



Regione Lombardia

Territorio e Urbanistica

**Specifiche Tecniche aerofotogrammetriche
per la realizzazione del Data base topografico
alle scale 1:5.000 e 1:10.000**

Versione 3.0 – Dicembre 2007

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 predisposti dall'Intesa Stato Regioni Enti locali (di seguito IntesaGis) a riguardo dell'informazione geografica che stabiliscono la qualità del prodotto nei suoi principi e alle "Specifiche di contenuto e schema fisico di consegna dei Db topografici" che prospettano una applicazione operativa dei documenti IntesaGis in Regione Lombardia.

Quanto definito nel seguito può essere eventualmente variato in fase di appalto, 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. Sono comunque da derivare i prodotti previsti da Regione Lombardia (ad esempio i nuovi raster in bianco e nero alla scala 1:10000) secondo le caratteristiche previste dagli appositi documenti tecnici di riferimento.

Per quanto riguarda il formato e le caratteristiche tecniche del materiale di consegna si deve far riferimento al documento "Specifiche di contenuto e schema fisico di consegna dei DB topografici"; per quanto riguarda invece le regole di rappresentazione ci si deve attenere a quanto indicato nelle "Specifiche di rappresentazione dei Data Base topografici alle varie scale". Entrambi i documenti sono predisposti da Regione Lombardia come applicazione delle indicazioni previste da IntesaGis.

1.2 OGGETTO E MODALITA' DI ESECUZIONE DEI LAVORI

1.2.1 Oggetto del lavoro

Le presenti specifiche tecniche sono finalizzate alla produzione di un database topografico alla scala 1:5.000 - 1:10.000.

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 un cm grafico all'esterno del limite di individuazione dell'oggetto del rilievo (confine amministrativo o altro).

Nel caso esistano DB topografici dei territori confinanti è richiesto che essi siano utilizzati per garantire un corretto riattacco del nuovo Db topografico ai dati esistenti. L'estensione dell'area di rilievo, definita porzione di territorio rilevato, è da stabilire in modo tale da evitare di interrompere in parti gli edifici, gli edifici minori ed i manufatti e, in particolare, di evitare di suddividere longitudinalmente strade, ferrovie, fiumi e altri oggetti.

Analoga attenzione va posta per le suddivisioni interne ad un lotto di produzione del DB topografico in parti a differente scala di rilievo. E' vincolante comunque l'armonizzazione fra le varie porzioni di territorio rilevate a differente scala nell'ambito del lotto per garantire la continuità geometrica e la consistenza topologica dei vari oggetti.

E' infine richiesto che la nuova produzione sia armonizzata con DB topografici confinanti eventualmente esistenti, rispettando i criteri generali definiti dalla differente scala di rilievo. Tali DB topografici dovranno essere messi a disposizione da parte della Direzione Lavori.

Il prodotto finale è costituito dal DB topografico e dalla cartografia tecnica. La cartografia tecnica rappresenta parte dei contenuti del DB topografico ma è organizzata in fogli, come descritto nelle "Specifiche tecniche per la rappresentazione dei DB topografici". Deve comunque essere sempre prodotta la serie di sezioni della CTR alla scala 1:10000, come previsto in tali specifiche. Il DB topografico ha invece i contenuti descritti nelle "Specifiche tecniche di contenuto e schema fisico dei DB topografici"; non presenta soluzioni di continuità nell'ambito del lotto complessivo di produzione prescindendo quindi dalla scala di rilievo tipiche di singole porzioni di territorio.

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).

Non è più ammessa la produzione in Gauss Boaga – Roma 40; se per motivi contingenti dovesse essere richiesta una fornitura in tale sistema, la produzione deve comunque essere realizzata nel sistema di riferimento previsto e da essa dovrà essere derivata la copia in Guass-Boaga utilizzando i software ed i grigliati di trasformazione pubblicati dall'I.G.M. nella loro versione più recente, mediante gli appositi servizi messi a disposizione da Regione Lombardia.

Sino alla determinazione dei punti d'appoggio dovrà sempre essere determinata sia la quota ellissoidica (WGS84) sia la quota sul livello medio del mare (Genova 1942). In stereorestituzione dovrà essere impiegata la quota sul livello medio del mare. Per la stima dell'ondulazione geoidica devono essere utilizzati i software ed i grigliati di trasformazione pubblicati dall'I.G.M. nella loro versione più recente, eventualmente disponibili mediante gli appositi servizi messi a disposizione da Regione Lombardia.

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 nei documenti 1007_1-2 di IntesaGis; la specializzazione di tali elementi è riportata nel documento regionale "Specifiche di contenuto e schema fisico di consegna dei Db topografici".

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. Le coordinate ottenute nelle varie fasi di lavoro non devono essere mai troncate.

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;
- 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 ed 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 da luogo allo "scarto planimetrico" e la differenza in quota corrisponde allo "scarto altimetrico".

Di seguito sono definiti i σ di riferimento, cioè i valori quadratici medi, per ciascuna scala di cartografia. La tolleranza per ciascuna scala di DB è definita pari a 2σ . 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 4σ .

Nel documento di riferimento (1007_1-2) 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 σ (esempio 1σ , 3σ , ...).

I livelli di accuratezza previsti per le reti d'inquadramento non dipendono dalla scala di produzione del database topografico, come specificato nell'apposito paragrafo. Di conseguenza, per tale fase di lavorazione non si fa riferimento ai successivi paragrafi del presente capitolo.

1.3.2 Valori quadratici medi per le varie scale

Per quanto riguarda il contenuto planimetrico del DB topografico, il valore quadratico medio di riferimento per la varie scale è il seguente:

- per la scala 1:5000 $\sigma = 1.50$ m
- per la scala 1:10000 $\sigma = 3.00$ m

Per quanto riguarda il contenuto altimetrico del Db topografico, il valore quadratico medio di riferimento per la varie scale è il seguente:

- per la scala 1:5000 $\sigma = 1.00$ m
- per la scala 1:10000 $\sigma = 2.00$ m

1.3.3 Tolleranze di posizione di un punto

Per ogni scala sono di seguito definiti i valori limite per la risultante degli scarti pari a 2σ , per il valore medio degli scarti pari a $1/2 \sigma$ e per la deviazione standard degli scarti pari a 1σ .

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 1σ , si dovrà verificare che:

- per la scala 1:5.000
 - per il 95% dei punti la risultante delle differenze in Est e in Nord sia inferiore a 3.00 m;
 - il valore medio delle differenze sia in Est che in Nord fra le due determinazioni sia compreso fra ± 0.50 m;
 - la deviazione standard delle differenze sia in Est che in Nord fra le due determinazioni risulti inferiore a ± 1.00 m;
- per la scala 1:10.000
 - per il 95% dei punti la risultante delle differenze in Est e in Nord sia inferiore a 6.00 m;
 - il valore medio delle differenze sia in Est che in Nord fra le due determinazioni sia compreso fra ± 1.00 m;
 - la deviazione standard delle differenze sia in Est che in Nord fra le due determinazioni risulti inferiore a ± 2.00 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 1σ , si dovrà verificare che:

- per la scala 1:5000
 - per il 95% dei punti il modulo della differenza in quota sia inferiore a 2.00 m;
 - il medio delle differenze in quota fra le due determinazioni sia compreso fra ± 0.50 m;
 - la deviazione standard delle differenze in quota fra le due determinazioni risulti inferiore a ± 1.00 m;
- per la scala 1:10.000
 - per il 95% dei punti il modulo della differenza in quota sia inferiore a 4.00 m;
 - il medio delle differenze in quota fra le due determinazioni sia compreso fra ± 1.00 m;
 - la deviazione standard delle differenze in quota fra le due determinazioni risulti inferiore a ± 2.00 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 1σ , i valori corrispondenti devono opportunamente essere modificati con proporzionalità diretta.

1.3.4 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:
 - 1.20 m per i punti quota e 2.00 m per i profili o break-line per la scala 1:5000
 - 2.40 m per i punti quota e 4.00 m per i profili o break-line per la scala 1:10.000
- la deviazione standard delle differenze tra i punti utilizzati per produrre il DTM e di corrispondenti misurati sul terreno dovrà essere minore di:
 - 0.60 m per la scala 1:5000
 - 1.20 m per la scala 1:10.000

- il valore assoluto della differenza fra i punti misurati in fase di collaudo ed i punti ottenuti mediante interpolazione dal DTM, dovrà:
 - nel 80% dei casi essere inferiore a 1.20 m per la scala 1:5000 e 2.40 m per la scala 1:10000;
 - nel 5% dei casi essere inferiore a 2.40 m per la scala 1:5000 e 4.80 m per la scala 1:10000;
 - non eccedere in nessun caso il valore 3.00 m per la scala 1:5000 e 6.00 m per la scala 1:10000.Nelle zone di vegetazione ad alto fusto, per la tolleranza altimetrica, deve essere tenuto conto dell'altezza degli alberi (1/4 valore altezza).

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, anche se la curva da collaudare è stata ottenuta dal DTM.

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 σ_h che deve essere preso a riferimento per il collaudo viene incrementato nel modo seguente : $\sigma_h^2_{nuovo} = \sigma_h^2_{vecchio} + (0.2\text{mm} * 1/\text{scala} * \text{tg } \alpha)^2$ 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 in B/N o 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.

2.1 Caratteristiche del velivolo

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, pur se caldamente consigliato:

- 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

Possono essere utilizzate camere fotogrammetriche digitali esclusivamente nel caso ciò sia autorizzato preventivamente dalla Direzione Lavori (sentito il Collaudatore). In tal caso tutte le specifiche di seguito descritte riguardanti il volo devono essere adattate alle caratteristiche della strumentazione utilizzata. Resta vincolante il raggiungimento delle precisioni finali previste. Si raccomandano le Direzioni Lavori affinché siano utilizzati esclusivamente camere metriche poiché solo esse garantiscono l'ottenimento di immagini esenti da distorsioni.

Stante la rapida innovazione tecnologica in atto nel settore delle camere digitali, si ritiene opportuno limitare le indicazioni relative all'impiego di camere digitali indicando i criteri con cui valutare l'eventuale strumentazione proposta:

- le dimensioni del pixel al suolo (almeno 27 cm per la scala 1:5000 ed almeno 45 cm per la scala 1:10000);
- la scala media e minima del fotogramma può essere meno restrittiva sino ad un 20% rispetto alle indicazioni di seguito riportate per le riprese tradizionali;
- l'abbracciamento al suolo di ogni immagine deve essere rapportato al numero di immagini necessarie, considerando l'aumento di lavorazione per appoggio, triangolazioni aerea, e restituzione;
- la sensibilità stereoscopica che si viene a determinare deve essere comparabile con la tradizionale produzione e deve sempre essere verificata la relazione
(base di presa)/(altezza relativa di volo) > 0.2;
- è da considerarsi obbligatorio l'impiego integrato con la fase di presa di sistemi applanix o similari.

2.3 Caratteristiche del materiale fotografico

Per le riprese aeree fotogrammetriche oggetto dei lavori, sia in B/N che a colori, dovranno essere utilizzati i materiali fotografici (negativa B/N pancromatica o 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 μm 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 (normalmente eseguita su di un grigliato di geometria nota), 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 a 400 dpi, con compressione al 75%) per verificare con esso i ricoprimenti, l'assenza di nuvole e di ombre e quant'altro viene normalmente verificato sulle positive prodotte dai fotogrammi.

Il file originale non deve essere compresso e deve essere consegnato in formato TIF.

L'impiego della strumentazione digitale deve permettere il rispetto delle tolleranze riportate nelle presenti specifiche tecniche e tutte le verifiche previste per l'approccio tradizionale devono essere eseguite anche nel caso di utilizzo di immagini digitali.

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.

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

2.5 Caratteristiche metriche dei fotogrammi

I moduli delle differenze fra le distanze misurate fra le marche fiduciali (siano esse ai bordi o agli angoli del fotogramma) e le distanze fra le corrispondenti marche desunte dal certificato di calibrazione dovranno essere inferiori allo 0.05% del valore della distanza stessa (corrispondente alla tradizionale deformazione di ± 0.1 mm sui 230 mm), per almeno il 95% dei fotogrammi e comunque mai superiori allo 0.1% del valore della distanza. Il modulo della deviazione standard degli scarti sulle marche fiduciali durante l'esecuzione dell'orientamento interno deve risultare per il 95% dei fotogrammi inferiore a 10 micron e mai superiore a 20 micron.

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. Nel caso i difetti fossero addebitabili ai negativi originali il volo deve essere ripetuto con materiale fotografico adeguato.

Ogni soluzione differente rispetto a quelle indicate nel caso di non rispetto delle caratteristiche metriche, deve essere attentamente valutata dalla Direzione Lavori e deve essere supportata da adeguati approfondimenti che assicurino sulla possibilità di ottenere dal resto delle fasi produttive la precisione finale prevista.

Per il database topografico alla scala 1:5000 le riprese dovranno essere effettuate da un'altezza di volo tale:

- da ottenere dei fotogrammi aventi scala media pari a 1:13000;
- che in nessun punto del blocco fotogrammetrico si debba restituire a partire da una scala inferiore a 1:16000; ciò significa che, utilizzando una focale di circa 150 mm, non si deve mai restituire con altezza di volo superiore a 2400 m.

Per il database topografico alla scala 1:10000 le riprese dovranno essere effettuate da un'altezza di volo tale:

- da ottenere dei fotogrammi aventi scala media pari a 1:22000;
- che in nessun punto del blocco fotogrammetrico si debba restituire a partire da una scala inferiore a 1:27000; ciò significa che, utilizzando una focale di circa 150 mm, non si deve mai restituire con altezza di volo superiore a 4050 m.

In ogni caso:

- le variazioni degli elementi angolari di orientamento dei fotogrammi (ω , φ , κ), 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 superiore al 10%; è opportuno che non superi il 30%;
- in nessun punto dovranno comunque presentarsi soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica delle zone assoggettate a ripresa.

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, 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, ciò al fine di consentire l'ottimale utilizzo della triangolazione aerea digitale.

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.

In aggiunta alla copertura di base, devono essere realizzate strisciate aventi l'asse parallelo all'andamento medio della linea di costa in concomitanza di un'inclinazione di quest'ultima, rispetto alla direzione normale di volo, compresa tra i 30 e i 60 gradi sessagesimali; dette strisciate vanno eseguite in modo che almeno l'80% di ciascun fotogramma abbracci la terraferma (salvo deroghe, concordate con la DL, per situazioni particolari); analogamente, in funzione della morfologia del terreno e della scala media richiesta, occorre eseguire strisciate integrative in asse con l'impluvio principale in corrispondenza di profonde vallate.

Nel caso il volo sia servito con la determinazione dei centri di presa mediante strumentazione GPS e degli assetti di ciascun fotogramma, è richiesto siano eseguite due o più strisciate trasversale per irrigidire il blocco fotogrammetrico. E' richiesto che il progetto di volo sia appositamente verificato in tal senso preventivamente all'esecuzione della ripresa aerea.

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 ore a cavallo del mezzogiorno solare e comunque in presenza di raggi solari con altezza non inferiore a 35 gradi sessagesimali. Voli eseguiti in periodi con angolo di incidenza del sole inferiore a 35 gradi sono ammessi solo nel caso vi siano motivi particolari, dopo aver ricevuto la preventiva approvazione della DL.

I fotogrammi dovranno presentarsi nitidi e assolutamente privi di foschia, di nubi e, per quanto possibile, di copertura nevosca. Per quanto riguarda nevai perenni, ghiacciai e particolari territori di montagna, la Direzione Lavori con atto esplicito autorizzerà il sorvolo del territorio corrispondente.

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 si consiglia l'impiego, quando disponibile, di un DTM relativo all'area da rilevare e di idonei strumenti software di progetto.

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); sulle diapositive dovrà essere stampato il nome del Committente, la data del volo ed il numero della strisciata e del fotogramma. Questa fornitura non è obbligatoria nel caso la ripresa fotogrammetrica sia digitale;
- 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 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 i file derivati di dimensioni contenute, come specificato nell'apposito paragrafo; resta obbligatoria la consegna di una copia completa su carta.

3 INQUADRAMENTO PLANIMETRICO ED ALTIMETRICO, APPOGGIO E TRIANGOLAZIONE AEREA

3.1 Generalità

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.)

Per la produzione di database topografici alle scale 1:10000 e 1:5000 il numero minimo di punti da determinare sul terreno è indicato al successivo paragrafo 3.3; i restanti punti possono essere tutti determinati mediante T.A.

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 da Regione Lombardia;
- il servizio di stazioni permanenti.

Nel caso in cui non sia necessario determinare ulteriori vertici di raffittimento, l'operazione di materializzazione, misura e calcolo deve seguire le regole esposte nel documento "Specifiche tecniche per il raffittimento della rete IGM95" redatto dal gruppo di lavoro sulle reti geodetiche di IntesaGis.

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 nel sistema UTM-WGS84, la quota ellissoidica WGS84 (ETRF89) per i vertici GPS;
- la quota ortometrica sul livello medio del mare per i vertici GPS (se disponibile) e 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: i punti di appoggio andranno opportunamente aumentati nelle zone di territorio corrispondenti ai fotogrammi non serviti dal dato GPS e di assetto.

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 tridimensionale 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.

A proposito della disposizione dei punti d'appoggio è sempre necessario il parere preventivo del collaudatore.

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 della configurazione ottimale: 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 di eventuali vertici d'inquadramento solo planimetrici;
- posizione di eventuali vertici d'inquadramento solo altimetrici;

- posizione dei punti d'appoggio tridimensionali;
- posizione di eventuali punti d'appoggio solo planimetrici;
- posizione di eventuali 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 2σ):

- 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 UTM-WGS84. Le quote ellissoidiche dei punti d'appoggio 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 ± 5 cm per tutte le scale nominali previste;
- il valore assoluto degli scarti residui tridimensionali delle baseline dopo la compensazione dovrà risultare inferiore a 7 cm per tutte le scale nominali previste.

Il risultato della seconda elaborazione dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- gli sqm planimetrici e altimetrici delle coordinate risultanti dovranno essere inferiori a ± 8 cm tutte le scale nominali previste;
- il valore assoluto degli scarti residui tridimensionali delle baseline dopo la compensazione dovrà risultare inferiore a 10 cm per tutte le scale nominali previste.

Nelle parti di Regione Lombardia coperte dal servizio di stazioni permanenti è possibile ricorrere a tale sistema per la determinazione delle coordinate dei punti d'appoggio per la produzione di DB topografici sia alla scala 1:10000; sia alla scala 1:5000.

E' anche possibile in ambiti di lavoro limitati, la determinazione in RTK con stazione master posizionata su un vertice d'inquadramento. In questi casi, non essendo definibile una procedura intrinseca di verifica basata sulla ridondanza dello schema di rilievo, è richiesto che si segua almeno una delle seguenti regole, stante il vincolo di rilevare ciascun punto in modalità *fixed* con accuratezza ≤ 3 cm:

- ripetere in tempi differenti il rilievo di almeno il 40% dei punti d'appoggio;
- rilevare 2 o 3 punti in ambito limitato (qualche decina di metri) rispetto alla posizione prescelta, trasformando il singolo punto d'appoggio in una "zona" d'appoggio.

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 residui sia inferiore a 10 μm e che nessuno scarto risulti superiore, in modulo, a 30 μm . 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:
40 cm in planimetria e a 30 cm in quota per DB alla scala 1:5.000;
70 cm in planimetria e a 50 cm in quota per DB alla scala 1:10.000;
- gli sqm dei punti di legame nelle tre componenti, in modulo, risulteranno inferiori a:
25 cm per DB alla scala 1:5.000;
40 cm per DB alla scala 1:10.000;
- 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. Il calcolo può essere eseguito in un sistema cartesiano locale e poi trasformato nel sistema cartografico prescelto e quota ortometrica.

La verifica di tali limiti in caso di triangolazione aerea automatica deve tener conto delle geometrie di determinazione dei punti di legame soprattutto quando essi derivano da strisciate a quote di volo differenti e con centri di presa pressoché sovrapposti.

3.7 Materiale da consegnare al termine delle operazioni di appoggio fotogrammetrico

Per tutti i punti d'appoggio 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 ϕ , λ Roma40 e WGS84 (ETRF89); quota ortometrica e quota ellissoidica;
- estratto di cartografia con la localizzazione del punto;
- uno schizzo od una immagine per il riconoscimento del particolare;
- fotografia del punto con in evidenza il ricevitore GPS durante le operazioni di misura;
- data di redazione della monografia e nome della Ditta esecutrice;

- descrizione del punto e del suo immediato circondario.

Nel caso non sia stata utilizzata la triangolazione aerea automatica, per i punti di legame devono essere prodotte delle monografie che ne consentano l'identificazione e ne riportino le coordinate da utilizzare nella fase di successivo utilizzo.

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 nei differenti sistemi di riferimento;

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 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.

3.8 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 dei punti di legame impiegati (solo per triangolazioni aeree non automatiche)
- 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.

Nel caso di grossi blocchi di triangolazione aerea automatica è richiesto che la ditta metta a disposizione tutti gli elaborati di calcolo presso la propria sede, in modo da poter verificare, in modo interattivo con il sistema, la completezza e rigidità dei legami eseguiti in fase di misura ed il corrispondente risultato di calcolo.

4 RESTITUZIONE

4.1 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.

Si ricorda che è caldamente consigliato l'impiego della fotogrammetria digitale, con sovrapposizione della geometria restituita alla visione tridimensionale derivante dal volo fotogrammetrico. E' quindi opportuno che si lavori con strumentazione digitale, che le caratteristiche di hardware (compreso il video) e software siano adeguate alla gestione di immagini di grandi dimensioni. e che l'operatore sia addestrato all'impiego dei moderni sistemi digitali di restituzione.

4.2 Caratteristica 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. E' invece richiesto che, nel caso esistano database topografici a scale superiori, predisposti con Specifiche Tecniche in linea con le presenti, i database a scala inferiore si armonizzino (in geometria e contenuti) a quelli a scala superiore. E' scorretto e non accettabile la procedura inversa. Gli scostamenti fra DB topografici a differenti scale debbono sempre essere inferiori alla tolleranza prevista per la scala minima fra quelle in gioco. In caso opposto è necessario sia interpellata la Direzione Lavori per un parere a proposito.

I raccordi fra elementi corrispondenti nelle diverse scale devono essere risolti in un ambito territoriale di circa 1 cm alla scala nominale.

4.3 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.

4.4 Sistema di restituzione

La Ditta provvederà autonomamente alla predisposizione del proprio sistema di stereorestituzione numerica, e comunicherà alla D.L.:

- 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 graficismi conformi a quanto prescritto, per gli elaborati finali;
- i criteri per l'acquisizione delle linee curve in automatico, ed i relativi parametri, per garantire il rispetto delle tolleranze richieste;

In fase di restituzione sono da utilizzare con estrema attenzione algoritmi di ortogonalizzazione o di parallelismo; gli automatismi impostati su tali algoritmi sono in generale sconsigliati e possono più opportunamente essere utilizzati, con estrema cautela, nella fase di editing, in modo da poter eventualmente regolarizzare le geometrie dai file di restituzione.

E' fondamentale ricordare alla Ditta che la struttura dati richiesta al Database topografico da realizzare non corrisponde ai normali prodotti di cartografia numerica; è opportuno quindi che si analizzi la possibilità di modificare le normali prassi operative per permettere già in fase di restituzione una qualità del dato adeguata alle finalità del lavoro.

4.5 Operatore

L'operatore allo strumento restitutore dovrà possedere 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.

4.6 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 e schema fisico di consegna dei Db topografici".

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.

La quota dei vertici che costituiscono la spezzata che rappresenta cartograficamente ciascun oggetto dovrà essere riferita al suolo (ad esclusione delle coperture, delle falde, delle tettoie e di quanto non fisicamente appoggiato al terreno). Ciò significa che i vertici della spezzata che descrivono l'andamento planimetrico di una struttura artificiale che si estende in altezza al di sopra del piano di calpestio, verrà attribuita la quota al piede della struttura, cioè quella che corrisponde all'intersezione della struttura con il piano calpestio ad essa adiacente.

Qualora il piede della struttura non sia stereoscopicamente collimabile, la sua quota verrà determinata in sede di restituzione in funzione del più vicino punto al suolo stereoscopicamente collimabile.

La densità media per decimetro quadrato dei punti quotati (ad esclusione dei punti al suolo integrativi) dovrà essere di almeno dieci punti nelle zone tradizionalmente descritte con le curve di livello (pendenza media del terreno superiore al 3%) e di almeno quindici nei restanti territori.

Qualora le dimensioni degli oggetti da restituire implicassero la degenerazione dell'oggetto stesso (ad esempio nel caso di elementi areali con larghezza inferiore al limite di cattura) gli oggetti dovranno avere una dimensione minima pari al valore di mezzo sigma della scala di rilevamento.

4.7 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.

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 1σ , 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.

4.8 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 che mediante quello di editing grafico presenti presso la Ditta, e consentire le specifiche operazioni di collaudo prescritte.

4.9 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.

5 GENERAZIONE DEL DTM

5.1 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 Direzione Lavori.

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

Il DTM da produrre deve essere:

- di tipo "level 3" per database topografici a scala 1:5000;

- di tipo "level 2" per database topografici a scala 1:10000;

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 1σ , dovrà essere pari a 1 m per il "level 3" e a 2 m per il "level 2", come descritto nel citato documento. Le accuratèzze altimetriche fissate sono relative a zone di terreno scoperto, prive di vegetazione e di 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 a dieci volte la accuratezza planimetrica;
- 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 "profili" 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 ricavate le curve di livello.

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.

5.2 I dati per acquisire il TIN

Le curve di livello devono necessariamente essere ottenute 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.

In dettaglio, 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 suolo (non vengono quindi utilizzati particolari quali viadotti, ponti, ecc.).
Si ricorda che devono essere utilizzati:
- 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;
 - i corsi dei fiumi comprensivi sia degli argini che delle sponde;
 - fossi, canali e delimitazioni di colture;
 - le linee di distacco dal suolo di edifici e manufatti.
- 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 appositamente a generare il DTM con la accuratezza fissata; 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 a 20 volte la accuratezza della scala di rilievo nel caso di terreno pianeggiante ed alla metà di tale lunghezza per terreno accidentato. I punti quotati generati in modo automatico dovranno essere scartati se hanno un basso coefficiente di correlazione. I punti eliminati, qualora necessario, devono essere quindi inseriti manualmente per garantirne la densità prefissata. Nelle zone di vegetazione fitta o ad alto fusto dovrà essere effettuata dall'operatore la collimazione manuale stimando l'altezza degli alberi ed apportando le dovute correzioni alle quote ottenute per autocorrelazione.
I punti quotati di raffittimento, manuali o automatici, dovranno essere memorizzati nella classe dei punti quotati gestendo l'attributo disegno "non rappresentato". Sono quindi da utilizzare solo per la generazione del DTM.
- d) le break-line sul terreno:
- gli eventuali terrazzamenti devono essere rilevati delimitandone i bordi. In particolare devono essere restituite le cave e le miniere a cielo aperto;
 - vengono considerati esclusivamente i dislivelli del terreno (non vengono compresi ponti, cavalcavia, edificati, ecc);
 - 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;
 - muri di sostegno (piede e sommità);
- e) le linee di costa relative ai laghi o al mare:
- la quota dei laghi, naturali ed artificiali, deve essere la stessa per tutto l'invaso;
 - il mare è fissato per convenzione a quota zero. La linea di costa deve coincidere con il DTM a quota zero;
- f) profili altimetrici che indicano un cambiamento di segno della pendenza del terreno (linee evidenti di compluvio e di impluvio):
- tutti i crinali e le vette (sommità);
 - i calanchi;
 - linee di fondo valle, in particolare quando non sono presenti corsi d'acqua;
- g) profili altimetrici che aiutano a descrivere l'andamento del terreno pur non essendoci variazioni sensibili in quota:
- delimitazioni di colture, dove esiste un cambiamento di pendenza;
 - particolari forme del terreno difficilmente ricostruibili con soli punti quotati (come conoidi o selle).

5.3 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, cioè ad esempio ogni metro per la scala 1:5.000), sovrapporre al modello stereoscopico e verificare visivamente se lo scostamento tra le curve generate ed il terreno sia entro i limiti fissati.

In caso di scostamento superiore al valore 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:

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

Una volta che il confronto fra il Tin ottenuto, le curve generate ed il modello stereoscopico risulta soddisfare le accuratezze previste si devono memorizzare le curve di livello secondo l'equidistanza prevista (un millesimo della scala di acquisizione).

Tutte le modifiche ed integrazioni che sono state eseguite nei dati vettoriali di partenza per la generazione del Tin devono essere memorizzati negli shape file di consegna finale in modo che lo stesso Tin possa essere replicato a partire dagli shape file di consegna. In altri termini, tutte le integrazioni apportate in editing non devono essere finalizzate solo alla generazione delle curve di livello ma devono permanere e essere fruibili nei file finali di consegna.

La fase di post editing si conclude con un apposito editing delle curve di livello. Il fine è quello di rendere le curve esteticamente adeguate alla leggibilità delle morfologia del terreno nei file raster cartografici previsti come output. Si tratta quindi di eliminare quelle curve che si formano per avvallamenti artificiali quali rampe, piani interrati, ecc... che non sono normalmente riportate nei prodotti cartografici. Si devono infine inserire gli attributi previsti alle curve (ad esempio visibile e non visibile) sempre in funzione della loro rappresentabilità.

Le curve di livello saranno caratterizzate dall'attributo ID_ZRIL che, riferendosi all'identificazione della specifica PORZIONE di territorio rilevato su cui si è costruito il Tin, indirettamente definisce a che scala sono state generate e dall'attributo DISEGNO che definisce come devono essere gestite in fase di disegno, cioè se non devono essere rappresentate a quella scala (ad esempio la curva di livello con quota 82 m s.l.m. non è da rappresentare alla scala 1:5000), se ogni singola parte deve essere visibile o meno (ad esempio non si rappresentano curve di livello in corrispondenza delle aree di circolazione stradale), come devono essere rappresentate (spessore in funzione del fatto che diventino direttrici, ordinarie o ausiliarie). Visto che sono derivate dal DTM non ha senso gestire l'attributo "certa" o "incerta", contrariamente a quanto definito dalle specifiche IntesaGis,

5.4 Materiale da consegnare al termine della generazione del DTM

I dati da consegnare sono:

- tutti i punti altimetrici acquisiti, comprensivi di break-line e i profili quotati che devono essere utilizzati per la costruzione degli altri oggetti del Db topografico.
- le curve di livello, con le quote associate quale loro attributo, ricavate dal TIN con il previsto eventuale editing per adattarle graficamente all'elemento cartografico;

6 RICOGNIZIONE

6.1 Generalità

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.

Dato che non è pensabile che alla scala 1:5000 e 1:10000, nelle zone boschive o comunque nelle zone di difficile accessibilità per quelle informazioni che non sono stereorestituibili, si analizzi tutto il territorio esplorandolo in modo diretto, per tali scale, prima di iniziare la ricognizione, è opportuno fare un'analisi di quanto ottenuto in restituzione, verificandolo topologicamente per evidenziare, ad esempio, eventuali strade non connesse (è opportuno utilizzare già il grafo), idrografie non connesse o altro.

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

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

Come supporto per le note di ricognizione deve essere impiegata una copia su carta del file di restituzione, con riportate le annotazioni precedentemente rilevate attraverso le analisi sopraindicate.

E' opportuno che alcune informazioni (quali ad esempio il numero civico, la destinazione d'uso di edifici, ecc...) siano recuperate dalla Ditta a partire da banche dati esistenti e certificate (DB tematici, società di servizi, ufficio anagrafe, ecc..), in modo da evitare la generazione di dati incongruenti con archivi esistenti.

6.2 Integrazione metrica

L'integrazione metrica alle scale 1:5.000 e 1:10.000 è rara. Nel caso venga utilizzata, i punti rilevati dovranno possedere tutte le caratteristiche di precisione richieste per gli altri punti del database, comprese quelle di posizionamento assoluto.

La ricognizione ha lo scopo di 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;

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.

6.3 Integrazione informativa

Dal punto di vista informativo la ricognizione, attraverso le modalità precedentemente indicate, dovrà, in funzione delle diverse scale:

- correggere gli errori interpretativi commessi in fase di restituzione;
- integrare le colture e le essenze arboree previste nel database topografico;
- rilevare le destinazioni d'uso degli edifici di importanza essenziale per la comunità;
- definire l'andamento di elementi sotterranei (canali, rogge, gallerie, corsi d'acqua naturali tombinati...)
- dirimere i dubbi interpretativi segnalati dal restituitista;
- individuare le aree a pavimentazione omogenea per carreggiate, aree parcheggio e marciapiedi;

- individuare il posizionamento di accessi e numeri civici.

La ricognizione è opportuno sia eseguita con minute di restituzione stampate in modo tale da rendere già confrontabili gli aspetti interpretativi di ciascun oggetto (può essere utile la stampa a colori). E' consigliabile inoltre predisporre schemi di raccolta dati sul terreno adeguati alla moderna tecnologia (supportati da palmari e strumenti similari) in modo da evitare il più possibile la riscrittura di informazioni rilevate in ricognizione ed editate nella successiva fase di organizzazione dei dati finali di consegna. Altrettanto utili si sono dimostrate in recenti esperienze le video riprese eseguite da automezzo, che si muove a bassa velocità (20 – 40 km/h) su tutte le strade, con angolo di ripresa leggermente inclinato verso il lato destro e verso il basso.

L'operazione di ricognizione è da considerarsi essenziale al raggiungimento dei requisiti di qualità richiesti ad un DB topografico. E' quindi importante che sia eseguita in modo ordinato e metodico.

Si richiede che la fase di ricognizione sia finalizzata ai seguenti due obiettivi:

- l'eventuale integrazione metrica di aggiornamento, per l'integrazione informativa e per la raccolta di tutto quanto necessario all'adeguamento a database topografico;
- la verifica e il rilievo della numerazione civica completa di codice via (come descritto in seguito).

E' quindi opportuno avviare una serie di intelligenti verifiche con strumenti Gis del dato rilevato alla prima esplorazione, da concordare preventivamente con il Collaudatore. E' opportuno che alcune informazioni (quali ad esempio il numero civico, la destinazione d'uso di edifici, ecc....) siano recuperate dalla Ditta incaricata a partire da banche dati esistenti e certificate (DB tematici, società di servizi, ufficio anagrafe, ecc..) e siano poi verificate sul terreno durante la ricognizione, in modo da evitare la generazione di dati incongruenti con archivi esistenti.

6.4 Raccolta di toponomastica, accessi, numeri civici e di altri elementi informativi

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

Questa dovrà essere ricavata sia da documenti ufficiali esistenti, il cui reperimento è a carico della Direzione Lavori, sia da informazioni raccolte sul luogo in fase di ricognizione.

Si raccomanda alla Ditta di eseguire ricerche approfondite nelle sedi della Committenza che normalmente è già in possesso di una serie di elementi di qualità certa che devono quindi esclusivamente essere riportati nel database topografico.

Sempre in questa fase la Ditta interagendo con la Direzione Lavori dovrà altresì raccogliere i dati necessari alle informazioni richieste nel database, soprattutto per ciò che concerne gli impianti di importanza territoriale (elettrorodotti, gasdotti, metanodotti e similari) e i servizi principali (ospedali, scuole, zone fieristiche, ecc..).

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.

Quella dei numeri civici è una delle informazioni indispensabili per la gestione di un Sit ed ha valenza sovracomunale. Per tali aspetti è da considerarsi un dato che deve avere un elevato livello di qualità; ciò vale anche alle scale 1:5000 e 1:10000. Va ricordato che se il progetto di rilevamento ha rispettato il presupposto fondamentale per cui è la realtà da rilevare che impone la scala del rilievo (e quindi il livello di accuratezza ed il corrispondente costo di produzione) dovrebbero risultare poco numerosi gli edifici di cui è necessario rilevare l'accesso ed il corrispondente numero civico. In corrispondenza di tali edifici è altrettanto normale si debba comunque recarsi per le previste attività di ricognizione. In tal senso il rilievo del codice ecografico completo (via e numero civico) non è da considerarsi un onere aggiuntivo rispetto al recupero delle normali informazioni di ricognizione.

L'accesso corrisponde ad un qualsiasi tipo di collegamento (anche potenziale cioè contingentemente impedito da un infisso o da elemento simile che non prevede una apertura) fra area esterna ed interno di ogni edificio. Sono quindi accessi anche le vetrine di un negozio, le porte di servizio e similari. Non tutti gli accessi hanno un numero civico.

La gestione degli accessi è legata alle caratteristiche costruttive degli stabili; la gestione dei numeri civici è legata normalmente alle regole dell'anagrafe comunale.

Alcuni di questi accessi sono dotati di numero civico, cioè di una particolare informazione che permette lo strategico collegamento fra banca dati territoriale e banca dati anagrafica. Esistono però accessi a cui non è associato alcun numero civico; non possono esistere numeri civici senza il corrispondente accesso.

In Comuni ben organizzati ad ogni numero civico corrisponde una targhetta apposta in corrispondenza dell'accesso su cui è riportato il codice alfanumerico corrispondente al numero stesso. Sono però numerosi i casi in cui tale targhetta non esiste, esistono più di una targhetta o il codice riportato sulla targhetta è differente rispetto al numero civico della banca dati anagrafica.

Le casistiche con cui sono regolati i numeri civici sono purtroppo numerose e disparate.

Gli edifici che non fanno parte dei nuclei urbanizzati e di cui quindi è richiesto il rilievo di accessi e numeri civici alle scale 1:5000 ed occasionalmente 1:10000, sono spesso costituiti da edifici isolati, per i quali è assolutamente normale far corrispondere un solo accesso (e nel caso numero civico).

Si ricorda che il rilievo dei numeri civici deve essere concordato con la Direzione Lavori e verificato dall'amministrazione comunale. Non corrisponde mai al solo rilievo delle targhette esistenti e alla memorizzazione della indicazione riportata sulla targhetta stessa. Se la Direzione Lavori mette a disposizione gli archivi comunali, dovrà essere concordata con la DL stessa la modalità per correlare tali archivi con i dati del rilievo, come estensione dei contenuti stabiliti dalle specifiche attuali. Non è corretto limitare il rilievo dei numeri civici all'inserimento nel DB topografico della posizione delle apposite targhette che identificano il numero stesso; esse infatti possono essere non aggiornate e/o non controllate. Il numero civico è imposto e gestito dall'anagrafe comunale ed in quanto tale deve essere corrispondente a tale archivio. Normalmente il numero civico di edifici isolati, malghe, rifugi eccetera è recuperabile direttamente dagli archivi anagrafici comunali senza la necessità di una apposita ricerca in loco.

Alle scale 1:5000 e 1:10000 il recupero delle informazioni relative ad accessi e numeri civici è quindi una operazione da eseguirsi prioritariamente a tavolino e solo come verifica sul terreno, sfruttando l'occasione della ricognizione.

La Direzione Lavori dovrà sovrintendere e organizzare il necessario scambio di materiale fra Amministrazione locale e Ditta appaltatrice affinché sia possibile eseguire il lavoro come descritto.

6.5 Riporto dei limiti amministrativi

E' una delle informazioni indispensabili per la gestione di un Sit ed ha valenza sovracomunale. Per tali aspetti è da considerarsi un dato che deve avere un elevato livello di qualità.

L'attuale posizione dei limiti amministrativi, sui vari archivi disponibili non è univoca. Anche i confini comunali riportati sulla CTR non sempre sono in posizione corretta.

Il dato ufficiale è quello desumibile dalle informazioni catastali, ma il suo riporto sulle cartografie, compreso quelle catastali, non è sempre corretto. Ne è dimostrazione l'esito di occasionali mosaicature o sovrapposizioni di cartografie differenti, comprese le mappe catastali.

L'operazione che andrebbe eseguita per definire la posizione geografica del confine catastale è complicata e costosa e deve necessariamente impattare con l'ufficialità catastale. Non per questo si ritiene opportuno mantenere informazioni errate nel dato geografico regionale. Si tratta quindi di definire delle modalità operative sostenibili che permettano di diminuire gli errori attualmente esistenti, definendo le nuove geometrie convenzionali dei confini comunali, che non potranno avere valore giuridico (se non avviando l'apposito iter con l'Agenzia del Territorio) ma che saranno inserite nel corrispondente strato informativo regionale in sostituzione delle attuali geometrie.

Sulla base di tali osservazioni si richiede che ci si attivi per migliorare il livello qualitativo dell'informazione riguardante i limiti amministrativi sfruttando l'occasione delle nuove produzioni di DB topografico o gli adeguamenti di cartografie esistenti a DB topografico. In tal senso è richiesto che durante tali procedimenti si segua una delle due possibili strade:

- mantenere l'informazione esistente riguardante i limiti amministrativi, desunta dal Sit regionale;
- individuare una nuova geometria di tale informazione, desumendola dalle mappe catastali ogni qualvolta ciò sia possibile (soprattutto in ambito urbano) o individuando gli aspetti morfologici che la definiscono (impluvi, displuvi, assi di corsi d'acqua, ecc...) quando il confronto con le mappe catastali diventa non praticabile.

Nel secondo caso si richiede che la nuova geometria sia accompagnata da una dichiarazione congiunta sottoscritta dalle due amministrazioni confinanti con la quale esse convengono sul fatto che la nuova dividente sia da utilizzare in tutti gli archivi gestiti da Regione Lombardia. Tale dichiarazione è implicita (cioè non è da sottoscrivere in un apposito documento) nel caso il confine amministrativo sia interno al lotto sul quale si sta lavorando. Nel caso, ad esempio, in cui si lavori sull'intero territorio di una Comunità Montana, è implicito che le dividenti amministrative interne siano state verificate con i criteri sopra riportati mentre è richiesta la dichiarazione per i Comuni al confine, compresi quelli esterni alla Comunità Montana stessa.

E' compito della Ditta eseguire la definizione di ogni parte di limite di confine come descritto in precedenza; è compito della Direzione Lavori recuperare le richieste certificazioni per formalizzare l'accordo sulle nuove geometrie.

Non è invece pensabile avviare analogo procedimento nel caso di confini regionali condivisi con altre Regioni e a maggior ragione con altri Stati. In tal caso, se risultasse evidente un errore nella geometria del limite amministrativo esistente, è richiesto sia memorizzata la nuova geometria e sia prodotta una dichiarazione da parte del responsabile del lavoro che espliciti tale incongruenza, demandando alla Regione il compito di risolvere la controversia.

Si ricorda che nel DB topografico il confine comunale non divide tutti gli oggetti che attraversa in due parti e che quindi la delimitazione dello specifico rilievo non è rigidamente determinata da tale limite ma dipende dalla natura degli oggetti della realtà da esso intercettati.

6.6 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.

6.7 Materiale da consegnare al termine della ricognizione

Al termine della fase di ricognizione dovrà essere messo a disposizione del Collaudatore il seguente materiale:

- originale delle due minute 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.

7 OPERAZIONE DI EDITING E STRUTTURAZIONE DEL DATABASE

7.1 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 e le altre informazioni richieste nel database topografico;
- ricostruire le congruenze prescritte dalle "Specifiche di contenuto e schema fisico di consegna dei Db topografici", integrando le informazioni comunque acquisite in restituzione (ad esempio la ricostruzione delle congruenze altimetriche tra i lati opposti degli elementi di viabilità e idrografia);
- effettuare la ricostruzione delle congruenze geometriche, l'organizzazione dei dati e la strutturazione dei file finali, come descritto nelle Specifiche di contenuto.
- eseguire l'armonizzazione geometrica fra oggetti di DB topografico rilevati a scale differenti o con oggetti di DB topografici esistenti. Nell'eseguire l'armonizzazione si devono tenere in considerazione le priorità definite dall'accuratezza legata alla scala di rilievo; è sempre la scala più piccola che deve essere armonizzata sulla più grande.

La Ditta dovrà comunicare al Direttore dei 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:
 - procedure per cui sia sempre possibile l'individuazione ed il controllo logico dei codici e delle entità, mediante simbologia grafica, colori, messaggi alfanumerici;
 - procedure per cui sia garantita la possibilità di individuare i diversi codici e le singole entità, sia mediante l'uso interattivo del cursore grafico, sia mediante opportuni comandi alfanumerici;
 - 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 e schema fisico di consegna dei Db topografici" 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 rappresentazione dei Data Base topografici alle varie scale".

E' quindi difficile indicare una strada operativa precisa. L'obiettivo da raggiungere è però ben definito.

L'esperienza maturata in questi anni porta a esplicitare una serie di rischi e alcune indicazioni generali di metodo. Solo la verifica finale del risultato raggiunto è però garanzia del prodotto; in tal senso sono da implementare nel percorso produttivo tutte quelle verifiche topologiche ed informatiche che possono essere di aiuto in fase di creazione del DB topografico per evitare di ritrovarsi alla fine con un risultato assolutamente non accettabile. Le differenze rispetto al CAD 3D delle tradizionali cartografie numeriche sono abissali.

E' importante modificare la logica del classico editing andando a ricercare gli oggetti previsti (che devono avere delle caratteristiche ben precisi e sono dotati di una serie di attributi); non è più possibile lavorare

semplicemente codificando quanto si osserva in restituzione. Non esistono più linee “di vestizione” ma ogni linea è in via di principio la dividente fra due oggetti; in alcuni casi è un oggetto essa stessa.

Le regole topologiche dei Sit non sono riconducibili ai concetti di precisione metrica e di numero di cifre significativo a cui un cartografo è abituato. La sequenza di vertici che definiscono il contorno di due oggetti adiacenti deve essere condivisa in modo completo. In conseguenza di ciò è da organizzare la procedura di editing che va a trasformare le linee della cartografia numerica in oggetti del DB topografico. Ogni operazione di correzione degli shape file finali non topologicamente corretti è molto più onerosa delle modifiche alle geometrie vettoriali di partenza. E' importante mantenere l'identità delle geometrie condivise da due o più oggetti diversi (interclasse o intraclasse). Non ha senso restituire due volte lo stesso elemento geometrico, comune a più oggetti. Non ha senso generare 2 oggetti vicini ma distinti basandosi sull'accuratezze di rilievo, cioè non garantendo l'unicità di tali oggetti.

E' opportuno eseguire in produzione il maggior numero possibile di controlli topologici in modo da generare un prodotto finale corretto. Si ricorda a proposito che sono definite le caratteristiche di correttezza intrinseca del prodotto finale, sono resi disponibili da Regione Lombardia gli shape file vuoti che rispecchiano la struttura e i contenuti previsti e a ciò è necessario rifarsi per la loro produzione. Tutti i controlli topologici in produzione è bene che siano dichiarati ed organizzati in una sorta di procedura di qualità in modo da poter progressivamente migliorare la procedura stessa ed arrivare a file finali corretti.

E' opportuno che in fase di produzione siano eseguiti, sui file di consegna, i controlli topologici relativi a mutua esclusione e completa copertura del suolo che sono esplicitati nel documento “Specifiche di contenuto e schema fisico di consegna dei DB topografici”. Si ricorda in particolare che la completa copertura del suolo è una caratteristica fondamentale del prodotto; si intende con ciò una definizione completa degli oggetti planoaltimetricamente consistenti con il Tin.

Bisogna però porre molta attenzione alle operazioni di post processing in ambito Gis perché in molti casi vengono modificate le geometrie in modo automatico, generando output non corrispondenti agli input.

Tutti i campi previsti degli shape file di consegna devono essere compilati; non è accettata la mancanza di informazione (il campo vuoto) se non nelle modalità previste nei documenti IntesaGis. Le istanze dei vari attributi devono rispettare le indicazioni previste da IntesaGis. Si ricorda a tal proposito che molte delle informazioni richieste sono da rilevare in fase di ricognizione.

I file di consegna devono essere organizzati per lotto di produzione e non per comune amministrativo; nel caso si rendesse necessario suddividere i file di consegna in parti, le modalità di suddivisione sono preventivamente da concordare con la Direzione Lavori.

Seguendo le indicazioni di IntesaGis, per mantenere la rappresentabilità cartografica tradizionale, è previsto siano creati dei file di pura vestizione e dei file finalizzati alla rappresentazione corrispondenti ai limiti di oggetti. Tali file non sono normalmente utilizzati in un geodatabase; è comunque richiesto siano prodotti e consegnati assieme a tutti gli altri file di contenuto. In particolare non deve essere tagliato secondo l'analogo taglio cartografico richiesto per la consegna della rappresentazione raster.

7.2 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 CD ROM (su DVD o su hard disk esterno).

Ogni CD-ROM (o DVD) dovrà contenere un file TXT che indichi il contenuto del CD-ROM, la data di predisposizione e ogni altro elemento che serva ad inquadrarlo nello sviluppo temporale e sequenziale dei lavori.

7.3 Struttura dei dati numerici finali

Tutto il database topografico oggetto dell'appalto dovrà essere strutturato nel formato previsto nel documento “Specifiche di contenuto e schema fisico di consegna dei Db topografici”.

Le rappresentazioni cartografiche in formato raster e i conseguenti plottaggi su supporto cartaceo dovranno essere realizzate secondo quanto previsto nelle “Specifiche di rappresentazione dei Data base topografici alle varie scale”.

7.4 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 risultanti dopo l'operazione di editing, in formato finale;
- una copia su carta dei plottaggi;
- documenti controfirmati che certifichino la qualità dei dati inseriti nel DB topografico provenienti da fonti differenti rispetto al rilevamento aerofotogrammetrico.

7.5 Elaborati cartografici finali

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

- i file finali con relative librerie di vestizione;
- una copia su carta dei plottaggi dei file raster prodotti, sia alla scala nominale del rilievo sia comunque alla scala 1:10000.

Per la realizzazione di tali tavole definitive, l'Ente Appaltante dovrà utilizzare gli esempi messi a disposizione da Regione Lombardia per quanto riguarda i raster alle varie scale in bianco nero e a colori.

Il taglio cartografico, con cui debbono essere consegnati i file raster è quello attualmente in uso per la scala 1:10000 in Regione Lombardia, con l'unica avvertenza di rappresentare il reticolato chilometrico in UTM-WGS84; le carte continueranno ad avere dimensione pari a 8 km in est e 5 km in nord.

Per le rappresentazioni a scala maggiore si formalizza solo una raccomandazione ad utilizzare analogo formato (80x50 cm) e ad orientare sempre il formato al nord cartografico; alcune realtà locali hanno un territorio con forme tali per cui è ragionevole definire tagli alternativi, in modo da ottimizzare il numero delle rappresentazioni grafiche necessarie. E' comunque richiesto che la Direzione Lavori approvi preventivamente il taglio proposto dalla Ditta.

Nel caso si realizzino contemporaneamente DB topografici a scale differenti si dovranno produrre in formato raster e su carta, ad una predefinita scala, solo le parti di territorio prodotte a quella scala e a scale minori; non è ammessa la situazione inversa, cioè che si rappresentino su carta parti o su raster parti di territorio a scala maggiore rispetto a quella nominale di rilievo.

Nell'ambito quindi del singolo appalto può accadere, ad esempio, che non tutti gli elementi al 5000 risultino completi, proprio perché non è rappresentabile alla scala 1:5000 la parte di territorio rilevata con precisione metrica propria della scala 1:10000; non devono essere prodotti plottaggi alla scala 1:5000 di porzioni di territorio rilevate alla scala 1:10000.

Nelle cartografie a scala 1:10000 saranno da evidenziare i limiti delle aree rilevate a scala 1:5000; tale meta informazione è presente nei file di consegna del DB topografico.

Il formato di stampa, il quadro di unione e l'identificativo di ogni foglio dovranno essere concordati con la Direzione Lavori tenendo conto di quanto indicato nelle "Specifiche di rappresentazione dei DB topografici alle varie scale".

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.

7.6 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 produrre il seguente materiale di consegna finale:

- gli shape file finali nel formato previsto;
- una copia dei file finali in formato derivato DXF 3D; le caratteristiche del file DXF 3D devono essere concordate con la Direzione Lavori
- i file raster del territorio cartografato alle varie scale;
- gli eventuali altri prodotti che l'Ente appaltante ha richiesto e dettagliato nelle specifiche amministrative

8 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.

8.1 COLLAUDO DELLE DIVERSE FASI

8.1.1 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 ± 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.

8.1.2 Collaudo dell'inquadramento planimetrico ed altimetrico, della determinazione dei punti d'appoggio e della triangolazione aerea

Per quanto riguarda l'inquadramento planimetrico ed altimetrico il collaudatore verificherà il rispetto delle indicazioni previste nell'apposito capitolo delle presenti specifiche tecniche.

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.

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 eventuali 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.

8.1.3 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.

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.

Uno dei controlli utilizzabile è la tradizionale restituzione delle curve di livello per alcuni dei modelli interessati con il confronto con le curve derivate dal DTM stesso, verificando che 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

La somma totale delle distanze coperte dai profili altimetrici (ottenuti mediante misure a terra o restituiti comprese le eventuali curve di livello), 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 poligoni quotate in funzione della morfologia del terreno.

8.1.4 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;
- 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.

8.1.5 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 e sul rilievo di accessi e numeri civici;
- esame dei documenti relativi a tutte le misure integrative eseguite sul terreno.

8.1.6 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 rispetto a quanto previsto nelle "Specifiche di contenuto e schema fisico di consegna dei DB topografici"

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 grafici previsti.

8.1.7 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 1000 ettari, per le aree rilevate alla scala 1:10.000;
- un punto ogni 300 ettari, per le aree rilevate alla scala 1:5.000;

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.

Il collaudo finale su terreno dovrà inoltre verificare la completezza e la leggibilità delle informazioni riportate nel Db topografico e nei raster finali di consegna, come controllo conclusivo di tutta la produzione.

8.2 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.

8.3 Norme per la misurazione della superficie rilevata

Al termine del lavoro, verrà determinata l'area totale rilevata, misurandola sulla cartografia prodotta; sarà in base a tale area che verrà calcolato l'importo da liquidare all'Appaltatore.

Non dovrà essere computata la liquidazione per aree lacustri e specchi d'acqua di superficie maggiore a 100 cm² alla scala della carta.

Non verranno contabilizzate le superfici cartografiche esterne al limite amministrativo dell'oggetto del rilievo.