fase di processo. Il riferimento costante è ai documenti 1007\_x emessi da INTESA GIS / WG 01 allegati (di seguito indicati come "Specifiche di contenuto"), che stabiliscono la qualità del prodotto nei suoi principi. Quanto definito nel seguito può essere eventualmente variato, in funzione di prassi operative che verranno ad essere consolidate dall'evoluzione delle tecniche del settore. Particolari modalità di lavoro proposte dalla Ditta esecutrice verranno eseguite solo se preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

### **1.2 OGGETTO E MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI LAVORI**

#### **1.2.1 Oggetto del lavoro**

Le presenti specifiche tecniche sono finalizzate alla produzione di un database topografico alla scala 1:1000. La modalità di generazione delle geometrie che devono supportare le altre informazioni è quella tipica della produzione cartografica, cioè la restituzione fotogrammetrica numerica diretta dei fotogrammi aerei. Non sono quindi considerate accettabili le operazioni di digitalizzazione di cartografie esistenti. Allo scopo di rendere più agevoli i riattacchi planimetrici e altimetrici (DTM) fra database topografici confinanti, è richiesto che la restituzione sia estesa per 5 cm grafici all'esterno del limite di individuazione dell'oggetto del rilievo (confine amministrativo o altro).

#### **1.2.2 Sistema di riferimento**

Nella produzione del database topografico verranno utilizzati:

- il sistema geodetico (Datum) ETRF89 (Ellissoide WGS84);
- la rappresentazione conforme UTM (coordinate cartografiche UTM-WGS84).

La determinazione dei punti d'appoggio dovrà essere eseguita sempre in tale sistema di riferimento.

Per tali punti dovranno sempre essere determinate sia la quota ellissoidica (WGS84) sia la quota sul livello medio del mare. In stereorestituzione dovrà essere impiegata la quota sul livello medio del mare; in tutti i passaggi geodetici e topografici, sino alla fase di restituzione esclusa, per tutti i punti saranno da determinare le quote ellissoidiche e da esse saranno poi determinate le quote sul livello medio del mare (Genova 1942 per il continente).

Per la trasformazione da UTM-WGS84 a Gauss-Boaga e per l'ondulazione geoidica devono essere utilizzati i software ed i grigliati di trasformazione pubblicati dall'I.G.M. nella loro versione più recente.

I tagli cartografici sono definiti come sottomultipli delle Sezioni scala 1:25.000 dell'I.G.M. nel nuovo taglio WGS84.

#### **1.2.3 Definizione geometrica e contenuti**

Il contenuto del database topografico è costituito dagli elementi di territorio di origine naturale o artificiale esistenti alla data della ripresa aerea e descritti nelle Specifiche di Contenuto.

I punti memorizzati che andranno a rappresentare gli oggetti esistenti secondo strutture a punti, linee, poligoni e testi, saranno geometricamente definiti da una terna di coordinate.

Tali coordinate devono ottenersi direttamente in forma numerica dal modello stereoscopico ricostruito mediante restitutore analitico o digitale, eventualmente da integrarsi successivamente, ma sempre direttamente in forma numerica, in fase di editing tramite idoneo rilievo in sito.

#### **1.2.4 Modalità tecniche d'esecuzione**

Le modalità tecniche con le quali dovrà essere eseguito il database topografico sono quelle proprie dell'aerofotogrammetria, integrate da quelle relative alla numerizzazione dei dati, secondo le seguenti fasi:

- ripresa fotogrammetrica;
- determinazione dei punti d'appoggio;
- celerimensura;
- triangolazione aerea;
- restituzione fotogrammetrica numerica;
- generazione del DTM;
- ricognizione;
- editing grafico ed alfanumerico;
- predisposizione degli elaborati finali.

### 1.3 PRECISIONI METRICHE DEL DATABASE TOPOGRAFICO

#### 1.3.1 Tolleranze planimetriche e altimetriche

Si definisce come “scarto” la differenza tra la coordinata nel DB di un punto e il valore di riferimento di tale coordinata. Il valore di riferimento deve essere acquisito con una modalità operativa tale da garantire un livello di precisione di un ordine di grandezza più elevato rispetto a quello che ha generato la coordinata nel DB. La risultante delle differenze in est e nord dà luogo allo “scarto planimetrico” e la differenza in quota corrisponde allo “scarto altimetrico”.

Di seguito è definito il  $\sigma$  di riferimento, cioè il valore quadratico medio, per la scala di cartografia 1:1000. La tolleranza è definita pari a  $2\sigma$ . Si considera sempre la distribuzione degli scarti normale e quindi nella fase di verifica il 5% degli scarti in valore assoluto potranno essere superiori alle tolleranze. Per avere ulteriore garanzia di qualità del dato, è prescritto che in nessun caso si possa superare il doppio di tale valore; lo scarto massimo accettabile, in valore assoluto, è quindi pari a  $4\sigma$ .

Nel documento di riferimento (1007\_2) per ogni oggetto del DB è definito il limite di acquisizione, ovvero si specifica quando il particolare deve essere acquisito, e la sua accuratezza, prevista in fase di progetto, espressi come numero di  $\sigma$  (esempio  $1\sigma$ ,  $3\sigma$ , ...).

##### 1.3.1.1 Valore quadratico medio

Per quanto riguarda il contenuto planimetrico del DB topografico, il valore quadratico medio di riferimento è il seguente:  $\sigma = 0.30$  m

Per quanto riguarda il contenuto altimetrico del DB topografico, il valore quadratico medio di riferimento è il seguente:  $\sigma = 0.30$  m

##### 1.3.1.2 Tolleranze di posizione di un punto

Di seguito viene definito il valore limite per la risultante degli scarti pari a  $2\sigma$ , per il valore medio degli scarti pari a  $1/2\sigma$  e per la deviazione standard degli scarti pari a  $1\sigma$ .

Sulla base delle coordinate  $E'(p)$  e  $N'(p)$  di un punto P ricavate dai file e le coordinate  $E(p)$  e  $N(p)$  dello stesso punto P ricavate sul terreno con criteri operativi tali per cui gli errori siano di gran lunga minori di quelli propri della restituzione fotogrammetrica, per punti definiti con livello di accuratezza pari ad  $1\sigma$ , si dovrà verificare che:

- per l'95% dei punti la risultante delle differenze in Est e in Nord sia inferiore a 0.60 m;
- il valore medio delle differenze sia in Est che in Nord fra le due determinazioni sia compreso fra  $\pm 0.10$  m;
- la deviazione standard delle differenze sia in Est che in Nord fra le due determinazioni risulti inferiore a  $\pm 0.20$  m.

Seguendo lo stesso approccio per la dimensione altimetrica, sulla base della coordinata altimetrica  $Q'(p)$  di ogni vertice P costituente un oggetto del file di consegna (punto, linea o superficie) e della corrispondente coordinata  $Q(p)$  dello stesso vertice P ricavate sul terreno con criteri operativi di precisione sopraindicati, per punti definiti con livello di accuratezza pari ad  $1\sigma$ , si dovrà verificare che:

- per il 95% dei punti il modulo della differenza in quota sia inferiore a 0.60 m;
- il valore medio delle differenze in quota fra le due determinazioni sia compreso fra  $\pm 0.15$  m;
- la deviazione standard delle differenze in quota fra le due determinazioni risulti inferiore a  $\pm 0.30$  m.

La statistica, sia altimetrica che planimetrica, dovrà essere effettuata su di un numero significativo di punti, come descritto nelle fasi di collaudo.

Per punti il cui livello di precisione è definito come un multiplo di  $1\sigma$ , i valori corrispondenti devono opportunamente essere modificati con proporzionalità diretta.

##### 1.3.1.3 Tolleranze delle curve di livello

Le seguenti indicazioni sono relative alle restituzioni delle curve di livello con procedure di fotogrammetria classica e non alla generazione delle curve di livello mediante la realizzazione del DTM, come specificato nell'apposito paragrafo.

La rappresentazione dell'andamento altimetrico del terreno mediante curve di livello verrà verificata, in fase di collaudo, ripetendo a campione l'operazione di restituzione fotogrammetrica.

La ripetizione di una curva di livello non dovrà mai dar luogo ad una nuova curva di livello che si discosti, rispetto alla curva di restituzione, più della metà dell'intervallo planimetrico tra la curva in oggetto e quella adiacente; pertanto la tolleranza viene stabilita pari alla metà dell'equidistanza tra le curve stesse.

Per le curve di livello sui terreni coperti da fitta vegetazione la tolleranza cresce di ad un valore pari alla metà dell'altezza media stimata della vegetazione.

#### **1.3.1.4 Tolleranze del DTM**

Le tolleranze che dovranno essere rispettate nella realizzazione del DTM sono le seguenti:

- Il 95% dei punti quotati, e di quelli costituenti le linee di break-line ed i profili dovranno garantire delle differenze rispetto alla loro posizione ricavata con i criteri di precisione sopraindicati, inferiori a 0.40 m per i punti quota e 0.50 m per i profili o break-line;
- la deviazione standard delle differenze tra i punti utilizzati per produrre il DTM e di corrispondenti misurati sul terreno dovrà essere minore di 0.20 m;
- i punti ottenuti mediante interpolazione, nelle zone di terreno scoperto prendendo a riferimento la tolleranza altimetrica (di seguito indicata con T) dei punti quotati, dovranno rientrare:
  - o nel 80% dei casi entro il valore di T;
  - o nel 5% dei casi entro il valore di 2T;
  - o non eccedere in nessun caso il valore 2.5T. Nelle zone di vegetazione ad alto fusto, per la tolleranza altimetrica, deve essere tenuto conto dell'altezza degli alberi (1/4 valore altezza).

Le curve di livello, per privilegiare la rappresentazione grafica, dovranno avere la tolleranza altimetrica prevista al precedente paragrafo 1.3.1.3

La tolleranza planimetrica dei particolari altimetrici deve essere in accordo con quanto previsto dalle specifiche tecniche di acquisizione. Bisogna tenere presente che tale valore influisce indirettamente sulla tolleranza altimetrica e il nuovo  $\sigma_h$  che deve essere preso a riferimento per il collaudo viene incrementato nel modo seguente :  $\sigma_{h\text{ nuovo}}^2 = \sigma_{h\text{ vecchio}}^2 + (0.2\text{mm} * 1/\text{scala} * \text{tg } \alpha)^2$  dove  $\text{tg } \alpha$  è la massima pendenza del terreno (la relazione viene utilizzata per valori di  $\text{tg } \alpha$  pari a poche unità).

## **2 RIPRESA FOTOGRAMMETRICA**

Le riprese aerofotogrammetriche dovranno essere eseguite a colori, dovranno ricoprire correttamente tutto il territorio da rilevare e dovranno avere tutti i requisiti propri della tecnica più aggiornata per l'esecuzione dei rilievi aerofotogrammetrici.

I parametri di scala dei fotogrammi di seguito riportati devono essere modificati in senso restrittivo del 15%. Tale restrizione non si applica nel caso sia previsto l'utilizzo dell'intera catena di produzione fotogrammetrica in formato digitale e, in particolare, se si prevede di utilizzare la triangolazione aerea automatica, con il vincolo che la scansione sia eseguita sui negativi originali.

### **2.1 CARATTERISTICHE DEI VELIVOLI**

Le riprese aeree fotogrammetriche oggetto dei lavori dovranno essere realizzate con velivolo adatto allo scopo.

Nella realizzazione del volo è fatto obbligo:

- del sistema di navigazione GPS per poter eseguire correttamente il piano di volo progettato;
- dell'utilizzo del sistema di compensazione del trascinamento (FMC);
- della taratura e del funzionamento degli strumenti di volo ed in particolare dell'altimetro di bordo.

Nella realizzazione del volo è invece facoltativo:

- l'impiego del dispositivo inerziale per l'acquisizione delle componenti angolari di presa;
- l'impiego di GPS cinematico collegato in modo opportuno con la strumentazione di presa, al fine di determinare le informazioni relative ai centri di presa.

### **2.2 CARATTERISTICHE DELLE CAMERE DA PRESA**

Per le riprese aeree oggetto dei lavori dovranno essere utilizzate camere da presa grandangolari, con focale di 150 mm circa e formato utile dell'immagine di 230 mm x 230 mm.

Potranno essere utilizzati obiettivi con lunghezza focale maggiore qualora la morfologia del terreno imponga quote di volo maggiori, e solo previa autorizzazione della Direzione Lavori.

I dati caratteristici delle camere da presa dovranno essere indicati in sede di collaudo.

In particolare, per ogni camera utilizzata, dovranno essere specificati:

- la marca, il tipo e l'anno di costruzione;
- il certificato di taratura, di data non anteriore a 2 anni;
- la distanza principale e le coordinate del punto principale misurate rispetto al sistema di riferimento definito dalle marche fiduciali e determinate con un sqm di  $\pm 10 \mu\text{m}$ ;
- la distanza fra le marche fiduciali;
- la curva di distorsione media dell'obiettivo, determinata sulle due diagonali e contenuta entro  $\pm 10 \mu\text{m}$ ;
- il potere separatore dell'obiettivo, deve essere pari ad almeno 200 righe/mm.

### **2.3 CARATTERISTICHE DEL MATERIALE FOTOGRAFICO**

Per le riprese aeree fotogrammetriche oggetto dei lavori, dovranno essere utilizzati i materiali fotografici a colori in commercio al momento della stipulazione del contratto che presentino i migliori requisiti possibili di qualità.

I supporti dovranno garantire le migliori caratteristiche di indeformabilità. Le qualità di sensibilità e finezza della grana dovranno essere ottimali per riprese fotogrammetriche e per indagini fotointerpretative.

La Ditta dovrà inoltre garantire:

- che il periodo di validità delle pellicole utilizzate non risulti scaduto;
- che dal momento dell'acquisto al momento dello sviluppo, le pellicole siano state conservate nelle condizioni ambientali prescritte dalla casa produttrice;
- che le operazioni di sviluppo e asciugatura, soprattutto per quanto attinente la temperatura e la durata dei bagni, siano avvenute seguendo le prescrizioni della casa produttrice;
- che l'eventuale operazioni di produzione delle diapositive sul supporto di poliestere siano state compiute con la massima cura possibile e comunque nel rispetto delle norme e delle prescrizioni previste.

Lo spessore delle diapositive su poliestere non dovrà comunque, in nessun caso, essere inferiore a 0.15 mm.

## 2.4 CARATTERISTICHE DELL'EVENTUALE SCANSIONE

Se il ciclo produttivo si avvale di strumentazione digitale, i negativi devono essere scannerizzati con una risoluzione di almeno 21  $\mu\text{m}$  per pixel (1200 dpi).

La scansione deve essere effettuata con scanner di alta precisione, che garantisca una ripetibilità geometrica di  $\pm 3 \mu\text{m}$ . Prima della scansione è necessaria una verifica della taratura dello scanner, per la geometria come per la radiometria.

E' necessaria una verifica della taratura:

- all'inizio ed alla fine di un progetto;
- ogni 2 settimane e/o ogni 2000 scansioni.

I protocolli di verifica di taratura devono essere inclusi nel verbale finale.

Nel caso la cattiva taratura dello scanner non permettesse di ottenere la ripetibilità precedentemente definita la scansione non può essere accettata. Lo scanner deve quindi essere revisionato in modo da poter rispettare tali tolleranze.

E' necessario adottare precauzioni per riprodurre adeguatamente i toni di grigio delle immagini: le sfumature importanti per il contenuto delle immagini (tetti di case, strade, prati, aree boschive, campi, ecc.) devono essere riprodotte in modo che il disturbo presente non ne diminuisca la leggibilità. Pertanto il livello di rumore nei toni di grigio non dovrebbe superare l'equivalente di  $\pm 0,05D$  per l'intera gamma dei toni di grigio, che in genere è compresa in un intervallo di densità fra 0.1D e 2.0D, dove D è il logaritmo dell'opacità, valore che misura l'annerimento di una porzione di immagine.

Per la scansione dei fotogrammi deve essere utilizzato uno scanner metrico adatto alla scansione unitaria di tutto il fotogramma. Lo scanner deve avere il dispositivo di avanzamento automatico dell'intera bobina di pellicola; non sono quindi accettati scanner, anche metrici, con il solo avanzamento manuale della pellicola.

La procedura di scansione deve poter essere verificabile: in fase di collaudo sarà necessario controllare che i file immagine siano a scansione originale, cioè non abbiano subito alcun tipo di ricampionamento, in particolare quello necessario a derivarli da una scansione a risoluzione inferiore. Assieme al file originale deve essere prodotto un file derivato di dimensioni ridotte (indicativamente jpg 400 dpi, con compressione 75%) per consentire ai committenti di disporre di un prodotto più semplice da utilizzare.

Il file originale non dovrà essere compresso e dovrà essere consegnato in formato TIFF georiferito.

Non è ammesso alcun tipo di compressione nel caso si utilizzi la triangolazione aerea automatica. Per verificare la qualità della scansione sarà eseguito un confronto con il materiale fotografico tradizionale: a tal fine, per almeno il 5% dei fotogrammi, la Ditta incaricata dovrà provvedere alla produzione del tradizionale supporto analogico (diapositiva) con cui sia possibile eseguire tutte le verifiche comparative che si riterranno necessarie. Il materiale tradizionale deve essere relativo a sequenze di almeno tre fotogrammi successivi; le sequenze devono appartenere a strisciate differenti (esempio foto 3, 4 e 5 della strisciata 1, foto 21, 22 e 23 della strisciata 2, ecc...) sino al raggiungimento delle percentuali previste. Tali fotogrammi dovranno essere relativi a zone di territorio utilizzate in tutte le fasi successive del lavoro.

L'impiego della strumentazione digitale e dei software di compressione deve permettere il rispetto delle tolleranze riportate nel presente capitolato.

Tutte le verifiche previste per l'approccio tradizionale devono perciò poter essere eseguite, in particolare quelle relative al risultato dell'orientamento interno.

Oltre alla consegna dei file di scansione su DVD e dei corrispondenti file di dimensioni ridotte, è richiesta anche una tradizionale copia su carta (stampa a contatto).

## 2.5 CARATTERISTICHE METRICHE DEI FOTOGRAMMI

Se vengono utilizzate camere da presa con marche fiduciali situate in corrispondenza della metà dei quattro lati del fotogramma, le distanze fra le marche, misurate sulle copie diapositive o sulle immagini, non dovranno differire più di  $\pm 0.10$  mm dalle corrispondenti distanze indicate sul certificato di taratura delle camere da presa.

Se invece vengono utilizzate camere da presa con marche fiduciali situate nei quattro angoli del fotogramma, le differenze tra le distanze misurate lungo i due lati opposti e quelle indicate sul certificato di taratura non dovranno essere superiori a  $\pm 0.10$  mm mentre le differenze tra le distanze fra due marche situate lungo ciascuna diagonale del fotogramma e quelle riportate sul certificato di taratura non dovranno risultare superiori a  $\pm 0.15$  mm.



Se il ciclo produttivo si avvale di strumentazione digitale, non appena eseguito il volo la Ditta appaltatrice dovrà provvedere all'esecuzione dell'orientamento interno di almeno due fotogrammi per ciascuna strisciata e presentare il protocollo di tale operazione da cui deve risultare che:

- la deformazione dell'immagine sia per il 95% dei casi inferiore a 0.05% della distanza fra le marche e mai superiore allo 0.1%
- la deviazione standard degli scarti sulle marche fiduciali sia per il 95% dei casi inferiore a un pixel e mai superiore a due pixel.

Tutte le volte che in ognuna delle fasi di produzione di seguito descritte si verificasse un superamento di tali limiti, le copie diapositive o la scansione dei negativi corrispondenti dovranno essere nuovamente prodotte, a spese della Ditta appaltatrice.

Sulle positive su carta dovrà essere stampato il nome del Committente, la data del volo ed il numero della strisciata e del fotogramma, concordando preventivamente tali elementi con la Direzione Lavori.

Nel caso in cui non si utilizzi la fotogrammetria digitale sia in triangolazione aerea sia in restituzione, le riprese dovranno essere effettuate da un'altezza di volo tale:

- da ottenere dei fotogrammi aventi scala media pari a 1:4500;
- che in nessun punto del blocco fotogrammetrico si debba restituire a partire da una scala inferiore a 1:5400; ciò significa che, utilizzando una focale di circa 150 mm, non si deve mai restituire con altezza relativa di volo superiore a 810 m.

In ogni caso:

- le variazioni degli elementi angolari di orientamento dei fotogrammi ( $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$ ), non dovranno mai superare i 5 gradi centesimali;
- il ricoprimento longitudinale fra fotogrammi di una stessa strisciata dovrà essere compreso fra il 55% e il 70%;
- il ricoprimento trasversale fra fotogrammi consecutivi della stessa strisciata non dovrà essere inferiore al 90%;
- il ricoprimento tra strisciate adiacenti dovrà essere compreso fra il 10% e il 30%;
- in nessun punto dovranno comunque presentarsi soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica delle zone assoggettate a ripresa.

Quando il territorio è densamente urbanizzato, la Direzione Lavori potrà prescrivere il ricoprimento longitudinale pari all'80%; in tal caso tutti i fotogrammi saranno da triangolare ma in restituzione dovranno essere impiegati solo i fotogrammi alterni per evitare il decadimento della sensibilità stereoscopica.

Nel caso in cui il blocco fotogrammetrico sia molto esteso e comunque in tutti i casi in cui si eseguano sessioni di volo in giornate differenti, per consentire il corretto utilizzo della triangolazione aerea digitale, le porzioni di territorio volate nell'ambito della singola giornata devono essere il più possibile contigue (possibilmente adiacenti) in modo da garantire equivalenti condizioni di illuminazione ed analoghe geometrie per quanto riguarda le ombre.

Le strisciate devono essere realizzate con assi rettilinei e paralleli, le più lunghe possibili e con direzione est-ovest, a meno che le condizioni morfologiche del terreno o altri fattori locali non consiglino direzioni di volo diverse, comunque da concordare con la Direzione Lavori.

La Ditta Appaltatrice dovrà ripetere le riprese aeree per tutte quelle zone nelle quali le riprese stesse non dovessero presentare i requisiti qualitativi e metrici richiesti. Nell'esecuzione dei rifacimenti dovrà essere posta la massima cura nel riaggancio tra le strisciate preesistenti ed i nuovi fotogrammi, da realizzarsi a mezzo dei previsti dispositivi di navigazione. Il rifacimento delle strisciate per esigenze legate alle condizioni di volo deve essere eseguito nella stessa decade, compatibilmente con le sospensioni dovute alle condizioni meteorologiche.

## 2.6 EPOCA DEL VOLO

I voli dovranno essere eseguiti nelle 4 ore a cavallo del mezzogiorno solare e comunque in presenza di raggi solari con altezza non inferiore a 35 gradi sessagesimali. I fotogrammi dovranno presentarsi nitidi e assolutamente privi di foschia, di nubi e, per quanto possibile, di copertura nevosa.

E' necessario porre particolare attenzione nella scelta del periodo di volo e dell'ora di volo, anche in funzione della tipologia di vegetazione prevalente. La Ditta Appaltatrice deve prevedere di poter eseguire una corretta e completa costruzione del DB topografico anche nelle zone con fitta vegetazione; la presenza della vegetazione non può essere utilizzata come motivo per diminuire il livello di qualità metrica e interpretativa del prodotto finale.

## 2.7 PIANO DI VOLO

Prima di procedere all'esecuzione delle riprese aeree fotogrammetriche la Ditta dovrà predisporre il piano di volo, su base cartografica a scala adeguata, sul quale, per ogni strisciata, dovranno essere indicati:

- l'asse della strisciata;
- la sua numerazione ipotizzata;
- la quota assoluta di volo prevista;
- la quota minima e la quota massima del terreno sorvolato;
- la verifica dell'inclinazione dei raggi solari.

Per la progettazione del piano di volo verrà consegnato, dalla Direzione Lavori, un DTM relativo all'area da rilevare e di idonei strumenti software di progetto.

Nel caso si vogliano determinare i centri di presa con GPS cinematico, è necessario eseguire delle strisciate trasversali, per lo meno alle estremità del blocco fotogrammetrico per irrigidire il legame fotogrammetrico fra i centri di presa di strisciate differenti.

Il piano di volo dovrà essere sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori prima della realizzazione delle riprese.

## **2.8 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLA RIPRESA FOTOGRAMMETRICA**

La Ditta dovrà presentare a collaudo tutta la documentazione relativa al volo fotogrammetrico eseguito, ed in particolare:

- dichiarazione della data (o delle date) di effettuazione del volo;
- certificati di taratura delle camere da presa;
- copia completa diapositiva dei fotogrammi (una sola copia);
- copia completa su carta dei fotogrammi;
- quadro d'unione a fotogrammi alterni, alla scala adeguata, concordata con la Direzione Lavori, con l'indicazione del limite dell'area da cartografare;
- file in formato DXF contenente il quadro d'unione dei fotogrammi e il limite dell'area da cartografare;
- tabulato di verifica allo strumento analitico, per il 10% dei fotogrammi ed almeno per un modello per strisciata, delle distanze tra le marche fiduciali, delle parallassi di altezza residua di almeno 13 punti e delle variazioni di orientamento angolare, come richiesto nel capitolo specifico;
- documenti che testimonino il tipo di pellicola impiegata e la data di scadenza;
- gli eventuali dati GPS e da strumenti inerziali per la definizione dei parametri di posizione e assetto durante il volo.

Nel caso si utilizzi la fotogrammetria digitale, la copia diapositiva è sostituita da adeguati supporti (DVD o hard disk) contenenti l'originale di scansione, e una delle copie complete su carta è sostituita da adeguati supporti (DVD o hard disk) contenenti i file derivati di dimensioni contenute, come specificato nell'apposito paragrafo; resta obbligatoria la consegna di una copia completa su carta.

Copia digitale e copia completa su carta andrà consegnata anche alla Committenza, a collaudo avvenuto con esito positivo.

### **3 INQUADRAMENTO PLANIMETRICO ED ALTIMETRICO, APPOGGIO E TRIANGOLAZIONE AEREA**

#### **3.1 GENERALITA'**

Scopo della presente fase è la determinazione della posizione sul terreno di una serie di punti (in numero minimo di 5 per ciascun modello) da utilizzare come punti d'appoggio per l'orientamento assoluto dei modelli stereoscopici, necessario alla restituzione.

La posizione dei punti d'appoggio può essere determinata mediante rilevamento diretto sul terreno o mediante triangolazione aerea (T.A.)

L'utilizzo di triangolazione aerea per determinare le coordinate terreno deve essere limitata entro una percentuale dei punti d'appoggio totali, necessari per l'orientamento, pari al 10% nel caso di metodologia tradizionale ed al 30% nel caso di impiego di triangolazione aerea automatica; tali punti dovranno essere omogeneamente distribuiti sull'area da cartografare.

#### **3.2 INQUADRAMENTO PLANIMETRICO ED ALTIMETRICO**

L'inquadramento planimetrico e altimetrico è costituito da:

- i vertici della rete IGM95;
- i capisaldi di livellazione dell'I.G.M.;
- i vertici di raffittimento della rete IGM95 eseguiti dalla Regione corrispondente.

Nel caso in cui non sia disponibile una rete di raffittimento (con vertici ogni circa 5.000 ettari), l'operazione di materializzazione, misura e calcolo di detto inquadramento deve seguire le regole esposte nel documento "Specifiche tecniche per il raffittimento della rete IGM95" redatto dal gruppo di lavoro sulle reti geodetiche dell'Intesa Stato-Regioni-Enti locali (allegato al presente capitolato).

La Ditta appaltatrice deve recuperare le monografie di tutti i punti di inquadramento e di raffittimento coinvolti nel lavoro, presso la Regione o presso l'IGM, e in particolare:

- le coordinate geografiche Roma40 e WGS84 (ETRF89), le coordinate cartografiche nei sistemi Gauss-Boaga e UTM-WGS84, la quota ellissoidica WGS84 (ETRF89) per i vertici GPS;
- la quota ortometrica sul livello medio del mare per i capisaldi di livellazione.

#### **3.3 PUNTI D'APPOGGIO**

I punti d'appoggio da determinare a terra dovranno essere così distribuiti nel blocco fotogrammetrico:

- 2 punti tridimensionali in ciascuno degli spigoli del blocco fotogrammetrico;
- 1 punto planimetrico in ogni modello di estremità delle strisciate, 1 punto ogni 2 modelli lungo le strisciate di bordo del blocco, 1 punto ogni 4 modelli lungo le altre strisciate;
- 2 punti altimetrici per ogni modello di estremità delle strisciate di bordo (situati da bande opposte rispetto all'asse della strisciata), 1 punto ogni due modelli lungo tutte le strisciate.

E' da considerare positivo il fatto che i punti suddetti ricadano nelle zone di sovrapposizione fra strisciate (ricoprimento trasversale); in tal caso il punto d'appoggio può essere conteggiato per entrambe le strisciate al fine del raggiungimento delle densità precedentemente definite.

Nel caso sia stato eseguito il volo fotogrammetrico con GPS cinematico e sistema inerziale per la determinazione dei centri di presa e dei parametri d'orientamento per ciascun fotogramma 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 e di assetto dei centri di presa, visto che le recenti applicazioni evidenziano una percentuale di centri di presa correttamente determinati pari a circa il 90% di tutti i centri di presa da impiegare in triangolazione aerea.

Nel caso si abbiano a disposizione i centri di presa con GPS cinematico ed i parametri di orientamento esterno, a patto che il programma di elaborazione della triangolazione aerea supporti come input tali informazioni, 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 5 modelli, a strisciate alterne, con il primo e l'ultimo punto scelto in corrispondenza dell'inizio delle strisciate stesse, avendo inoltre cura di individuare tali punti in modo che siano misurabili anche sulle strisciate trasversali.

### 3.4 PUNTI DI LEGAME

Nel caso di triangolazione aerea tradizionale i punti di legame vengono scelti fra i punti di chiara collimazione posti nelle posizioni canoniche e le loro coordinate, note a valle del calcolo di triangolazione, sono da utilizzare nella successiva fase di orientamento dei modelli stereoscopici.

Nel caso di triangolazione aerea automatica, i punti di legame sono molto più numerosi, non corrispondono a punti di normale collimazione e vanno direttamente a determinare i parametri di orientamento esterno dei fotogrammi da utilizzare in restituzione.

Nel caso si utilizzino le tradizionali procedure manuali di misura, i punti di legame devono quindi essere di ottima collimazione fotogrammetrica, mentre non è richiesta analogo caratteristica nel caso si voglia utilizzare la triangolazione aerea automatica.

Nel caso di triangolazione aerea manuale, la densità dei punti di legame è finalizzata al raggiungimento di una configurazione ottimale in fase di triangolazione aerea: in ciascun fotogramma devono essere individuati almeno 9 punti di legame longitudinale e trasversale, secondo lo schema sotto riportato. Ogni fotogramma (modello) deve pertanto essere collegato:

- con ciascuno dei fotogrammi (modelli) adiacenti lungo la strisciata, mediante sei (tre) punti di legame longitudinale;
- con ciascuna delle strisciate adiacenti a quella di appartenenza, mediante almeno tre (due) 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. In ogni caso i punti di legame corrispondenti allo stesso punto, e quindi aventi le stesse coordinate-terreno, devono avere lo stesso nome identificativo. Non è ammesso che punti aventi le stesse coordinate abbiano numero identificativo differente, ancorché il punto sia osservato su modelli differenti di diverse strisciate. Non è analogamente ammesso che esistano collimazioni doppie cioè che due punti con identificativi differenti abbiano le medesime coordinate lastra.

Per quanto riguarda le eventuali strisciate trasversali, occorrerà misurare sui fotogrammi (modelli) tutti i punti di legame esistenti: sia quelli visibili sulle strisciate parallele adiacenti che quelli propri delle strisciate trasversali.

Di ciascuno dei punti prescelti deve essere eseguita un'accurata monografia, che ne garantisca l'inequivocabile individuazione sul terreno, se possibile, e in ogni caso sul modello stereoscopico.

Nel caso di triangolazione aerea automatica la scelta dei punti di legame è effettuata automaticamente dal programma di misura e calcolo: è però importante che in fase di impostazione della triangolazione aerea sia definito un numero di punti di legame sufficientemente alto in modo da generare un legame analitico robusto. Nel caso si valuti opportuno integrare la triangolazione aerea automatica con punti di legame collimati manualmente è richiesto che di tali punti sia redatta una monografia analoga a quella precedentemente descritta per la triangolazione aerea manuale.

Anche per la triangolazione aerea automatica deve essere verificato il rispetto delle condizioni minime di legame longitudinale e trasversale precedentemente descritte. Qualsiasi lacuna nelle connessioni deve essere corretta mediante nuova misurazione sull'immagine o mediante punti d'appoggio supplementari.

### 3.5 DETERMINAZIONE DEI PUNTI D'APPOGGIO

Possono essere impiegati punti d'appoggio esistenti nell'area in oggetto (punti fiduciali del Catasto determinati in modo congruente con l'IGM95 o punti d'appoggio derivanti da lavori di produzione cartografica), purché soddisfino le caratteristiche richieste di precisione e consistenza.

I punti d'appoggio da rilevare ex novo devono essere determinati con metodologia GPS con misure ridondanti, cioè almeno con doppia baseline.

Le operazioni di misura GPS devono essere impostate sui vertici d'inquadramento secondo uno schema che la Direzione Lavori 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.

Le baseline devono essere rilevate con strumenti a singola o a doppia frequenza, in modalità statica o rapido statica. La durata della ricezione deve essere di almeno 15 minuti per basi con lunghezza inferiore a 5 km, di almeno 20 minuti per le eventuali basi di lunghezza compresa fra i 5 ed i 10 km. E' opportuno non rilevare basi maggiori di 10 km. Per durata della ricezione si intende il tempo intercorso fra la prima e l'ultima registrazione con un numero di satelliti ricevuti da entrambi i ricevitori maggiore o uguale a 4.

L'intervallo di registrazione non deve essere superiore ai 15 secondi. Il GDOP deve essere inferiore a 5 e l'angolo di cut-off pari a 15°.

Le basi rilevate devono essere indipendenti: ciò significa che utilizzando in contemporanea  $n$  ricevitori, si potranno elaborare  $(n-1)$  basi. A tal fine la Ditta dovrà predisporre un file in formato Excel, inserendo per ogni riga i seguenti dati di ogni baseline:

- estremi della base;
- n° di ricevitore su di esso posizionato;
- data della misura;
- ora di inizio e fine della sessione;
- componenti geocentriche dX, dY e dZ;
- lunghezza risultante.

L'elaborazione delle singole baseline dovrà essere eseguita con programma commerciale; non saranno accettate nella elaborazione quelle baseline che evidenziassero un sqm in una delle 3 componenti maggiore di 5 cm.

Il calcolo delle coordinate dei punti d'appoggio dovrà essere eseguito in 2 modalità successive, con livello confidenziale del 95% (pari a  $2\sigma$ ):

- elaborazione di tutte le baseline rilevate imponendo il minimo vincolo, 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.

A partire da quest'ultima elaborazione dovranno essere determinate le coordinate cartografiche UTMWGS84.

Le coordinate risultanti dovranno inoltre essere trasformate negli altri sistemi di riferimento previsti; analoga indicazione vale per le quote ellissoidiche dei punti d'appoggio che debbono essere trasformate in quote ortometriche, con gli appositi programmi predisposti dall'IGM.

Il risultato della prima elaborazione dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- gli sqm planimetrici e altimetrici delle coordinate risultanti dovranno essere inferiori a  $\pm 5$  cm per la scala nominale del presente capitolato;
- il valore assoluto degli scarti residui tridimensionali delle baseline dopo la compensazione dovrà risultare inferiore a 7 cm per la scala nominale del presente capitolato;

Il risultato della seconda elaborazione dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- gli sqm planimetrici e altimetrici delle coordinate risultanti dovranno essere inferiori a  $\pm 8$  cm per la scala nominale del presente capitolato;
- il valore assoluto degli scarti residui tridimensionali delle baseline dopo la compensazione dovrà risultare inferiore a 10 cm per la scala nominale del presente capitolato.

### 3.6 MISURA E CALCOLO DELLA TRIANGOLAZIONE AEREA

Le misure per la T.A. dovranno essere eseguite con strumentazione analitica o digitale tale da garantire che il modulo della deviazione standard degli scarti deve essere inferiore a 10  $\mu\text{m}$  e che nessuno scarto deve risultare superiore, in modulo, a 30  $\mu\text{m}$ . Non sono ammessi stereorestitutori analogici asserviti.

Per verificare 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, e per tutti gli strumenti impiegati, le calibrazioni degli strumenti producendo i tabulati contenenti i valori (x, y, z) delle coordinate strumentali di 21 punti uniformemente distribuiti sul modello formato da due reticoli di precisione a maglia quadrata (lato due cm) orientato non parallelamente al piano (X, Y) del sistema strumentale, unitamente ai dati angolari di orientamento delle camere.

Il calcolo della T.A. deve essere eseguito con programma rigoroso ai minimi quadrati per stelle proiettive. Non sono accettati i programmi di calcolo che risolvono la triangolazione aerea con una compensazione empirica.

L'eventuale conoscenza delle coordinate dei centri di presa e dell'assetto della camera (elementi considerati facoltativi nel volo fotogrammetrico) sarà da utilizzarsi come dato di input nel calcolo di triangolazione aerea, che è quindi da ritenersi necessaria per la determinazione degli orientamenti dei singoli fotogrammi.

Lo schema di T.A. dovrà essere riportato su apposito layer nel medesimo file DXF precedentemente descritto, in modo da permettere la verifica della disposizione dei punti di legame e d'appoggio rispetto ai fotogrammi del blocco oggetto della triangolazione aerea.

Dal report di elaborazione della T.A. dovranno risultare evidenti i seguenti elementi:

- le coordinate modello (o fotogramma) di ciascun punto misurato;
- una serie di dati riassuntivi che indichino il numero di collimazioni eseguite per ciascun punto;
- le coordinate compensate dei punti ed i relativi sqm;
- gli scarti residui su tutti i punti d'appoggio riferiti al terreno (espressi in metri) e riferiti al fotogramma (espressi in micron);
- gli scarti residui dei punti di legame utilizzati, sul fotogramma o sul modello, espressi in micron e gli sqm sui punti di legame;
- i punti d'appoggio eventualmente scartati in fase di elaborazione.

Il risultato della T.A. sarà considerato positivo se:

- tutti gli scarti residui sui punti d'appoggio saranno inferiori, in modulo, a 15 cm in planimetria e a 10 cm in quota;
- gli sqm dei punti di legame nelle tre componenti, in modulo, risulteranno inferiori a 10 cm;
- l'errore standard risultante dalla compensazione non deve superare  $\pm 7 \mu\text{m}$  (errore quadratico medio delle coordinate immagine).

Il calcolo della triangolazione aerea deve essere eseguito in coordinate UTM-WGS84; la quota da impiegare è la quota ortometrica.

### **3.7 MONOGRAFIE DEI PUNTI D'APPOGGIO E DEI PUNTI DI LEGAME**

Per tutti i punti d'appoggio e per i punti di legame dovrà essere redatta una monografia informatizzata, in formato da concordare preventivamente con la Direzione Lavori, con i seguenti elementi:

- codice univoco del punto (correlato al Comune e/o all'elemento cartografico nel cui territorio esso ricade);
- coordinate E, N in Gauss Boaga e in UTM-WGS84; coordinate  $\phi$ ,  $\lambda$  Roma40 e WGS84 (ETRF89);
- quota ortometrica e, solo per i punti d'appoggio, quota ellissoidica;
- estratto di cartografia con la localizzazione del punto (solo per i punti d'appoggio);
- uno schizzo od una immagine per il riconoscimento del particolare;
- fotografia del punto con in evidenza il ricevitore GPS durante le operazioni di misura (solo per i punti d'appoggio);
- data di redazione della monografia e nome della Ditta esecutrice;
- descrizione del punto e del suo immediato circondario.

### **3.8 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLE OPERAZIONI DI APPOGGIO FOTOGRAMMETRICO**

La Ditta dovrà presentare a collaudo tutta la documentazione relativa allo schema della rete d'appoggio eseguita, ed in particolare:

- le monografie, in formato cartaceo e digitale, di tutti i vertici e i capisaldi coinvolti nella fase di inquadramento;
- file in formato DXF con le informazioni relative alla disposizione dei punti d'appoggio, ai vertici di inquadramento altimetrico e planimetrico coinvolti, alle baseline misurate;
- tutti i file di elaborazione delle baseline misurate, con i parametri significativi che permettano di individuare l'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 in formato 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 in Roma40 e quindi nelle coordinate Gauss-Boaga;

Il materiale dovrà essere corredato da una breve relazione illustrativa sulle operazioni eseguite e sui risultati ottenuti.

Eventualmente, su richiesta del Collaudatore, sentito il Direttore dei Lavori, 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.

Il risultato dovrà garantire le precisioni previste dal presente capitolato per quanto riguarda gli sqm dei punti determinati. Gli scarti sui punti fissi nell'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.

### **3.9 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLA TRIANGOLAZIONE AEREA**

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 copie frecciate su 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, in formato cartaceo e digitale, 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 che descriva il programma di calcolo e compensazione utilizzato con l'indicazione del significato delle varie tabelle, delle relative unità di misura, delle sigle e/o di eventuali particolari codifiche presenti nei tabulati prodotti e che illustri sinteticamente, possibilmente anche in modalità grafica, i risultati conseguiti nonché il numero e la posizione dei punti di appoggio e/o legame eliminati.

## **4 CELERIMENSURA**

### **4.1 OPERAZIONI DI CELERIMENSURA**

Dovranno essere rilevate le coordinate plano-altimetriche degli spigoli principali che delimitano i cassoni edilizi prospicienti strade, piazze o aree pubbliche. Gli spigoli principali sono quelli che definiscono la forma e la posizione di un cassone edilizio, escluse quindi le sporgenze, le rientranze, le variazioni di allineamento che definiscono e descrivono invece i singoli edifici.

Lo “scassonamento”, cioè la determinazione degli spigoli, dovrà essere effettuato operando per rilevamento per coordinate polari, secondo lo schema classico della celerimensura, a partire da vertici di coordinate note, determinati con poligoni appositamente istituite e/o con misure GPS. Nel caso si utilizzi esclusivamente strumentazione GPS per determinare i vertici di coordinate note è necessario che sia comunque garantita la visibilità reciproca fra coppie di vertici. Nel caso si utilizzi invece la metodologia classica di rilievo per poligoni è richiesto che siano eseguite poligoni aperte vincolate o chiuse, con vertici estremi e vertici di orientamento determinati con misure GPS a partire da vertici IGM95 o da vertici regionali di raffittimento.

Le coordinate degli spigoli rilevati dovranno essere memorizzate in file strutturati in modo tale da poter essere caricati e visualizzati sul videografico associato allo strumento restitutore contestualmente alla restituzione. Prima di iniziare la restituzione la ditta dovrà ricreare, a partire dagli spigoli rilevati, i punti di celerimensura (classificati con l'opportuno codice) che serviranno come “vincoli” alla fase di restituzione.

### **4.2 POLIGONALI DI INTEGRAZIONE**

Le poligoni dovranno essere eseguite con il metodo del centramento forzato; si dovrà fare stazione in tutti i vertici, misurando in ognuno di essi la distanza alla stazione precedente e a quella seguente, l'angolo fra le due corrispondenti direzioni e l'angolo zenitale di ogni lato. Ogni vertice di poligonale dovrà essere materializzato con chiodi o borchie ed evidenziato con segni di vernice, in modo che esso risulti rintracciabile fino alla esecuzione delle operazioni del collaudo finale.

Le poligoni aperte dovranno iniziare e concludersi (con i relativi orientamenti) su vertici di coordinate note; pertanto si dovrà tener conto del fatto che tali vertici dovranno necessariamente risultare stazionabili anche con strumentazione tradizionale ed essere intersvisibili con almeno un altro punto dello stesso tipo per l'orientamento.

Le poligoni chiuse devono analogamente avere vertice iniziale e orientamento su vertici di coordinate note. Le poligoni possono essere in numero tale da formare una vera e propria rete di poligoni. Sono da considerarsi sempre e comunque nel loro contenuto tridimensionale.

Gli schemi di progetto di tali misure dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

Tutte le misure di distanze ed angoli zenitali tra vertici di stazione dovranno essere reciproche. Da ciascun vertice inoltre le misure angolari, sia azimutali che zenitali, dovranno essere ripetute almeno due volte (due strati) per ciascuna delle due posizioni coniugate del cannocchiale. Il valore dell'angolo azimutale tra due direzioni non potrà mai differire tra le misure così effettuate di più di 20 cc, mentre il valore dell'angolo zenitale non potrà mai differire di più di 30 cc. Anche le misure della lunghezza dei lati dovranno essere ripetute almeno due volte ed i valori misurati non dovranno differire mai tra loro di più di 1 cm. Infine, in corrispondenza di tutti i punti di stazione nei quali si esegua la misura di distanza, dovranno essere rilevati ed annotati o registrati i valori sia di temperatura sia di pressione.

Tutte le misure dovranno essere eseguite con teodoliti con lettura ai 2 cc, distanziometri elettronici con errore globale di circa 1 cm alla distanza di 1 km, o teodoliti integrati di classe e di precisione equivalente.

Le indicazioni di precisione sopra riportate si riferiscono alla deviazione standard strumentale operativa (DIN 18723) e debbono essere certificate con appositi rapporti di prova.

Le misure dovranno essere scritte, con grafia intelligibile, su appositi moduli cartacei o registrate in memoria, e poi riportate in chiaro, nel caso si usino strumenti che registrino automaticamente i risultati.

Sarà facoltà della Direzione Lavori visitare in campagna gli operatori del rilievo topografico ed interrompere momentaneamente i lavori per ottenere una copia del libretto di campagna sino a quel momento compilato, senza alcuna necessità di rifacimento dello stesso da parte dei topografi.

### **4.3 SCASSONAMENTO**

Lo “scassonamento”, cioè la determinazione degli spigoli principali che delimitano i cassoni edilizi, dovrà essere effettuato operando per rilevamento di coordinate polari, a partire dai vertici delle poligoni, oppure



direttamente da vertici determinati con strumentazione GPS e reciprocamente visibili. Le misure potranno essere effettuate contestualmente a quelle relative all'esecuzione delle poligonali a cui sono agganciati, oppure in una fase successiva.

Oltre alla determinazione per coordinate polari, la ditta dovrà anche effettuare misure dirette di distanza tra spigoli situati sui lati opposti della sede stradale, con una frequenza pari ad una di tali distanze almeno ogni 150 m di sviluppo della sede stradale. Queste misure dovranno essere utilizzate dalla Ditta appaltatrice per controllare in corso d'opera la corretta esecuzione del rilievo celerimetrico. La Ditta dovrà controllare che, per ogni coppia di punti tra i quali è stata fatta la misura diretta della distanza, la differenza fra la distanza ricavata dalle coordinate calcolate in funzione delle misure topografiche e la distanza misurata direttamente sia sempre inferiore, in valore assoluto, a 10 cm. Tutti i casi per i quali questa condizione non dovesse essere soddisfatta dovranno essere sottoposti all'attenzione della Direzione Lavori con la quale verranno concordate opportune verifiche.

#### 4.4 ELABORAZIONE DELLA CELERIMENSURA

Gli eventuali vertici di dettaglio GPS, da utilizzare direttamente per le operazioni di scassonamento o indirettamente per il calcolo delle poligonali, devono essere materializzati, misurati e calcolati con metodo ridondante dai vertici IGM95 o dai vertici regionali di raffittimento secondo le indicazioni definite nel documento "Specifiche tecniche per il raffittimento della rete IGM95" redatto dal gruppo di lavoro sulle reti geodetiche dell'Intesa Stato-Regioni-Enti locali.

Le poligonali aperte e chiuse singole, cioè non costituenti una rete di poligonali, dovranno essere compensate con i tradizionali metodi topografici.

Per quanto riguarda le operazioni di calcolo e compensazione planimetrica della eventuale rete di poligonali la ditta dovrà utilizzare procedimenti di calcolo in grado di fornire:

- il valore compensato delle coordinate (X,Y) di tutti i vertici nel sistema di riferimento arbitrario;
- gli s.q.m. delle coordinate stesse;
- i residui delle equazioni alle misure con i rispettivi e.q.m.

In fase di compensazioni delle misure, i valori degli sqm intrinseci delle singole coordinate Est e Nord di ciascun vertice devono sempre risultare inferiori od uguali a  $\pm 3$  cm. Qualora ciò non si verifichi, la ditta sarà tenuta a compiere nuove acquisizioni e a ripetere, ovviamente, le operazioni di compensazione intrinseca delle misure.

Per quanto riguarda le operazioni di calcolo e compensazione in quota dei vertici delle poligonali la ditta dovrà utilizzare invece il criterio classico delle livellazioni trigonometriche, in base al quale ciascun dislivello tra due punti di una rete è calcolabile come somma di tutti i dislivelli parziali tra i diversi vertici di ciascuna singola poligonale che collega tali punti. Scelto quindi un punto baricentrico arbitrario per ciascuna poligonale, al quale assegnare una quota convenzionale, sulla base delle misure ricavate secondo i criteri classici della livellazione trigonometrica, come in precedenza descritto, attraverso l'utilizzazione di un idoneo programma di calcolo ai minimi quadrati verranno automaticamente determinate le quote di tutti gli altri punti di ciascuna poligonale.

Per quanto riguarda le operazioni di calcolo e compensazione intrinseca altimetrica la ditta dovrà utilizzare procedimenti di calcolo in grado di fornire per tutti i punti di ciascuna poligonale:

- il valore compensato delle coordinate Q di tutti i vertici rispetto al riferimento baricentrico arbitrario;
- gli sqm di tali coordinate;
- i residui delle equazioni alle misure con i rispettivi eqm.

In fase di compensazioni delle misure, i valori degli sqm intrinseci delle quote di ciascun vertice devono sempre risultare inferiori od uguali a  $\pm 3$  cm. Qualora ciò non si verifichi, la ditta sarà tenuta a compiere nuove acquisizioni e a ripetere, ovviamente, le operazioni di compensazione intrinseca delle misure. Una volta compensate intrinsecamente in planimetria ed altimetria le poligonali dovranno essere inserite nel sistema di riferimento.

Per quanto riguarda gli inserimenti planimetrici essi verranno effettuati adattando, orientando, posizionando e dimensionando, come corpi rigidi senza deformazioni, con procedimenti rigorosi di rototraslazione conforme, le poligonali tramite le coordinate dei punti di dettaglio GPS in esse coinvolti.

I procedimenti di calcolo utilizzati per queste operazioni dovranno fornire:

- i valori delle coordinate Est e Nord di tutti i vertici di ciascuna poligonale;
- le differenze residue  $\Delta E$  e  $\Delta N$ , al termine degli inserimenti, tra le coordinate di tutti i vertici noti utilizzate come input e quelle ottenute tramite rototraslazione.

Le differenze residue dopo la rototraslazione conforme non dovranno mai essere superiori a  $\pm 5$  cm. Qualora si dovessero superare tali valori la ditta dovrà compiere un'attenta analisi, per ricercarne le cause. Solo dopo tali valutazioni, ed una volta acquisito il parere favorevole della Direzione Lavori, la ditta potrà eventualmente avvalersi dell'opportunità di non utilizzare alcuni di dettaglio per il calcolo dei parametri di rototraslazione.

Per quanto riguarda, invece, gli inserimenti altimetrici, la ditta dovrà eseguire, per ciascuna poligonale già compensata intrinsecamente in quota o eventualmente per la rete di poligonali una traslazione esclusivamente altimetrica che consenta di inserirla altimetricamente nel sistema di riferimento cartografico. Anche in questo caso il limite assunto per gli scarti è pari a  $\pm 5$  cm.

#### **4.5 MONOGRAFIE**

Tutti i vertici della rete principale dovranno essere rappresentati in cartografia sia che essi siano interni al territorio da cartografare sia che risultino ad esso esterni. Per ciascuno di essi la ditta dovrà redigere, secondo le specifiche di seguito indicate, un'ideale monografia descrittiva che ne permetta il riconoscimento sul terreno.

A tal fine dovranno far parte della monografia i seguenti elementi grafici e/o alfanumerici:

il codice univoco identificativo del punto;

- le coordinate ottenute dal calcolo nel sistema previsto
- una breve descrizione del punto e del suo immediato circondario;
- una specifica descrizione che consenta di individuare con chiarezza l'eventuale manufatto sul quale è posto il punto (per esempio attraverso l'indicazione del numero civico laddove esistente);
- una fotografia ravvicinata del particolare con il quale è stato materializzato il punto;
- una o più fotografie d'inquadratura che riprendano, oltre al punto in oggetto, anche altri elementi fisici presenti nel circondario del punto stesso;
- una puntuale descrizione dell'effettiva accessibilità del punto;
- uno schizzo planimetrico volto a favorire l'individuazione ed il ritrovamento del punto, rappresentante i principali particolari circostanti con l'indicazione di almeno 3 distanze;
- la data di realizzazione della monografia.

Tutte le monografie dovranno essere fornite sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, in formato da concordare con la Direzione Lavori.

#### **4.6 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLA CELERIMENSURA**

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

- lo schema delle poligonali misurate, dei vertici GPS di inquadratura e dei punti rilevati per celerimensura;
- i libretti di campagna che testimonino il raggiungimento delle precisioni di misura previste;
- i report di elaborazioni sia GPS che classiche che mettano in luce il raggiungimento delle precisioni di calcolo previste;
- i risultati delle rototraslazioni per l'adattamento al sistema di riferimento;
- le monografie dei vertici, in formato cartaceo e digitale.

## **5 RESTITUZIONE**

### **5.1 STRUMENTO RESTITUTORE**

La restituzione dovrà essere eseguita esclusivamente mediante restitutore analitico o digitale; non è ammesso l'uso di strumenti analogici anche se asserviti a computer.

### **5.2 CARATTERISTICHE DELLA RESTITUZIONE**

La Ditta dovrà eseguire ex novo la restituzione fotogrammetrica numerica diretta del territorio. E' assolutamente vietato acquisire in forma numerica, mediante digitalizzazione, cartografia già esistente.

### **5.3 IDONEITÀ DELLO STRUMENTO RESTITUTORE**

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

La strumentazione digitale deve permettere l'editing e le correzioni in linea, durante l'osservazione stereoscopica del modello fotogrammetrico.

La Direzione Lavori potrà richiedere la verifica dei dati di calibrazione dei restitutore, ed accerterà l'idoneità della strumentazione proposta, sulla base dei seguenti criteri fondamentali:

- precisione strumentale altimetrica, relativa a condizioni operative analoghe a quelle della restituzione da effettuarsi, non inferiore a 1/10.000 della quota di volo su tutta l'area del modello;
- risoluzione dei sensori di posizione, relativi o assoluti, non inferiore a 0.001 mm, precisione e ripetitività non inferiori a 0.002 mm;
- possibilità di codifica e di controllo dei dati memorizzati adeguata alle necessità della produzione e del collaudo.

### **5.4 SISTEMA DI RESTITUZIONE**

La Ditta provvederà autonomamente alla predisposizione del proprio sistema di stereorestituzione numerica, e comunicherà alla Direzione Lavori:

- le tabelle delle codifiche assegnate ai vari elementi da restituire; le codifiche e la struttura dati prescelte potranno anche non corrispondere a quelle richieste per i file finali di trasferimento, ma dovranno 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, nel documento 1007;
- i criteri per l'acquisizione delle linee curve in automatico, ed i relativi parametri, per garantire il rispetto delle tolleranze richieste;
- l'eventuale suddivisione in più file degli elementi provenienti da uno stesso modello, ed i criteri adottati.

In fase di restituzione non sono mai da utilizzare algoritmi di ortogonalizzazione o di parallelismo.

E' richiesto alla Ditta di analizzare la possibilità di modificare le proprie normali prassi operative per permettere già in fase di restituzione una qualità del dato adeguata alle finalità del lavoro, vista la struttura dati (richiesta dal presente capitolato) del Db topografico da realizzare.

E' altresì richiesto che siano preventivamente definiti i punti di scassonamento in modo che la restituzione possa vincolarsi ad essi con comandi tipo "snap".

### **5.5 OPERATORE**

La Ditta dovrà certificare che l'operatore allo strumento restitutore possieda esperienza ed abilità sufficienti per eseguire le operazioni di restituzione numerica o digitale e di fotointerpretazione delle fotografie aeree.

La restituzione, ancorché eseguita da operatori diversi e su strumenti diversi, dovrà presentare un'assoluta omogeneità di rappresentazione grafica dei particolari restituiti.

## **5.6 ELEMENTI DA RESTITUIRE**

Circa la qualità e la quantità degli elementi naturali ed artificiali del territorio da restituire, ci si dovrà attenere a quanto dettagliatamente esposto nel documento "Specifiche di contenuto".

Tutte quelle linee di dubbia identificazione, la cui definizione è demandata alla successiva fase di ricognizione, dovranno essere memorizzate con codice particolare, tale da permettere una grafica diversificata (tratto o colore) o con particolare simbologia degli estremi.

Inoltre verranno contornate, anche a mano e con eventuali osservazioni del restituitista, le aree in cui è necessaria l'integrazione mediante ricognizione.

## **5.7 ORIENTAMENTO DEI MODELLI**

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 degli orientamenti interno, relativo ed 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 dal negativo 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 10 micron.

Nell'orientamento assoluto si dovrà invece porre estrema attenzione a che gli scarti sui punti d'appoggio non superino mai valori corrispondenti a 1/2 delle tolleranze planimetriche ed altimetriche previste con riferimento a  $1\sigma$ , riportate al paragrafo corrispondente.

Nel caso invece sia stata utilizzata la triangolazione aerea automatica, è possibile impiegare gli orientamenti derivanti dal risultato della T.A. solo dopo aver verificato l'inesistenza di parallassi residue all'interno del modello stereoscopico. In caso contrario tale fatto sarà da segnalare alla D.L. che valuterà la strategia da seguire in funzione della gravità del problema.

## **5.8 FILE DI RESTITUZIONE**

I file di restituzione costituiscono il risultato numerico della fase di restituzione e sono strettamente connessi al particolare sistema utilizzato dalla Ditta; sono pertanto considerati file di lavoro della Ditta stessa. Essi non vengono assoggettati a particolari restrizioni per il formato dei record.

I file di restituzione dovranno essere messi a disposizione del Collaudatore per le operazioni di controllo della restituzione e successivamente conservati fino alla conclusione del lavoro (collaudo finale positivo).

Questi file fanno parte del materiale di consegna della fase di restituzione; per essi il formato di trasferimento previsto è il formato DXF, con opportuna libreria dei codici associati, a meno di differenti accordi da verificare con la Direzione Lavori.

Essi dovranno essere leggibili in chiaro e visualizzabili sia mediante il sistema di acquisizione, sia mediante quello di editing grafico presenti presso la Ditta, e consentire le specifiche operazioni di collaudo prescritte.

## **5.9 RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**

A documentazione della restituzione, dai contenuti del file di restituzione, dovrà essere prodotta una copia su carta; essa sarà costituita da un disegno automatico mediante plotter, di taglio e contenuti identici a quelli definitivi.

## **5.10 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLA RESTITUZIONE**

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

- un grafico a scala adeguata che riporti la copertura dei singoli modelli utilizzati in restituzione con la relativa numerazione;

- i protocolli originali di restituzione ove sono riportati i parametri di orientamento interno, relativo ed assoluto dei vari modelli nonché i residui di piazzamento sui punti di appoggio utilizzati per l'orientamento assoluto;
- un elaborato grafico, ottenuto mediante plotter, del contenuto dei file di restituzione che riporti le annotazioni apportate del restituitista relativamente alle zone di incerta o difficoltosa restituzione e/o identificazione.

Se richiesti, dovranno essere consegnati i file di restituzione in formato DXF, secondo la strutturazione utilizzata dalla Ditta.

## 6 GENERAZIONE DEL DTM

### 6.1 GENERALITÀ

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 dalla D.L.

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 4" per database topografici a scala 1:1000, 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.

L'accuratezza in quota, intesa sempre quale valore di  $1\sigma$ , dovrà essere pari a 0.30 m per il "level 4", come descritto nel citato documento. Le accuratezze altimetriche fissate sono relative a zone di terreno scoperto, prive di vegetazione e quant'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 invasi, nei quali la quota è quella relativa al livello dell'acqua al momento del rilievo.

Nelle zone con vegetazione fitta (copertura >70%) o ad alto fusto, la tolleranza decresce di un ulteriore valore pari a 1/4 dell'altezza media degli alberi.

Per i centri urbanizzati le quote sono riferite al piano della viabilità (piazze, giardini, ecc) e mai alla sommità degli edifici.

Il modello digitale del terreno dovrà essere generato a partire da:

- tutti i particolari topografici, ottenuti in 3D mediante restituzione fotogrammetrica, la cui quota è riferita al terreno, compresi i punti quotati restituiti singolarmente che saranno inseriti sugli elementi cartografici;
- i punti quotati aggiuntivi, con la densità richiesta in funzione della tipologia del terreno;
- break-line che descrivono brusche variazioni di pendenza del terreno, ad integrazione di quelle restituite per rappresentare particolari topografici; per brusche variazioni di quota sul terreno si intende un dislivello repentino pari ad almeno il doppio della accuratezza in quota, ovvero irregolarità del terreno maggiori di tale valore entro una distanza pari alla maglia del grigliato;
- profili che, pur non essendo associati a particolari topografici, vengono introdotti per meglio descrivere la morfologia del terreno e permettono che l'interpolazione dei dati produca un DTM con l'accuratezza altimetrica prevista. Nella tipologia dei "profil" possono essere incluse, se ritenuto utile, anche curve di livello con un qualsiasi valore di quota.

Tutte le informazioni altimetriche acquisite sia di tipo puntuale che lineare, dovranno essere utilizzate per formare un TIN (*Triangular Irregular Network*) ove tutti i profili sono considerati come break-line. Il TIN deve essere generato utilizzando programmi commerciali di cui deve essere fornita documentazione.

Dai dati sotto forma di 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 un'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 i particolari la cui quota non sia riferita a terra.

### 6.2 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 ai particolari topografici restituiti con quota riferita al terreno e ai punti quotati, anche i particolari acquisiti esclusivamente a tale scopo: punti quotati integrativi, break-line, e profili altimetrici. Qualora nel DTM esistano alcune zone non coperte da dati esse devono essere indicate con un valore definito di "non quota" (con un NODATA\_VALUE ad esempio -9999.99).

Per il formato del DTM dovrà essere utilizzato l'ASCII-raster di ESRI, le cui caratteristiche sono di seguito descritte:

- ogni file di consegna contiene una porzione di DTM (unità di memorizzazione) pari al rettangolo minimo d'ingombro di un elemento o di una sezione prodotta con le coordinate multiple intere del passo del grigliato;
- all'inizio di ogni file (header) sono riportati in sequenza i seguenti valori:
  - o il numero di colonne (NCOLS);
  - o il numero di righe (NROWS);
  - o le coordinate UTM-WGS84 del centro dell'unità di memorizzazione (pixel) in basso a sinistra (XLLCENTER, YLLCENTER);
  - o la dimensione della cella (CELLSIZE);
  - o il valore corrispondente alla quota non significativa (NODATA\_VALUE), pari a -9999.99;
- segue la matrice delle NROWS x NCOLS quote del modello, separate da uno spazio (" "): i valori delle quote, iniziando dalla parte alta del dataset e procedendo da sinistra verso destra, sono rappresentate in metri con due decimali. Il separatore decimale è il punto (".").

DTM relativi a sezioni contigue dovranno avere necessariamente le quote delle zone dell'area in comune esattamente coincidenti.

In dettaglio, pertanto, i dati da utilizzare 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 le tolleranze previste, devono inoltre essere restituite:
  - o le strade ordinarie (lato destro e sinistro) e le strade ferrate 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;
  - o 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; in caso contrario 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 la tolleranza fissata:
  - o la densità delle quote deve essere tale che, all'interno dell'area interessata dal DB topografico, per nessun punto l'informazione altimetrica più vicina sia ad una distanza superiore al passo della griglia del DTM nel caso di terreno pianeggiante ed alla metà di tale lunghezza per terreno accidentato;
  - o 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;
  - o nelle zone di vegetazione fitta o ad alto fusto dovrà essere effettuata dall'operatore la collimazione manuale stimando l'altezza degli alberi ed apportando le dovute correzioni alle quote ottenute per autocorrelazione;
- d) le break-line sul terreno:
  - o gli eventuali terrazzamenti devono essere rilevati delimitandone i bordi. In particolare devono essere restituite le cave e le miniere a cielo aperto;
  - o vengono considerati esclusivamente i dislivelli del terreno (non vengono compresi ponti, cavalcavia, edificati, ecc);
  - o le zone rocciose con brusche variazioni in quota vengono delimitate con poligoni 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;
  - o muri di sostegno (piede e sommità);
- e) profili altimetrici che aiutano a descrivere l'andamento del terreno pur non essendoci variazioni sensibili in quota:
  - o delimitazioni di colture, dove esiste un cambiamento di pendenza;
  - o particolari forme del terreno difficilmente ricostruibili con soli punti quotati (come conoidi o selle).

### 6.3 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 l'accuratezza finale precedentemente stabilita.

E' necessario effettuare un controllo sul TIN prima della produzione finale del DTM come grid. Una volta verificato che la densità delle informazioni altimetriche sia quella prevista, bisogna passare alla generazione delle curve di livello con passo superiore al valore canonico, pari ad un millesimo del fattore di scala

(indicativamente 5 volte superiore), 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 della tolleranza, 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 il corso d'acqua);
- controllo delle zone boschive per garantire che le quote siano consistenti con altri eventuali particolari quotati circostanti;
- verifica che i punti quota, i profili e le 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.

#### **6.4 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLA GENERAZIONE DEL DTM**

I dati da consegnare sono:

- tutti i punti altimetrici acquisiti, comprensivi di break-line e profili quotati e il corrispondente TIN ottenuto con un programma commerciale;
- un DTM in forma di grid regolare, con un passo pari ad 1 mm grafico dell'elemento cartografico, ottenuto mediante interpolazione dal TIN generato. Le coordinate piane dei punti del grigliato devono essere un multiplo intero del passo;
- le curve di livello, con le quote associate quale loro attributo, ricavate dal TIN con uno smoothing ed eventuale editing per adattarle graficamente all'elemento cartografico.

I punti quotati che saranno riportati sull'elemento cartografico dovranno essere provvisti di codice per distinguerli da quelli integrativi.

Devono inoltre essere consegnati, in un unico file, le delimitazioni delle aree sul terreno che corrispondono a:

- invasi naturali o artificiali (laghi, fiumi areali, ecc.);
- zone di vegetazione fitta o ad alto fusto;
- centri abitati;
- eventuali zone coperte da DTM di diversa accuratezza provenienti da altre fonti.



## **7 RICOGNIZIONE**

### **7.1 GENERALITA'**

La ricognizione sul terreno comprenderà:

- l'integrazione metrica;
- la ricognizione informativa;
- la raccolta della toponomastica e di quanto necessario alla costruzione del database topografico;
- il riporto dei limiti amministrativi.

Non è richiesta l'integrazione relativa alle variazioni intervenute sul territorio dalla data del volo al momento della ricognizione stessa, a meno di casi eccezionali da concordare, anche amministrativamente, con la Direzione Lavori.

Si rimanda ai contenuti degli oggetti descritti nel documento 1007 la definizione degli attributi (geometrici e di contenuto) eventualmente da completare e/o integrare in fase di ricognizione, per ciascuno degli oggetti che formano il contenuto del DB topografico alla scala nominale del presente capitolato, con riferimento stretto alle "specifiche di contenuto".

### **7.2 INTEGRAZIONE METRICA**

L'integrazione metrica deve essere eseguita per inserire opere costruite nell'intervallo di tempo intercorso fra l'esecuzione del volo e la data della ricognizione.

I punti rilevati dovranno possedere tutte le caratteristiche di precisione richieste per gli altri punti del database, comprese quelle di posizionamento assoluto.

L'integrazione metrica verrà realizzata mediante il rilevamento diretto sul terreno a mezzo di operazioni topografiche ordinarie, tali da garantire il rispetto delle tolleranze previste, per tutte quelle porzioni di territorio per le quali, in fase di restituzione, non sia stato possibile disporre di elementi sufficienti per una corretta rappresentazione, cioè:

- i particolari rimasti defilati alla presa;
- i particolari mascherati dalla vegetazione;
- i loggiati, i porticati e ogni passaggio o apertura in genere, a cielo coperto ed aperti al pubblico;
- altri particolari segnalati dal restituitista perché non sufficientemente chiari;
- le sgrondature.

Inoltre in relazione agli edifici la ditta appaltatrice dovrà acquisire gli elementi che consentano di effettuare il posizionamento delle dividenti perimetrali fra i singoli corpi di fabbrica, in particolare in relazione alle differenze di tipologia, epoca di costruzione e destinazione d'uso.

Nelle operazioni di rilievo topografico sul terreno devono essere registrati e conservati i valori numerici delle misure o meglio, se disponibili, quelli delle coordinate dei punti battuti, in modo che l'inserimento dei nuovi elementi nel file di restituzione avvenga in forma numerica, senza decadimento della precisione originale.

Non è consentito l'inserimento mediante digitalizzazione del grafico prodotto dalla ricognizione.

### **7.3 INTEGRAZIONE INFORMATIVA**

Dal punto di vista informativo la ricognizione, attraverso le modalità precedentemente indicate, dovrà:

- correggere gli errori interpretativi commessi in fase di restituzione;
- integrare le colture e le essenze arboree previste nel database topografico;
- contrassegnare gli edifici di importanza essenziale per la comunità;
- integrare gli elementi morfologici necessari per una corretta compilazione del database;
- definire l'andamento di elementi sotterranei (canali, rogge, gallerie, ...)
- dirimere i dubbi interpretativi segnalati dal restituitista;
- individuare le aree a pavimentazione omogenea per carreggiate, aree parcheggio e marciapiedi;
- identificare le destinazioni d'uso di ogni singola unità immobiliare.

### **7.4 RACCOLTA DELLA TOPONOMASTICA E DI ELEMENTI INFORMATIVI**

La Ditta è tenuta a raccogliere tutta la toponomastica riguardante l'idrografia, 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.

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.

Solo per quanto riguarda la toponomastica della viabilità (numerazione civica, nomi strade, codici ecografici, ecc.) la Ditta non è tenuta a rilevare l'informazione, in quanto la stessa verrà fornita dalla Committenza nel formato in uso nel SIT comunale di Cinisello Balsamo, vale a dire ESRI Geodatabase con Sistema di Coordinate di riferimento Gauss – Boaga (Monte Mario).

## **7.5 RIPORTO DEI LIMITI AMMINISTRATIVI**

La Ditta è tenuta ad integrare nel Db topografico i limiti amministrativi forniti dalla Committenza nel formato in uso nel SIT comunale di Cinisello Balsamo, vale a dire ESRI Geodatabase con Sistema di Coordinate di riferimento Gauss – Boaga (Monte Mario).

## **7.6 ORIGINALE DI RICOGNIZIONE**

Quale supporto per il riporto delle risultanze della ricognizione si utilizzeranno gli elaborati grafici prodotti al termine della restituzione. 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. E' anche richiesto che la Ditta tenga traccia delle risultanze delle analisi preventive eseguite sulla struttura dati di restituzione e sulle cartografie esistenti, per poter eseguire la corrispondente verifica di qualità.

## **7.7 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELLA RICOGNIZIONE**

Al termine della fase di ricognizione dovrà essere messo 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;
- il materiale relativo alle pre-verifiche topologiche e al confronto con le cartografie esistenti;
- libretto e grafico della toponomastica.

## **8 OPERAZIONI DI EDITING E STRUTTURAZIONE DEL DATABASE**

### **8.1 LA FASE DI EDITING**

L'editing grafico ed alfanumerico deve consentire all'operatore di eseguire, sul file di restituzione, tutti gli interventi di modifica, integrazione, cancellazione, controllo, ecc., che nella produzione cartografica tradizionale venivano effettuati, allo scopo di:

- tener conto di quelle indicazioni che il restituitista, mediante segni grafici o espliciti messaggi, ha apposto sulla minuta di restituzione;
- integrare la restituzione con le indicazioni provenienti dalla fase di ricognizione sul terreno o da altre fonti (fotointerpretazione e integrazioni metriche) e introdurre la toponomastica rilevata e quella fornita dalla Committenza, e le altre informazioni richieste nel database topografico;
- integrare i codici dei volumi di fabbricato forniti dalla Committenza, necessari per una corretta compilazione del database. Eventualmente la Ditta dovrà codificare i volumi di fabbricato mancanti di codice, concordando l'operazione con la Direzione Lavori;
- ricostruire le congruenze prescritte dalle Specifiche di contenuto, integrando le informazioni comunque acquisite in restituzione (ad esempio il riporto a terra delle quote del perimetro degli edifici, la ricostruzione delle congruenze altimetriche tra i lati opposti degli elementi di viabilità e idrografia, ecc...)
- effettuare la ricostruzione delle congruenze geometriche, l'organizzazione dei dati e la strutturazione dei file finali, come descritto nelle Specifiche di contenuto.

La Ditta dovrà comunicare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio della fase di editing, mediante una relazione tecnica dettagliata:

- le caratteristiche della strumentazione;
- le caratteristiche dell'hardware;
- le procedure software con cui gli interventi verranno effettuati, tra le quali non possono mancare:
  - o procedure per cui sia sempre possibile l'individuazione ed il controllo logico dei codici e delle entità, mediante simbologia grafica, colori, messaggi alfanumerici;
  - o 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;
  - o in che modo i dati sottoposti a editing, per gli interventi che modificano la geometria, vengano resi identificabili e confrontabili 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.

Gli specifici interventi da eseguire in fase di editing per ottenere il database topografico richiesto devono essere accuratamente studiati dalla Ditta incaricata.

Si sottolinea che tutte le richieste esplicitate nelle Specifiche di contenuto saranno accuratamente controllate su tutta la banca dati, anche attraverso procedure automatiche.

Il database che si configura nel presente appalto è concepito nella sua strutturazione logica informativa; il tradizionale prodotto su carta è esclusivamente uno dei prodotti derivabili.

L'esito grafico del DB topografico dovrà essere impostato sulle simbologie previste nel documento "Specifiche di contenuto".

### **8.2 SUPPORTI DI FORNITURA DEI DATI NUMERICI NEL CORSO DEI LAVORI**

All'atto della consegna dei lavori la Committenza, sentita la Direzione Lavori, concorderà con la stazione appaltante in quale formato dovranno essere messi a disposizione del Collaudatore stesso gli elaborati numerici intermedi (dati relativi alla rete di inquadramento, punti di appoggio stereoscopici, restituzione fotogrammetrica o altro).

I dati dovranno essere memorizzati su DVD. Ogni DVD dovrà contenere un file TXT che indichi il suo contenuto, la data di predisposizione e ogni altro elemento che serva ad inquadrarlo nello sviluppo temporale e sequenziale dei lavori.

### **8.3 STRUTTURA DEI DATI NUMERICI FINALI**

Tutto il database topografico oggetto dell'appalto dovrà essere strutturato in un formato da concordare con la Direzione Lavori, che garantisca il supporto a tutte le informazioni previste nelle "Specifiche di contenuto". In particolare le specifiche per la memorizzazione dei contenuti nello standard GML 3 sono riportate nel documento 1007\_5.

#### **8.4 MATERIALE DA CONSEGNARE AL TERMINE DELL' EDITING**

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

- gli originali di ricognizione nelle due versioni: una relativa a toponomastica e limiti amministrativi, l'altra con le con tutte le altre annotazioni;
- i file cartografici e alfanumerici (Db topografico), risultanti dopo l'operazione di editing, in formato finale;
- documenti controfirmati che certifichino la qualità dei dati inseriti nel DB topografico provenienti da fonti differenti rispetto al rilevamento aerofotogrammetrico;

#### **8.5 ELABORATI FINALI**

Alla fine dei lavori dovrà essere consegnato al Collaudatore il seguente materiale:

- il file del Db topografico, nel formato Geodatabase;
- i file cartografici nel formato derivato 3D ESRI, con relative librerie di vestizione;
- una copia delle ortoimmagini digitali georiferite, in formato TIFF e nel formato compresso JPEG oppure ECW;
- due copie della stampa delle ortoimmagini digitali su carta fotografica:
  - o una dell'intero territorio comunale (in scala 1:6000);
  - o una secondo il taglio cartografico concordato con la Direzione Lavori, previsto di n° 39 Fogli formato 60 \* 90 cm;
- due copie dei plottaggi della cartografia numerica (GCS Gauss – Boaga Monte Mario) secondo il taglio cartografico concordato con la Direzione Lavori, previsto di n° 39 Fogli formato 60 \* 90 cm:
  - o una su poliestere;
  - o una su carta 90 gr.;
  - o i file cartografici nel formato derivato DXF (GCS Gauss – Boaga Monte Mario) dell'intero territorio comunale e secondo il taglio cartografico concordato con la Direzione Lavori, previsto di n° 39 Fogli formato 60 \* 90 cm, con relative librerie di vestizione.

Per la realizzazione di tali tavole definitive, l'Ente Appaltante metterà a disposizione un cartiglio, che dovrà essere opportunamente adattato a cura della Ditta esecutrice.

Il plottaggio di ogni cartografia dovrà risultare "smarginato" di 2 cm. rispetto al taglio cartografico concordato con la Direzione Lavori, in modo che cartografie adiacenti riportino una significativa zona di sovrapposizione ai fini di un più agevole utilizzo del documento cartaceo.

Il formato di stampa, il quadro di unione e l'identificativo di ogni foglio dovranno essere concordati con la Direzione Lavori.

Il Quadro di unione e l'identificativo di ogni carta dovranno avere lo stesso principio di codifica attualmente in uso nella redazione delle Carte Tecniche, in modo da rendere semplice la ricerca del territorio corrispondente.

#### **8.6 METADATI**

Dovranno essere raccolte e riportate le informazioni di meta-informazione relative alla fornitura in oggetto, secondo le specifiche impartite dalla Direzione Lavori.

In ogni caso dovranno essere riportate almeno le seguenti informazioni, che fanno riferimento concettuale allo standard ISO 19115 "Core metadata for geographic datasets":

Il file deve contenere le seguenti informazioni obbligatorie:

- nome del DATASET (datate title);
- data di pubblicazione, di produzione e di revisione del Dataset (Dataset reference date);
- riferimento spaziale espresso attraverso l'estensione territoriale del Dataset, ad esempio attraverso i lotti secondo cui normalmente il dataset è prodotto all'interno di una CTR (Geographic location of the dataset);
- fattore di scala della scala di rappresentazione (Spatial resolution of the dataset);

- testo descrittivo per una spiegazione generale del dataset (Abstract describing the dataset);
  - informazioni sull'estensione del dataset, riferimenti verticali (valori minimi e massimi di quota, unità di misura, vertical datum) e temporali (data di rilievo, produzione e pubblicazione) (additional information for the dataset (vertical and temporal));
  - informazioni sul sistema di strutturazione del dato (raster, vector, ecc..) del database (Spatial representation type);
  - informazioni sulle fonti da cui è stato prodotto il dataset (Lineage).
- Le informazioni devono essere scritte in modo chiaro e di univoca interpretazione.

## **8.7 CONSEGNA FINALE**

Una volta emesso il verbale finale di collaudo con esito positivo da parte del Collaudatore, la Ditta avrà due settimane di tempo per consegnare gli elaborati finali alla Direzione Lavori.

## 9 COLLAUDO

L'attività di collaudo ha lo scopo di verificare la qualità del prodotto nei confronti di quanto riportato nelle presenti Specifiche Tecniche.

L'attività del collaudatore è descritta nelle Specifiche Amministrative.

Di seguito sono riportate le operazioni di collaudo da eseguire, per ciascuna delle fasi di produzione, sul materiale consegnato dalla Direzione Lavori.

### 9.1 COLLAUDO DELLE DIVERSE FASI

#### 9.1.1 Collaudo della ripresa fotogrammetrica

Il collaudo della ripresa fotogrammetrica comporterà:

- il controllo della correttezza e validità dei documenti presentati secondo quanto richiesto nel capitolo specifico;
- la verifica delle caratteristiche geometriche dei fotogrammi (scala minima, ricoprimento longitudinale e laterale, deriva e sbandamento), secondo le prescrizioni tecniche; tale verifica dovrà essere eseguita prendendo in esame almeno il 10% dei fotogrammi aerei che costituiscono la ripresa (indicativamente almeno un fotogramma per strisciata). Le verifiche di scala devono essere fatte sulle condizioni più sfavorevoli;
- il controllo sul materiale fotografico impiegato e delle condizioni generali su tutti i fotogrammi (nitidezza, assenza di nubi, leggibilità nelle zone d'ombra, altezza dei raggi solari, ecc...);
- il controllo delle dimensioni della pellicola dopo il suo trattamento: verrà eseguito misurando le distanze fra le apposite marche fiduciali su almeno il 5% dei fotogrammi;
- la verifica del corretto funzionamento dello spianamento della pellicola: verrà eseguita mediante l'analisi delle parallassi di altezza residue prendendo in esame almeno 13 punti su almeno un modello di ogni strisciata; sarà da considerare positiva se gli sqm saranno contenuti in  $\pm 0.010$  mm. Inoltre con questa operazione si controllerà se le deformazioni del fotogramma e le variazioni degli elementi di orientamento angolare sono entro i limiti prescritti.

#### 9.1.2 Collaudo della fase d'inquadramento planimetrico ed altimetrico, e dell'appoggio

Il collaudo della determinazione dei punti d'appoggio comporterà le seguenti verifiche:

- la corretta densità e disposizione dei punti d'appoggio planimetrici e altimetrici;
- che gli strumenti utilizzati rispondano alle norme prescritte in capitolato;
- che i risultati ottenuti rispettino le prescrizioni;
- analisi dello schema del blocco effettivamente misurato e verifica di congruenza con il progetto;
- che siano state effettuate misure in numero sufficiente da rendere statisticamente significativi i controlli interni e le compensazioni. Il Collaudatore potrà imporre alla Ditta di eseguire ulteriori misure dirette sul terreno per controllare le coordinate dei punti d'appoggio, qualora egli nutra dei dubbi sull'adeguatezza della rete;
- la corretta predisposizione delle monografie dei punti d'appoggio.

#### 9.1.3 Collaudo della fase di Triangolazione Aerea

Il collaudo della T.A. comporterà la verifica del seguente materiale:

- le caratteristiche del programma di calcolo utilizzato;
- i risultati ottenuti dall'elaborazione, in particolare gli sqm sui punti di legame e gli scarti sui punti d'appoggio;
- analisi dei tabulati finali e verifica che eliminazione di punti e scarti finali siano conformi a quanto previsto;
- la corretta disposizione dei punti di legame;
- la corretta predisposizione delle monografie dei punti di legame.

#### 9.1.4 Collaudo della fase di Celerimensura

Il collaudo della Celerimensura comporterà la verifica del seguente materiale:

- le caratteristiche dei programmi di calcolo utilizzati;
- gli schemi operativi seguiti;
- le caratteristiche strumentali degli apparati GPS e topografici impiegati;
- i risultati ottenuti dall'elaborazione;

#### 9.1.5 Collaudo del DTM

Il collaudo del DTM verrà effettuato sia sulle curve di livello prodotte, verificandone l'aspetto strettamente grafico, sia sui dati altimetrici utilizzati per creare il TIN e sul DTM in formato grid.

Il collaudo del DTM verrà effettuato confrontando le quote ottenute dal TIN con i profili altimetrici acquisiti mediante restituzione fotogrammetrica, dalle stesse coppie stereoscopiche utilizzate per la produzione, e con profili altimetrici ottenuti mediante misure sul terreno con tecniche GPS.

I profili dovranno essere ottenuti per il 90% circa da restituzione ed il restante 10% da misure dirette sul terreno. Per il collaudo potranno essere utilizzati anche dati altimetrici, profili o DTM, provenienti da altre fonti purché siano certificati e con accuratezze adeguate. Per effettuare l'analisi statistica, al fine di verificare se i dati rientrano nella tolleranza prevista, i profili altimetrici acquisiti per il controllo dovranno essere confrontati con i corrispondenti profili ricavati dal TIN.

La somma totale delle distanze coperte dai profili altimetrici, ottenuti mediante misure a terra o restituiti, non dovrà essere inferiore a  $2 A^{1/2}$ , con A area totale da collaudare. Nella produzione dei profili altimetrici mediante GPS si dovrà avere particolare cura nelle misure di campagna utilizzando distanze tra i vertici delle poligonalità quotate in funzione della morfologia del terreno.

#### **9.1.6 Collaudo della restituzione**

Il collaudo della restituzione comporterà le seguenti verifiche:

- esame dei documenti comprovanti la verifica degli strumenti di restituzione;
- ripetizione allo strumento dell'orientamento di almeno il 5% dei modelli utilizzati in restituzione e rideterminazione sugli stessi di almeno 30 particolari plano-altimetrici ben definiti e di altrettanti punti quotati, situati in zone diverse del modello ed in zone di sovrapposizione con i modelli contigui; le coordinate acquisite in fase di controllo e quelle memorizzate nel file di restituzione originale dovranno differire di quantità inferiori alle tolleranze di posizione di un punto;
- controllo delle modalità di restituzione delle curve di livello (nel caso queste siano state restituite direttamente e non mediante interpolazione dal DTM) per ognuno dei modelli citati, verificando che, in corrispondenza di almeno 5 porzioni di curve dallo sviluppo grafico non inferiore a 10 cm alla scala di restituzione, la posizione del tratto di curva restituito in fase di controllo si discosti rispetto alla curva di restituzione di meno della metà dell'intervallo planimetrico fra la curva in oggetto e le due adiacenti;
- verifica a campione della completezza del contenuto del database topografico e dell'accuratezza della fotointerpretazione secondo quanto previsto per i segni grafici;
- verifica che siano stati evidenziati, con opportune codifiche, segni grafici e note sul disegno ottenuto al plotter, tutti i particolari da completare mediante ricognizione a terra o editing grafico.

#### **9.1.7 Collaudo della ricognizione**

Il collaudo della ricognizione comporterà le seguenti verifiche:

- esame degli originali di ricognizione;
- ricognizione sul terreno di almeno un decimo delle tavole (secondo il taglio degli elementi grafici descritto), a scelta del Collaudatore. Esso dovrà prendere nota scritta di tutti gli errori interpretativi, di tutte le omissioni riscontrate e della sua valutazione sulla qualità degli elementi cartografici. Dovrà inoltre eseguire un controllo qualitativo della rappresentazione morfologica del terreno; dovranno essere elencate tutte le deficienze e di conseguenza giudicata la validità di tale rappresentazione. Particolare riguardo dovrà essere posto nella verifica degli interventi di ricognizione realizzati sull'edificato;
- esame dei documenti relativi a tutte le misure integrative eseguite sul terreno.

#### **9.1.8 Collaudo dell'editing e del formato dei dati**

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.

Sugli elaborati di consegna della cartografia numerica è previsto un insieme di controlli a tappeto automatizzati, al fine di rilevare eventuali errori o manchevolezze.

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

- i codici utilizzati siano tutti e solo quelli previsti;
- la topologia per ogni oggetto (linea, superficie o punto) sia quella prevista;
- gli attributi alfanumerici associati ad ogni oggetto siano tutti e soli quelli previsti per l'oggetto stesso;
- gli oggetti siano raggruppati nel formato finale come previsto (per geometria e classe).

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;
- non ci siano sovrapposizioni non previste tra oggetti (congruenza geometrica);
- non ci siano gap non previsti tra oggetti;
- verifica dei vincoli previsti a livello dei singoli oggetti, tra cui ad esempio:

- i grafi stradale siano contenuti negli elementi della viabilità. Analogamente per i grafi ferroviari e dell'idrografia;
- i binari siano contenuti nei tracciati o parchi ferroviari;
- gli oggetti dell'idrografia che rappresentano il livello acqua siano contenuti negli oggetti di tipo "greto" o "bacino" corrispondenti;
- l'altimetria rientri entro *range* prestabiliti;
- venga rispettata la densità minima e massima di punti prevista;
- controllo che le entità "edificio" contengano almeno un punto quotato sulla copertura.

Il collaudo degli elaborati grafici consisterà nelle seguenti operazioni:

- controllo della corrispondenza dei supporti, del taglio e del formato dei fogli alle norme di capitolato;
- controllo della corrispondenza della simbologia grafica adottata con quanto previsto in capitolato;
- controllo della corrispondenza tra quanto rappresentato mediante il tracciamento automatico al plotter e quanto riportato negli archivi numerici corrispondenti;
- controllo del corretto posizionamento delle scritte;
- controllo della qualità degli elaborati cartacei previsti.

#### **9.1.9 Collaudo finale sul terreno**

Il Collaudo finale sul terreno, da effettuarsi su almeno il 10% dell'area interessata ed in almeno tre zone differenti del territorio rilevato, consisterà nelle seguenti operazioni:

- determinazione della posizione, rispetto alla rete geodetica di inquadramento, di un numero significativo di punti isolati ben definiti;
- misura di un numero significativo di distanze tra coppie di vertici di cui al punto precedente;
- misura della quota di un numero significativo di informazioni di quota, sia veri e propri punti quotati, sia l'informazione altimetrica dei normali punti tridimensionali;
- misura di un numero significativo di dislivelli tra coppie di punti quota, di cui al punto precedente.

Per "numero significativo di punti" si intende un numero di punti tale da garantire al Collaudatore di non imbattersi in situazioni particolari e di poter emettere un giudizio di accettazione certo. Come ordine di grandezza a priori, si prevede che siano rispettate tali condizioni determinando sul terreno:

- un punto ogni 8 ettari, per le aree rilevate.

Qualsiasi sia l'estensione del territorio è necessario eseguire ciascuna verifica su almeno 30 punti.

E' implicito che il metodo di determinazione delle coordinate dei punti rilevate in fase di Collaudo deve garantire una precisione superiore rispetto all'approccio aerofotogrammetrico.

## **9.2 VERBALE DI COLLAUDO FINALE**

Il Collaudatore redigerà il verbale finale di collaudo quando tutte le fasi operative relative all'intera prestazione saranno completate e collaudate con esito positivo.

Non verranno contabilizzate le superfici cartografiche esterne al limite amministrativo dell'oggetto del rilievo (lo "sbordo" di 1 centimetro grafico previsto).