

# **Norme Tecniche per l'esecuzione di indagini topografiche**

# INDICE

- 1.0**    **DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI**
- 2.0**    **PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO**
  - 2.1    Esecuzione dei Rilievi Aerofotogrammetrici
    - 2.1.1    Prescrizioni sulle Procedure di Controllo
  - 2.2    Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico
    - 2.2.1    Riprese lidar ed immagini digitali con elicottero
    - 2.2.2    Procedure di Controllo relative alla Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico
  - 2.3    Rete Geodetica di Inquadramento
    - 2.3.1    Procedure di Controllo relative alla Rete Geodetica di Inquadramento
  - 2.4    Rete di Raffittimento
  - 2.5    Punti Fotografici d'Appoggio
  - 2.6    Utilizzo della tecnologia GPS
    - 2.6.1    Procedure di Controllo relative all' Utilizzo della tecnologia GPS
  - 2.7    Punti Fotografici d'Appoggio da Triangolazione Aerea
  - 2.8    Coordinate Rettilinee
  - 2.9    Poligonale
    - 2.9.1    Poligonale a lati lunghi
    - 2.9.2    Poligonale a lati corti
    - 2.9.3    Procedure di Controllo relative alla Poligonale
  - 2.10    Livellazione Geometrica
    - 2.10.1    Livellazione Geometrica di Precisione
    - 2.10.2    Procedure di Controllo relative alla Livellazione Geometrica di Precisione
    - 2.10.3    Livellazione Tecnica
    - 2.10.4    Procedure di Controllo relative alla Livellazione Tecnica
  - 2.11    Materializzazione Vertici
    - 2.11.1    Centrini metallici
    - 2.11.2    Pilastrini di calcestruzzo
    - 2.11.3    Chiodi sparati
  - 2.12    Restituzione dei Fotogrammi ed Approntamento della Minuta di Restituzione
  - 2.13    Ricognizione ed Integrazione della Minuta di Restituzione con Operazioni a Terra
  - 2.14    Procedure di Controllo relative ai Fogli Cartografici

2.14.1 Controllo Planimetrico

2.14.2 Controllo Altimetrico

### **3.0 GENERAZIONE DI ORTOFOTO, MODELLI ALTIMETRICI A GRANDE SCALA**

3.1 Specifiche Tecniche Generali

3.2 Sistemi di riferimento

3.3 Tolleranza planimetrica

3.4 Risoluzione geometrica

3.5 Risoluzione radiometrica

3.6 Formato dei dati digitali

3.7 Data del rilievo

3.8 Metadati

3.9 Produzione delle ortofoto digitali

3.9.1 Requisiti delle immagini primarie

3.9.2 Il modello altimetrico

3.9.3 Punti di appoggio (GCP) e di controllo (CP)

3.9.4 Generazione dell'ortofoto e mosaicatura

3.9.5 Verifiche sul prodotto finale

### **4.0 PRODUZIONE DI MODELLI ALTIMETRICI MEDIANTE TECNICHE LIDAR A GRANDE SCALA**

4.1 Caratteristiche della strumentazione

4.2 Calibrazione della strumentazione

4.3 Materiale di consegna dopo il volo

4.4 Definizione delle quote ortometriche

4.5 Filtraggio e Classificazione

4.6 Dati elaborati e prodotti finali di consegna

4.7 Verifiche di qualità

4.8 Verifiche dell'elaborazione dei dati

### **5.0 PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO CELERIMETRICO**

5.1 Inquadramento geodetico preliminare

5.2 Modalità di esecuzione del rilievo celerimetrico e relativo contenuto cartografico

5.3 Procedure di Controllo relative al Rilievo Celerimetrico

### **6.0 RILIEVO GEOREFERENZIATO PER SEZIONI TRASVERSALI E PROFILI LONGITUDINALI**

#### **7.0 RILIEVI LASER SCANNER**

- 7.1 Requisiti tecnici generali della strumentazione Laser Scanner Terrestre per il rilievo delle opere d'arte stradali:
- 7.2 Prescrizioni sulla metodologia di rilievo
- 7.3 Prescrizioni sulle impostazioni generali
- 7.4 Inquadramento geodetico e rilievi celerimetrici integrativi
- 7.5 Rete di capisaldi locale ed inquadramento nel sistema UTM
- 7.6 Integrazione rilievo con modalità celerimetrica
- 7.7 Analisi del degrado
- 7.8 Verifiche di conformità del Direttore per l'Esecuzione del Contratto
- 7.9 Rilievi Laser Scanner in galleria
  - 7.9.1 Rilievi laser-scanner gallerie esistenti da eseguirsi in modalità dinamica
    - 7.9.1.1 Inquadramento geodetico
    - 7.9.1.2 Requisiti tecnici generali della strumentazione
  - 7.9.2 Rilievi laser-scanner gallerie esistenti da eseguirsi in modalità statica
    - 7.9.2.1 Requisiti tecnici generali della strumentazione:
    - 7.9.2.2 Prescrizioni sulla metodologia di rilievo
    - 7.9.2.3 Prescrizioni sulle impostazioni generali
    - 7.9.2.4 Inquadramento geodetico
    - 7.9.2.5 Rilievo Topografico di appoggio e tecnica di georeferenziazione e registrazione delle nuvole di punti
    - 7.9.2.6 Procedura per rilievi effettuati in assenza totale di traffico veicolare
    - 7.9.2.7 Procedura per rilievi effettuati in presenza di traffico veicolare
    - 7.9.2.8 Caratteristiche minime del sistema topografico per l'esecuzione della poligonale
  - 7.9.3 Verifiche di conformità del Direttore per l'Esecuzione del Contratto

## **8.0 RILIEVI BATIMETRICI**

## **9.0 SOVRAPPOSIZIONI DELLE MAPPE CATASTALI**

## **10.0 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI**

- 10.1 File Dati
  - 10.1.1 File "DWG"
  - 10.1.2 File "TXT"
    - 10.1.2.1 Rilievo "tradizionale"
    - 10.1.2.2 Rilievo per Sezioni Trasversali
    - 10.1.2.3 File "DAT"
- 10.2 Prescrizioni Tecniche per la Codifica della Cartografia Numerica

- 10.2.1 Classi Cartografiche per la scala 1:10000
- 10.2.2 Classi Cartografiche per la scala 1:5000
- 10.2.3 Classi Cartografiche per la scala 1:2000
- 10.2.4 Classi Cartografiche per la scala 1:1000
- 10.3 Prescrizioni tecniche per la rappresentazione grafica della cartografia numerica

## **11.0 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CONSEGNA DEGLI ELABORATI**

- 11.1 Programmazione dei Lavori
- 11.2 Volo e Presa Aerofotogrammetrica
- 11.3 Rete di Inquadramento
- 11.4 Rete di Raffittimento
- 11.5 Punti Fotografici di Appoggio
- 11.6 Rilievi con tecnologia GPS
- 11.7 Punti Fotografici da Triangolazione Aerea
- 11.8 Poligonale
- 11.9 Livellazione Geometrica di Precisione
- 11.10 Livellazione Tecnica
- 11.11 Restituzione e Ricognizione
- 11.12 Fogli Cartografici
- 11.13 Rilievo Celerimetrico e per Sezioni Trasversali
- 11.14 Rilievi laser scanner
- 11.15 Rilievi batimetrici

## **12.0 RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR**

- 12.1 Progettazione e pianificazione delle riprese LiDAR e Aerofotogrammetriche
- 12.2 Strumentazione
- 12.3 Missione di volo
- 12.4 Trattamento dei dati e materiale ausiliario

## **13.0 COLLAUDO**

## 1.0 DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI

La cartografia, definita come rappresentazione su una superficie piana della superficie curva terrestre, costituisce la base sulla quale sviluppare le varie fasi progettuali individuate dalla normativa vigente, ed in particolare da:

- Legge n.109 del 11/2/1994 e Legge n.216 del 2/6/1995
- Norma C.N.R. n. 77 del 5/5/1980 “Istruzioni per la redazione dei progetti di strade”
- DECRETO LEGISLATIVO 27 gennaio 2010 , n. 32 . - Attuazione della direttiva 2007/2/CE, che istituisce un’infrastruttura per l’informazione territoriale nella Comunità europea (INSPIRE).
- DECRETO 10 novembre 2011 - Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici.- (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37).
- DECRETO 10 novembre 2011 - Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici.- (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37)- Allegato 1.
- DECRETO 10 novembre 2011 - Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici.- (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37)- Allegato 2.
- DECRETO 10 novembre 2011 - Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale. (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37).
- DECRETO 10 novembre 2011 -Regole tecniche per la formazione, la documentazione e lo scambio di ortofoto digitali alla scala nominale 1:10000 - (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37).
- DECRETO 10 novembre 2011 - Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso. Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37).

La produzione degli elaborati cartografici, su supporto cartaceo e magnetico, comprende generalmente le seguenti attività:

- Presa aerofotogrammetrica ed approntamento del materiale fotografico.
- Controllo, inquadramento e raffittimento della rete geodetica comprendente la determinazione dei punti fotografici di appoggio, dei vertici trigonometrici e dei capisaldi di livellazione.
- Restituzione dei fotogrammi e produzione della minuta di restituzione.
- Ricognizione ed integrazione della minuta di restituzione con operazioni a terra.
- Disegno degli elaborati cartacei e produzione dei file numerici.

La Direzione per l’Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di effettuare le verifiche in corso d’opera sulla base delle prescrizioni contenute nel presente Capitolato.

## **2.0 PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO**

### **2.1 Esecuzione dei Rilievi Aerofotogrammetrici**

Premesso che il servizio deve essere eseguito nel rispetto della normativa vigente e che l'Appaltatore dovrà provvedere all'espletamento di tutti gli adempimenti amministrativi ed autorizzativi per l'esecuzione dei voli di ripresa, per l'utilizzazione dei fotogrammi, per l'eventuale diffusione della cartografia, decreti prefettizi di accesso alle proprietà private, ecc., le fasi di esecuzione dei rilievi aerofotogrammetrici sono di norma le seguenti:

- Presa aerofotogrammetrica ed approntamento del materiale fotografico.
- Controllo, inquadramento e raffittimento della rete geodetica comprendente la determinazione dei punti fotografici di appoggio, dei vertici trigonometrici e dei capisaldi di livellazione.
- Restituzione dei fotogrammi e produzione della minuta di restituzione.
- Ricognizione ed integrazione della minuta di restituzione con operazioni a terra.
- Disegno degli elaborati cartacei e produzione dei file numerici.

Con almeno quindici giorni di anticipo sulla data di inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto il diagramma di Gant relativo alle fasi descritte in precedenza per garantire una adeguata programmazione delle attività.

L'Appaltatore è comunque tenuto a notificare tempestivamente alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto ogni variazione della programmazione ed a fornire la versione aggiornata del diagramma.

Resta inteso che gli eventuali controlli eseguiti nelle fasi intermedie non impegnano il Direttore per l'Esecuzione del Contratto ai fini dei controlli finali previsti nell'ultima fase dei lavori.

L'Appaltatore è anche tenuto a comunicare, almeno 15 giorni prima dell'inizio delle operazioni di campagna, l'esatto recapito della Squadra operativa, nonché la data di inizio e quella, presumibile, di fine delle operazioni stesse.

Lo stato di rettifica di tutte le apparecchiature impiegate, sia per i rilievi di campagna che per la restituzione, dovrà essere controllato prima dell'inizio effettivo dei lavori. La Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di richiedere la verifica delle apparecchiature anche in corso d'opera.

L'approssimazione prevista per i risultati parziali o finali di tutti i calcoli topografici, qualunque sia la metodologia adottata, dovrà sempre garantire l'uguaglianza della terza cifra decimale per le misure lineari (esprese in metri) e la quarta cifra decimale per le misure angolari (esprese in gradi centesimali).

#### **2.1.1 Prescrizioni sulle Procedure di Controllo**

Oltre ai controlli specificatamente previsti nelle seguenti prescrizioni per le singole fasi di lavoro, la Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di eseguire, a suo insindacabile giudizio, i controlli che riterrà più opportuni sia nel corso dei lavori che ad ultimazione dei medesimi, scegliendo le zone da controllare sia per ubicazione che per estensione.

L'Appaltatore si impegna ed accetta che membri della Direzione per l'Esecuzione del Contratto possano accedere in qualsiasi momento nei locali dove si eseguono i lavori di restituzione e disegno cartografico o nelle zone dove sono in corso le operazioni topografiche all'aperto, per eseguire i controlli che saranno ritenuti opportuni.

Per l'esecuzione dei controlli stessi l'Appaltatore dovrà fornire la mano d'opera ausiliaria necessaria, nonché un'autovettura con autista attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

Nel caso di mancata osservanza delle prescrizioni esecutive da parte dell'Appaltatore, con particolare riguardo alla compilazione dei libretti di campagna, a misurazioni eseguite fuori tolleranza, ad omissione di particolari cartografici rilevanti, il relativo lavoro non sarà ritenuto accettabile e quindi dovrà essere ripetuto o corretto a tutta cura e spese dell'Appaltatore medesimo, senza che ciò possa costituire motivo di prolungamento del termine utile contrattuale; quanto sopra oltre all'applicazione delle eventuali penalità che siano stabilite nel contratto.

## 2.2 Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico

Le riprese aerofotogrammetriche dovranno essere eseguite a colori e dovranno garantire la copertura stereoscopica corretta di tutto il territorio da rilevare e dovranno avere i requisiti propri della tecnica più aggiornata per l'esecuzione dei rilievi aerofotogrammetrici. Non è ammesso l'utilizzo di voli fotogrammetrici antecedenti la data dell'incarico.

Prima di procedere alla ripresa aerea l'Appaltatore provvederà a redigere il progetto di volo tenendo conto che, nel caso di ripresa aerofotogrammetrica con camera di presa analogica:

- la macchina da presa dovrà avere un formato utile della immagine non inferiore a cm 23x23.
- dal certificato di taratura della macchina da presa, rilasciato da laboratorio ritenuto idoneo da entrambi le parti e di data non anteriore a quattro anni, dovranno risultare i valori della distanza principale, le coordinate del punto principale rispetto al riferimento definito dalle marche e le curve di distorsione.

Detto certificato dovrà specificare che:

- la distanza principale è stata determinata con uno s.q.m non superiore a  $\pm 10\mu$ ,
- le coordinate del punto principale non distino dal punto d'incontro delle rette definite dalle marche di più di 0,03 mm,
- la curva di distorsione risulti dalla media delle curve determinate sulle due diagonali,
- le differenze per le curve di distorsione secondo le due diagonali non superino  $5\mu$ ,
- il valore massimo della distorsione non superi i  $10\mu$ ,
- il potere separatore dell'obiettivo non sia inferiore a 40 righe/mm entro il 50% della zona fotografata.

Dovranno anche essere riportati i valori delle distanze fra le marche di riferimento allo scopo di poter valutare la deformazione della pellicola in due direzioni perpendicolari;

- le quote relative di volo e la scala media dei fotogrammi dovranno essere compresi nei valori, della seguente tabella:

SCALA CARTOGRAFICA	SCALA MEDIA FOTOGRAMMI	QUOTA RELATIVA DI VOLO
1:1000	1:3500 ÷ 1:5000	530 ÷ 750
1:2000	1:7000 ÷ 1:9000	1050 ÷ 1350
1:5000	1:12000 ÷ 1:16000	1800 ÷ 2400
1:10000	1:18000 ÷ 1:25000	2700 ÷ 3750

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto ha facoltà di modificare, su richiesta documentata dell'Appaltatore, la quota di ripresa aerofotogrammetrica rispettando in ogni caso i limiti fissati dalla tabella precedente.

La ripresa aerofotogrammetrica dovrà essere effettuata in base alle seguenti prescrizioni:

- i voli dovranno essere eseguiti per strisciate parallele per quanto possibile, rettilinee ed a quota costante.  
Le variazioni accidentali di sbandamento e di deriva tra un fotogramma e il successivo dovranno essere inferiori rispettivamente a 5 gradi e a 1,5/10 del formato della lastra; comunque tre valori angolari di orientamento di un fotogramma non devono superare i 5 gradi;
- i fotogrammi lungo le strisciate dovranno avere un ricoprimento longitudinale del 60% con oscillazioni comprese entro il  $\pm 5\%$ ; le strisciate parallele dovranno ricoprirsi trasversalmente fra loro per un'estesa compresa tra il 20% ed il 30%.

Quando il terreno è molto accidentato il ricoprimento longitudinale potrà essere anche maggiore ma comunque in nessun caso dovrà superare il 70%.

Non dovranno esistere soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica del territorio.

- i voli saranno eseguiti di norma nelle ore a cavallo del mezzogiorno e con altezza del raggi solari non inferiore a 35 gradi. I fotogrammi dovranno presentarsi nitidi e privi di nubi. Le riprese dovranno essere fatte in modo da assicurare la massima visibilità del suolo.
- il materiale fotografico da usarsi dovrà essere delle migliori qualità in commercio. In particolare il supporto dovrà avere le migliori caratteristiche di indeformabilità (ad es. estar, policarbonato, tereftalato di polietilene); le qualità di finezza della grana e sensibilità della pellicola (15÷22 DIN) dovranno essere ottimali per i voli fotogrammetrici. Il contrasto dovrà avere un valore compreso fra 1 e 1,5.

Il progetto di volo, da sottoporre all'approvazione della Direzione per l'Esecuzione del Contratto, sarà redatto in scala 1:25000, riportandovi gli assi delle strisciate, le quote assolute e le quote relative per ogni strisciata.

Esso sarà corredato da due copie del suddetto piano, da una relazione nella quale verranno descritte le caratteristiche di tutte le apparecchiature da impiegare, e dal certificato di taratura originale della macchina da presa (o copia autenticata) di data non anteriore a due anni.

Nel caso di ripresa aerofotogrammetrica con camera di presa digitale si prescrive che:

- le riprese dovranno essere eseguite con camera digitale di tipo "Frame";
- nel certificato di taratura della camera metrica digitale, redatto in data non anteriore a due anni, devono essere indicati: la data di calibrazione e i parametri dell'immagine virtuale ad alta risoluzione ed a colori (focale, risoluzione, abbracciamento, punto principale e distorsione).
- il sistema di presa deve essere dotato di FMC (Forward Motion Compensation) o TDI (Time delay Intergration), per l'eliminazione del trascinamento (in particolare alle quote relative di volo più basse) ed è prescritto l'uso di dispositivi per la correzione della deriva durante il volo.
- Per l'acquisizione dei parametri angolari di orientamento esterno dei fotogrammi devono essere impiegati sistemi inerziali.
- la risoluzione radiometrica deve essere almeno pari a 12 bit per canale.

Di seguito si riportano i parametri fondamentali della presa aerofotogrammetrica con tecnologia digitale :

Livello	Prec. Quota (m)	Scala di rif. 1:	Fatt. molt	Scala Media	Variatz Amm. $\pm 10\%$	Scala min 1:	Scala max 1:	Obbligo FMC	Quota rel. volo media (m)	Quota rel. volo max (m)	Quota rel. volo min (m)
0	10,00	50000	1	50000	5000	55000	45000	no	7500	8250	6750
1	5,00	25000	1	25000	2500	27500	22500	no	3750	4125	3375
2	2,00	10000	2	20000	2000	22000	18000	no	3000	3300	2700
3	1,00	5000	3	15000	1500	16500	13500	no	2250	2475	2025
4	0,30	2000	4	8000	800	8800	7200	sì	1200	1320	1080
5	0,15	1000	5	5000	500	5500	4500	sì	750	825	675
6	0,30	2000	4	8000	800	8800	7200	sì	1200	1320	1080
7	0,15	1000	5	5000	500	5500	4500	sì	750	825	675
8	0,10	500	6	3000	300	3300	2700	sì	450	495	405

Tabella 2.2.a- Parametri di volo in funzione del livello di modello altimetrico.

Livello	Prec. in quota (m)	GSD max (m)	GSD med (m)	GSD min (m)
0	10,00	1,06	0,85	0,75
1	5,00	0,53	0,42	0,37
2	2,00	0,42	0,34	0,30
3	1,00	0,32	0,25	0,22
4	0,30	0,17	0,14	0,12
5	0,15	0,11	0,08	0,07
6	0,30	0,17	0,14	0,12
7	0,15	0,11	0,08	0,07
8	0,10	0,06	0,05	0,04

Tabella 2.2.b – GSD da utilizzare nel caso di utilizzo della camera digitale.

La relazione tra livelli di modello altimetrico e la scala nominale della cartografia numerica è riassunta nella seguente tabella :

Livello modello altimetrico	Scala nominale carta numerica
0	1:50000
1	1:25000
2	1:10000
3	1:5000
4	1:2000
5	1:1000
6	1:2000
7	1:1000
8	1:500

Tabella 2.2.c – Relazione tra modello altimetrico e scala nominale della carta numerica.

Il territorio potrà essere suddiviso in blocchi omogenei costituiti da insiemi di strisciate parallele aventi di norma andamento con direzione ovest-est e viceversa. Strisciate con diversa direzione potranno essere realizzate per il completamento del blocco o dei blocchi di strisciate della copertura medesima.

Inoltre si prescrive che:

- le variazioni, in valore assoluto, degli elementi angolari di orientamento dei fotogrammi adiacenti lungo ciascuna strisciata e dei valori assoluti degli angoli di orientamento non dovranno mai superare 5 gradi centesimali;
- i fotogrammi consecutivi di una stessa strisciata, in zone pianeggianti e collinose, dovranno avere una sovrapposizione longitudinale del 60%, con oscillazioni comprese entro il 5% e valori di deriva trasversale non superiori al 10% del fotogramma;
- la sovrapposizione longitudinale dei fotogrammi, fra fotogrammi consecutivi di una stessa strisciata può essere maggiore, ma in ogni caso non deve superare il 75% con oscillazioni comprese entro il 5%.
- la sovrapposizione trasversale tra strisciate contigue non dovrà essere inferiore al 30%.
- in ogni strisciata lo scostamento massimo del punto principale dell'asse della strisciata dall'asse della strisciata stessa, così come indicato sul piano di volo, non dovrà superare il 10% del lato del fotogramma in zone pianeggianti o collinose, ed il 5% in zone di montagna.
- i voli dovranno essere eseguiti nelle ore a cavallo del mezzogiorno solare, in condizioni di raggi solari con elevazione non inferiore a 30°.
- in nessun punto dovranno comunque presentarsi soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica delle zone assoggettate a ripresa.
- I fotogrammi dovranno presentarsi nitidi e privi di foschia, di nubi e/o ombre da esse riportate e, per quanto possibile, di copertura nevosa.
- Le giornate non idonee all'esecuzione delle riprese dovranno essere giustificate con documentazione adeguata (METAR del più vicino aeroporto)
- qualora siano riscontrate delle anomalie o delle lacune nella copertura aerofotogrammetrica stereoscopica del territorio da cartografare, le strisciate difettose dovranno essere replicate ex-novo. Gli eventuali rifacimenti dovranno essere comunque realizzati entro 20 giorni dalla data di esecuzione del volo principale.
- dovranno essere rese note la data e le ore di inizio e fine della ripresa di ogni strisciata; ed in particolare, per ogni fotogramma dovranno risultare registrate la data, l'ora e l'altimetria della presa fotografica

Il piano di Volo sarà redatto su base cartografica in scala adeguata (1:10000-1:50000) sul quale, per ogni strisciata, dovranno essere indicati:

- l'asse della strisciata, con i limiti (inizio e fine) della copertura stereoscopica;
- la sua codifica ipotizzata;
- la quota assoluta e relativa di volo prevista;
- la verifica dell'inclinazione dei raggi solari;
- la posizione dei centri di presa;
- il valore del GSD minimo e massimo.

Il progetto del piano di volo deve essere corredato da una relazione dettagliata nella quale vengono riportate le scelte operative effettuate, con particolare riferimento a :

- la strumentazione ausiliaria di navigazione posizionamento e assetto , la sua calibrazione e l'interfacciamento con la camera da presa;
- la disposizione dei ricevitori GPS a terra;
- la procedura di trattamento dei dati ausiliari.

Durante la ripresa è prescritto l'uso di un sistema integrato GPS/inerziale. Il sistema deve essere dotato di input fotogrammetrico capace di memorizzare, tramite opportuna interfaccia, un impulso emesso dalla camera all'istante di scatto. Quest'ultimo va determinato con incertezza non superiore a 0.001s.

L'acquisizione dei dati GPS deve essere eseguita con una frequenza di misura superiore o uguale a 1 Hertz (1 ciclo/sec), con ricezione continua di almeno 5 satelliti e GDOP non superiore a 5.

Il sistema inerziale per la determinazione dei parametri angolari di orientamento esterno di ciascun fotogramma deve essere caratterizzato da errore quadratico medio non superiore a :

- 0,005 gradi sessagesimali per  $\omega$  e  $\phi$
- 0,008 gradi sessagesimali per K

L'Appaltatore dovrà fornire una relazione che illustri le modalità di misura impiegate per la determinazione, nel sistema immagine e con camera in assetto normale ( $\omega$ ,  $\phi$  e  $\kappa$  nulli), delle componenti dei vettori congiungenti il centro di presa con il centro di fase dell'antenna GPS e con il centro di riferimento del sistema inerziale, indicando anche i relativi e.q.m.

In ogni caso le componenti planimetriche dei vettori suddetti non devono essere superiori a 0.50 m.

Nella relazione devono essere descritte anche le modalità di calibrazione del sistema inerziale e il trattamento dei dati.

Per la validità del volo di ripresa occorre che, per almeno il 90% dei fotogrammi, sia possibile ricostruire la posizione del centro di fase dell'antenna GPS e i parametri angolari di orientamento esterno all'istante di scatto.

In nessun caso è ammesso che risultino indeterminati per una strisciata di bordo di un blocco più di cinque fotogrammi consecutivi e più del 30% del totale dei fotogrammi che la compongono.

Durante le riprese devono essere attivati sul terreno almeno due ricevitori con le medesime caratteristiche di quello a bordo o utilizzate le stazioni permanenti disponibili sul territorio. Le distanze tra i ricevitori non devono essere inferiori a 10 km, mentre quella tra il vettore aereo ed il ricevitore più vicino non deve mai superare i 50 km. I due ricevitori devono essere in stazione su vertici di coordinate note nel sistema di riferimento definito dalla rete geodetica nazionale e ciascuno deve tracciare almeno 5 satelliti tra quelli ricevuti sull'aereo.

Le coordinate dei centri di presa nel sistema geodetico nazionale devono essere determinati con e.q.m. non superiori a 0,10 m per la scala 1:1000 e 0,25 per la scala 1:2000.

Dopo l'esecuzione del volo, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto la planimetria delle strisciate effettivamente eseguite, sui medesimi supporti e le stesse modalità prescritte per la consegna del progetto di volo, con l'aggiunta dell'indicazione del riquadro e l'annotazione del numero progressivo del fotogramma (rif. cap.6).

È fatto obbligo all'Appaltatore di adempiere a tutti gli obblighi di legge circa le autorizzazioni da richiedersi alle Autorità Militare e Civile. Inoltre egli dovrà sottoporre all'Autorità Militare le riprese eseguite secondo le norme da questa fissate per l'esame di riservatezza. È prescritto che tutta la corrispondenza tra l'Appaltatore e le suddette Autorità verrà inviata per conoscenza alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

### **2.2.1 Riprese LIDAR ed Immagini Digitali con Elicottero**

E' onere dell'impresa esecutrice l'espletamento delle pratiche per l'ottenimento delle eventuali autorizzazioni civili o militari.

Ulteriori documentazioni o certificazioni comprovanti la corretta esecuzione dei rilievi potranno essere richiesti da ANAS S.p.A.

Dovranno essere rispettati tutti i parametri necessari al raggiungimento della precisione richiesta.

La strumentazione da utilizzare dovrà possedere i seguenti requisiti minimi:

- Piattaforma integrata con sistema di navigazione GPS-INS, scanner laser e sistema di camere metriche digitali.

Riteniamo importante l'utilizzo della piattaforma integrata anziché voli distinti per il lidar e per le immagini perché così facendo si garantisce sia la congruenza temporale del dato che quella spaziale.

- Sistema di navigazione:
  - GPS doppia frequenza L1/L2 con frequenza di campionamento di almeno 2Hz.
  - Sensore inerziale con frequenza di campionamento di almeno 400 Hz.
  
- Scanner Lidar:
  - Modalità di acquisizione Fullwaveform (importante per penetrare meglio al di sotto della vegetazione)
  - Pulse repetition rate: 400 kHz
  - Precisione strumentale: 2 cm
  
- Camera Digitale:
  - Camera metrica a colori RGB
  - Risoluzione 39Mpixel
  
- Specifiche di acquisizione:
  - Per ripresa occorrente per la produzione di elaborati per la progettazione alla scala 1/1.000:
    - grigliato (1\*1)
    - minima acquisizione 10 punti/mq
  
  - Per ripresa occorrente per la produzione di elaborati per la progettazione alla scala 1/500:

- grigliato (0,5\*0,5)
- minima acquisizione 20 punti/mq

Per l'applicazione delle voci di elenco prezzi si farà riferimento a quanto previsto per i rilievi aerofotogrammetrici di corrispondente scala.

## **2.2.2 Procedure di Controllo relative alla Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico**

Nel caso di riprese aeree con camere analogiche, ad ultimazione delle attività previste per questa fase la Direzione per l'Esecuzione del Contratto effettuerà i controlli seguenti:

a) si visioneranno tutti i fotogrammi e le relative diapositive

- Criterio di verifica n.1:

i negativi dei fotogrammi e le relative diapositive necessarie per la restituzione devono essere uniformemente impressionati e sviluppati e risultare quindi utilizzabili ai fini della restituzione aerofotogrammetrica, cioè rispondano ai requisiti di nitidezza e di trasparenza dell'immagine, necessari per la buona visibilità dei particolari

- Criterio di verifica n.2:

i negativi dei fotogrammi e le relative diapositive non presentino rotture, abrasioni, graffiature e altre imperfezioni dipendenti da ombre occultatrici, nuvole, vibrazioni, difetti del vetro o del supporto della lastra, da bolle d'aria non eliminate in sede del trattamento di sviluppo;

- Criterio di verifica n.3:

la quota media di ciascuna strisciata sia prossima alla quota di volo preventivata o comunque non superiore di oltre il 15%

- Criterio di verifica n.4:

fra una strisciata e l'altra non esistano vuoti e siano stati ottenuti i ricoprimenti longitudinali e trasversali prescritti

- Criterio di verifica n.5:

lo sbandamento e la deriva non superino i massimi prescritti;

- Criterio di verifica n.6:

le copie positive su carta siano regolarmente eseguite ed adeguatamente nitide per poter essere usate nelle successive operazioni;

- Criterio di verifica n.7:

gli ingrandimenti siano nella scala prescritta, chiari, nitidi e senza sfocature o deformazioni delle immagini.

I fotogrammi che non soddisfino uno o più dei criteri suddetti, o che risultino affetti da altre evidenti imperfezioni (immagini multiple per trascinarsi ed oscillazioni dell'aereo durante lo scatto) saranno scartati.

È facoltà della Direzione per l'Esecuzione del Contratto, nel caso che non ritenesse i fotogrammi idonei ad una buona restituzione, ordinare che la ripresa aerea venga ripetuta. Resta convenuto che tutti gli oneri relativi al nuovo volo sono a carico dell'Appaltatore.

Nel caso di riprese aerofotogrammetriche con camere metriche digitali:

- la verifica della continuità nella copertura stereoscopica del territorio, della corrispondenza fra strisciate eseguite, piano di volo e quadro d'unione delle strisciate. Durante questo controllo si verificherà altresì che almeno il 90% dei centri di presa GPS e dei parametri angolari di orientamento esterno siano stati determinati con successo (con almeno il 70% dei punti per ogni strisciata di bordo dei blocchi);
- il controllo della completezza e correttezza della documentazione richiesta e dei supporti informatici con i file di consegna;
- il controllo, per il 5% dei fotogrammi, che i valori di GSD rientrino nei limiti stabiliti;
- il controllo, per tutti i fotogrammi, dei ricoprimenti longitudinali e trasversali e della deriva;
- il controllo che i valori angolari di orientamento esterno di tutti i fotogrammi e le differenze di tali valori fra fotogrammi consecutivi rientrino nei limiti consentiti;
- il controllo che i contenuti delle immagini dei fotogrammi siano privi di nubi, ombre o altri difetti che compromettano la leggibilità del territorio;
- controlli a campione, mediante apertura delle stereocoppie con stazione aerofotogrammetrica digitale di modelli scelti dalla committente, in numero pari ad almeno il 3% del totale, delle parallassi residue del modello, che non dovranno superare in nessun punto i 2 pixel.
- Il controllo verrà considerato favorevole quando non più del 3% degli elementi relativi alle caratteristiche geometriche delle riprese non rispettano i requisiti previsti.

Qualora i presupposti previsti dal comma precedente non fossero rispettati per un'area superiore al 3% di quella oggetto del servizio, l'Appaltatore dovrà ripetere le riprese relative alle strisciate interessate il primo giorno favorevole dopo la data di comunicazione da parte del Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

### **2.3 RETE GEODETICA DI INQUADRAMENTO**

Per l'inquadrimento geodetico della cartografia, per i punti di raffittimento o per gli allacci della poligonale, l'Appaltatore dovrà redigere un grafico in scala 1:25000 della rete planoaltimetrica dei punti trigonometrici I.G.M.I. esistenti ed utilizzabili, dopo avere provveduto a reperire i relativi elementi geodetici.

A tal fine l'Appaltatore richiederà all'Istituto Geografico Militare di Firenze, la verifica dei punti trigonometrici che ritiene di dover utilizzare per il suddetto inquadrimento, con eventuale ricalcolo degli elementi planoaltimetrici dei punti medesimi. Potranno essere utilizzati soltanto i vertici trigonometrici I.G.M.I. del I, II e III ordine e della rete IGM95.

Nel caso che nella zona interessata dai rilievi non esistano vertici di I, II e III ordine o vertici della rete GPS IGM95, previa comunicazione scritta dell'Appaltatore, potrà essere eccezionalmente consentita dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto, per l'appoggio delle cartografie, l'utilizzazione di stazioni permanenti GPS, purchè queste facciano parte di una rete di stazioni certificate dall'Istituto Geografico Militare Italiano.

Le operazioni topografiche per il controllo dei punti della rete d'inquadramento devono essere eseguite con la stessa modalità di quelle previste per la determinazione di nuovi punti.

Per la determinazione di eventuali nuovi punti, in sostituzione di quelli I.G.M.I. scartati, occorrenti per la materializzazione della rete di inquadramento, saranno osservate le seguenti prescrizioni.

I nuovi punti, posti ad una distanza variabile secondo le necessità, dovranno consentire una buona visibilità sulla zona circostante ed essere ubicati su manufatti stabili nel tempo e sui quali sia possibile fare stazione in modo da rendere possibili le osservazioni dal centro.

Detti punti dovranno, inoltre, essere posti possibilmente al centro delle maglie formate dai vertici I.G.M.I. e verranno preferibilmente determinati mediante stelle di triangoli ben conformati e chiusi dei quali si misureranno tutti e tre gli angoli e tutte le distanze.

La stella dei triangoli si considererà ben conformata quando ciascun triangolo non abbia angoli minori di 30 gradi centesimali.

Qualora non risulti possibile la determinazione a stella, il punto potrà essere determinato con un complesso di triangoli chiusi che abbiano come vertice comune detto punto e come basi le congiungenti dei punti I.G.M.I. ubicati da una parte di esso. In tale caso il numero dei triangoli non dovrà essere inferiore a cinque o, in caso di assoluta deficiente visibilità, non inferiore a quattro. Anche in questi casi andranno misurati tutti gli angoli e tutte le distanze possibili, in modo da avere sempre misure sovrabbondanti utili per i calcoli di compensazione e per i controlli che la Direzione per l'Esecuzione del Contratto riterrà opportuno effettuare.

Gli angoli azimutali andranno determinati con il metodo delle osservazioni a strati eseguendo, da ciascuna stazione, almeno sei strati di letture. Se dalla medesima stazione si eseguissero successivamente osservazioni a strati riferite a diversi gruppi di punti, tali strati dovranno avere in comune almeno due punti per risultare collegati.

I vari strati saranno ridotti alla medesima origine e se ne medieranno i risultati, sempre che le differenze tra i loro valori non superino i quindici secondi centesimali.

Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

La quota altimetrica del punto di nuova determinazione verrà ricavata con una livellazione trigonometrica, le osservazioni andranno riferite a tutti i punti trigonometrici I.G.M.I. visibili dal punto di stazione e saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, che verranno ripetute in ore differenti. Tali osservazioni zenitali, non inferiori a quattro strati per ogni quota da determinare, per essere mediabili non dovranno presentare scarti superiori ai 15 secondi centesimali.

Si eviterà, per quanto possibile, di osservare zenitalmente le visuali sfioranti il terreno o le cime degli alberi di zone boschive. Le quote finali calcolate dai vari punti trigonometrici saranno mediate se i risultati ottenuti dai diversi calcoli avranno fra loro uno scarto inferiore a  $\pm$  cm 8.

Le osservazioni azimutali e zenitali eseguite dalla stessa stazione saranno registrate insieme all'altezza strumentale sul piano di paragone del vertice di stazione, all'ora in cui le osservazioni sono state fatte, alla pressione atmosferica e alla temperatura.

Al termine delle attività l'Appaltatore dovrà consegnare la relazione di calcolo, la planimetria in scala 1:25000 contenente la rappresentazione schematica della Rete Geodetica (grafo di tutti i vertici), i libretti di campagna originali, le monografie di tutti i vertici e gli schemi delle operazioni topografiche eseguite (rif. Cap.6).

### **2.3.1 Procedure di Controllo relative alla Rete Geodetica di Inquadramento**

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto potrà partecipare al controllo della rete di inquadramento, da effettuarsi, con misure dirette sul terreno, su tutti i vertici presi in esame.

La rete sarà ritenuta idonea quando la distanza  $D'$  tra i vertici contigui, ricavata dalle coordinate originarie, e la distanza  $D$  tra gli stessi vertici, ottenuta dalle misure di controllo, tenuto conto del modulo di deformazione della proiezione Gauss-Boaga, soddisfi la relazione:

$$|D'-D| \leq D/10000$$

Le distanze  $D$  e  $D'$  verranno indicate in metri ed i punti che non soddisfino la suddetta relazione saranno scartati.

### **2.4 Rete di Raffittimento**

Dalla rete di inquadramento fondamentale si deriverà una rete di punti di raffittimento sia planimetrico che altimetrico il cui scopo sarà di permettere la determinazione dei punti fotografici di appoggio.

Detti vertici di raffittimento dovranno essere in numero sufficiente da permettere, di individuare un punto ogni:

- 1,0 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:1000,
- 1,5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:2000,
- 2,5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:5000,
- 5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:10000.

In ogni caso, i vertici della rete di raffittimento dovranno essere almeno 4 (quattro), distribuiti sull'intera area da cartografare

I vertici della rete di raffittimento verranno preferibilmente determinati con strumentazione GPS, con la metodologia descritta al punto 2.6, viceversa con strumentazione tradizionale saranno determinati mediante intersezione multipla in avanti, collimandoli da almeno 4 punti di origine superiore in modo da ottenere tre triangoli aventi, a due a due, un lato in comune.

I lati dei triangoli non dovranno eccedere i 4-5 Km e l'angolo sul punto non dovrà essere inferiore a 40 né superiore a 140 gradi centesimali.

Pertanto l'Appaltatore redigerà un progetto di rete di raffittimento che sottoporrà alla preventiva approvazione della Direzione per l'Esecuzione del Contratto unitamente agli schemi operativi.

Tali operazioni non saranno effettuate soltanto se esiste una precedente rete di raffittimento eseguita dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto; in tal caso la Direzione medesima consegnerà all'Appaltatore le relative monografie e questi è tenuto, a sua cura e spese, alla verifica dei vertici; qualora occorra integrare tale rete di

raffittimento per estenderla o perché alcuni vertici sono mancanti, le relative operazioni saranno contabilizzate con il relativo prezzo.

Le osservazioni azimutali verranno eseguite col metodo a strati effettuando 4 strati di osservazioni.

Le osservazioni azimutali di ciascuno strato saranno ridotte ad una stessa origine, unica per ciascuna stazione; le direzioni medie, rispetto all'origine e relative ad uno stesso punto, saranno mediate ove non presentino, tra i vari strati, differenze superiori a 15 secondi centesimali.

Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

L'errore di chiusura angolare di ciascun triangolo della rete di raffittimento non dovrà eccedere i 10 secondi centesimali. La compensazione angolare di un triangolo in tolleranza sarà effettuata, ritenendo uguali i pesi dei tre angoli, assegnando a ciascuno di essi una correzione pari ad un terzo dell'errore di chiusura, cambiato di segno.

Qualora venisse usata, per il rilievo dei vertici della rete di raffittimento, la trilaterazione, la compensazione sarà eseguita con i metodi della teoria degli errori.

Il rilievo altimetrico della rete di raffittimento sarà effettuato con la livellazione trigonometrica e le letture zenitali saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate.

Da ciascuna stazione si collimerà ad almeno 3 capisaldi della livellazione di precisione I.G.M.I. esistente nella zona (o di quella eseguita dall'Appaltatore), purché la distanza non superi 0,5 km, effettuando almeno due strati di lettura.

Qualora per particolari motivi dette distanze siano superiori al limite fissato, l'Appaltatore è tenuto a rispettare, per il rilievo altimetrico della rete di raffittimento, le stesse norme stabilite per la rete di inquadramento, con l'avvertenza che dovranno essere rispettate le tolleranze di seguito specificate.

La tolleranza planimetrica sui vertici della rete di raffittimento è fissata in  $\pm$  cm 5; quella altimetrica in  $\frac{1}{4}$  della tolleranza stabilita per i punti quotati isolati della carta.

Al termine delle attività l'Appaltatore dovrà consegnare la relazione di calcolo, la planimetria in scala 1:25000 contenente la rappresentazione schematica della Rete di Raffittimento (grafo di tutti i vertici), i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, le monografie di tutti i vertici e gli schemi delle operazioni topografiche eseguite.

## **2.5 Punti Fotografici d'Appoggio**

Per l'orientamento assoluto del modello ottico del terreno si dovranno rilevare le coordinate planoaltimetriche di almeno quattro punti fotografici in ciascun modello e la quota di un punto al centro. I quattro punti d'appoggio determinati planoaltimetricamente dovranno essere ubicati in modo tale che la spezzata congiungente detti punti risulti esterna alla porzione di fotogramma da restituire.

Nel caso in cui, per la copertura della zona, occorresse effettuare il rilievo per strisciate parallele, i quattro punti d'appoggio dovranno essere ubicati al bordo dei modelli, possibilmente nelle zone di sovrapposizione laterale e longitudinale con i modelli adiacenti.

La natura dei punti fotografici di appoggio deve essere tale da permettere una sicura collimazione stereoscopica planoaltimetrica nella osservazione delle fotografie aeree e la loro posizione deve essere individuata su una serie di foto positive su carta utilizzata nelle operazioni di campagna.

I punti d'appoggio anzidetti potranno coincidere, previo consenso della Direzione per l'Esecuzione del Contratto, con i vertici della rete di inquadramento, di raffittimento o con i vertici della poligonale, purché questi coincidano con particolari in possesso delle predette qualità di individuazione stereoscopica sulle fotografie.

Il rilievo planimetrico di detti punti sarà effettuato appoggiandosi alla rete di inquadramento, di raffittimento o alla poligonale di rilievo con il metodo dell'intersezione in avanti, doppia o tripla, ovvero mediante intersezione laterale o triangolazione, secondo la conformazione del triangolo.

Nel caso dell'intersezione in avanti gli angoli nel punto da determinare non dovranno essere minori di 40 gradi centesimali; nel caso di intersezione laterale l'angolo sul punto non dovrà risultare inferiore a 25 gradi centesimali.

L'uso della intersezione all'indietro è ammesso solo quando vengono assunti quattro punti d'appoggio opportunamente disposti per una buona determinazione.

È consentita la determinazione planimetrica con il metodo dell'intersezione semplice o per azimuth e distanza purché per le letture angolari siano eseguiti tre strati.

Il rilievo dei punti d'appoggio fotografici potrà essere eseguito sia con livellazione tecnica che con livellazione trigonometrica.

Nel secondo caso le osservazioni zenitali saranno effettuate con il metodo delle osservazioni coniugate, con almeno tre strati di lettura e collimando a punti di quota nota (vertici della poligonale o della livellazione e di precisione già esistente nella zona o di quella eseguita dall'Appaltatore, purché non distanti più di 0,5 km).

La quota del punto al centro andrà invece ricavata con le norme stabilite per la livellazione di precisione se la restituzione è in scala 1:500 o 1:1000 e con le norme stabilite per la livellazione tecnica o tramite tecnologia GPS, utilizzando la metodologia di acquisizione in "Statico Rapido", facendo stazione sui vertici della poligonale di quota nota, se la restituzione è in scala 1:2000 o 1:5000.

La tolleranza planimetrica e altimetrica dei punti fotografici è fissata pari a  $\frac{1}{2}$  di quella stabilita rispettivamente per le misure dirette e per i punti quotati isolati della carta.

Al termine delle attività l'Appaltatore consegnerà tutti i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, le planimetrie in scala 1:25000 contenenti gli schemi operativi utilizzati per la determinazione dei punti, la stampa su carta di tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio e dei punti quota, le monografie di tutti i punti e la relazione di calcolo delle coordinate (rif. Cap.6).

Nel caso di utilizzo di riprese aeree con tecnologia digitale:

- I punti di appoggio dovranno essere opportunamente distribuiti sul territorio, ed in quantità tale da garantire almeno un punto ogni 10 modelli. Il numero dei punti di appoggio a terra andrà convenientemente aumentato nel caso in cui il lotto presenti notevoli e diffusi dislivelli orografici o abbia particolare forma irregolare.
- I punti di appoggio a terra dovranno permettere tutti una sicura collimazione stereoscopica plano-altimetrica.
- I punti di appoggio a terra potranno coincidere con vertici della rete di inquadramento o di raffittimento, purché abbiano le dette proprietà di sicura identificazione stereoscopica.
- Le operazioni di misura sul terreno per la determinazione delle coordinate o della quota dei punti di appoggio per la T.A. dovranno essere condotte in modo che ogni misura possa essere controllata

- Gli s.q.m. nella posizione plano-altimetrica di questi punti fotografici di appoggio dovranno comunque risultare non superiori ai seguenti valori per la scala 1:1000, planimetria 0,15 m e altimetria 0,10 m ; per la scala 1:2000 , planimetria 0,25 m e altimetria 0,20 m;

Ciascun punto d'appoggio a terra sarà corredato da una monografia descrittiva, oggetto di consegna, che ne consenta il riconoscimento sui fotogrammi, direttamente o attraverso particolari ad esso collegati.

Delle monografie descrittive faranno parte i seguenti dati:

- codice o nome del punto;
- elemento cartografico di appartenenza;
- coordinate planimetriche (E ed N) e quota ortometrica (Q) del particolare fotografico
- foto a colori dell'elemento cartografico;
- schizzo planimetrico;
- data di esecuzione della monografia.

E' richiesta la determinazione di alcuni punti di verifica (check point), distribuiti sul territorio oggetto dell'appalto, in numero complessivamente non superiore al 20% dei punti di appoggio a terra.

Le coordinate di tali punti dovranno essere determinate con le stesse modalità di rilievo dei punti di appoggio a terra.

Essi verranno collimati in fase di T.A. e compresi nel calcolo di compensazione senza costituire vincolo, per verificare a posteriori le differenze fra le coordinate misurate e quelle derivanti dalla compensazione.

## **2.6 Utilizzo della tecnologia GPS**

Per la fase di determinazione della rete di raffittimento e di appoggio è consentito l'impiego della tecnologia GPS a doppia frequenza, esclusivamente per il calcolo della rete planimetrica, con le seguenti prescrizioni generali:

- a) Il numero minimo di strumenti ( a doppia frequenza) sia pari a due
- b) Utilizzo del metodo "statico", "pseudo-statico" o "statico-rapido, da concordare con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto
- c) Le misure devono costituire poligoni chiusi aventi un numero massimo di lati pari a 8
- d) All'interno di tali poligoni è previsto lo stazionamento su tutti i punti della rete IGM95, nonché il "riattacco" altimetrico ai capisaldi di livellazione concordati con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto, per una corretta definizione dei parametri di rototraslazione dal sistema WGS84 al sistema nazionale
- e) Il numero minimo di satelliti il cui segnale è contemporaneamente ricevuto dalle stazioni durante le misure è pari a quattro
- f) L'elevazione minima di tali satelliti sull'orizzontale deve essere non inferiore a 15 gradi sessagesimali
- g) Durante le operazioni di misura il valore medio del rapporto segnale/rumore deve essere superiore ai minimi valori stabiliti dalle specifiche tecniche relative alla strumentazione in uso (in caso di non rispetto di tali valori andrà concordato con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto l'entità del prolungamento del tempo di misura)
- h) L'intervallo di acquisizione dei dati satellitari è pari a 20 secondi nel caso di utilizzo del metodo "statico" o "pseudo-statico" , e di 10 secondo nel caso di metodo statico-rapido.

In particolare, l'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni, in funzione del metodo di misura adottato:

Metodo "statico":

- La contemporaneità delle osservazioni deve essere non inferiore a:
  - a) 30 minuti per lati di lunghezza inferiore a 15 km
  - b) 60 minuti per lati superiori a 15 km

Metodo "pseudo-statico":

- Le "baselines" devono avere una lunghezza inferiore a 10 km
- L'intervallo di riposizionamento deve essere compreso fra 50 e 110 minuti
- Lo stazionamento di tipo "itinerante" deve avere una durata compresa fra 5 e 10 minuti
- I satelliti osservati nella prima occupazione del vertice devono continuare ad essere osservati nelle sessioni di riposizionamento

Metodo "statico-rapido"

- La contemporaneità delle osservazioni deve essere non inferiore a:
  - a) 15 minuti per lati di lunghezza inferiore a 15 km
  - b) 30 minuti per lati superiori a 15 km

Il progetto della rete dovrà essere preventivamente sottoposto alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

I file creati da ogni sessione di lavoro devono essere consegnati alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto sia nel formato di uscita dello strumento di misura impiegato che nel formato RINEX 1.4 o versioni successive; dovranno inoltre essere consegnati i file in formato ASCII relativi alle singole "baselines", in un formato record documentato, contenenti necessariamente le seguenti informazioni (rif. Cap.6):

- 1) risultanze derivanti dalle "doppie" e "triple" differenze
- 2) la misura della "baseline" congiungente le due stazioni di osservazione, il relativo s.q.m. e la "ratio"
- 3) le differenze di latitudine, longitudine e quota sull'ellissoide WGS84 fra gli estremi della base
- 4) le coordinate latitudine, longitudine e quota di ciascun estremo della "baseline" ottenuti con le misure di "pseudorange"
- 5) l'azimut e l'elenco dei "bias" risolti

Il calcolo della compensazione dovrà mantenere fisse le coordinate WGS84 fornite dall'I.G.M.I. di uno dei punti IGM95 utilizzati, posizionato preferibilmente in prossimità del baricentro dell'area di intervento.

Prima di procedere alle successive fasi operative sono previsti i controlli "a", "b" e "c" descritti al par. 2.5.2

Le successive fasi prevedono:

- 1) Calcolo dei sette parametri di rototraslazione dal sistema satellitare pseudoWGS84 al sistema nazionale Gauss-Boaga, mediante il metodo dei minimi quadrati (formule di Helmert o di Molodenski)

- 2) Applicazione dei parametri di rototraslazione alle coordinate WGS84 compensate di tutti i punti di raffittimento calcolati in modo da riferirsi al sistema nazionale
- 3) Materializzazione, su manufatti stabili, di tutti i punti di raffittimento calcolati, possibilmente in posizione tale da consentirne l'utilizzo in fase di triangolazione aerea.

I software richiesti per l'esecuzione dei calcoli sono essenzialmente dei seguenti tre tipi:

- per la riduzione dei dati grezzi (calcolo delle "baselines") [normalmente fornito dalla casa costruttrice del ricevitore]
- per la compensazione delle "baselines" (basata sul principio dei minimi quadrati)
- per l'inquadramento della rete WGS 84 nel Sistema Nazionale

### **2.6.1 Procedure di Controllo relative all' Utilizzo della tecnologia GPS**

Ad ultimazione delle attività previste per questa fase la Direzione per l'Esecuzione del Contratto effettuerà i controlli seguenti:

a) si analizza il valore medio del rapporto segnale/rumore registrato

- Criterio di verifica:

tale valore deve essere superiore ai minimi valori stabiliti dalle specifiche tecniche relative alla strumentazione in uso (in caso di non rispetto di tali valori andrà concordato con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto l'entità del prolungamento del tempo di misura)

b) si misurano gli scarti residui nelle singole componenti di ciascuna "baseline"

- Criterio di verifica:

Gli scarti residui nelle singole componenti di ciascuna "baseline" dovranno essere inferiori a 10 ppm. Tutte le misure che non rispettino tali condizioni dovranno essere ripetute.

c) Si dovrà verificare la congruenza della rete G.P.S. dell'I.G.M.I. con le coordinate WGS84 compensate di tutti i punti IGM95 utilizzati.

- Criterio di verifica:

Qualora gli scarti riscontrati risultino non accettabili la Direzione per l'Esecuzione del Contratto deciderà la rimozione dei vincoli di "fissità" dei punti IGM95 utilizzati.

### **2.7 Punti Fotografici d'Appoggio da Triangolazione Aerea**

Per la determinazione delle coordinate dei punti fotografici è consentito il ricorso alla triangolazione aerea purché vengano rispettate le tolleranze prescritte.

Il metodo e le norme di esecuzione saranno concordati con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto prima dell'inizio dei lavori, tenendo presente che in questo caso valgono le seguenti norme particolari:

- devono essere rilevati almeno 15 punti planimetrici e 25 altimetrici ogni 50 modelli
- tra una strisciata e l'altra deve essere predisposto almeno un punto di connessione per ogni modello

- in ogni modello deve essere determinata, con la triangolazione aerea, la posizione di un punto ben individuabile sul terreno, da utilizzare per le operazioni di collaudo
- gli scarti quadratici medi delle posizioni planimetriche e altimetriche dei punti fotografici, risultanti dai calcoli di compensazione, devono essere inferiori ad un quarto della tolleranza stabilita rispettivamente per le distanze dirette e per le quote dei punti isolati della carta

Di norma dovrà essere eseguita una triangolazione analitica, tenendo presente che:

- il calcolo di compensazione delle strisciate e dei blocchi deve essere effettuato con un calcolatore elettronico, utilizzando programmi scelti in accordo con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto
- le discrepanze fra le coordinate dei punti di appoggio della strisciata o del blocco e le coordinate calcolate per gli stessi punti in base agli elementi della compensazione e le discrepanze calcolate per lo stesso punto di connessione di due strisciate adiacenti non debbono superare la metà del valore della tolleranza stabilita per i punti quotati.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare una planimetria in scala 1:25000 (contenente l'indicazione della strisciata o del blocco, la posizione dei punti fotografici e i dati di compensazione), la stampa su carta di tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio dei modelli e della strisciata o del blocco, le monografie dei punti e la relazione di calcolo.

## 2.8 Coordinate Rettilinee

Per la rappresentazione in coordinate "rettilinee" dovrà essere scelto un metodo di calcolo che garantisca nel passaggio da rappresentazione ellissoidica a rappresentazione piana o "rettilinea" di una deformazione paragonabile agli "errori strumentali di misura". Dovrà essere eseguita una trasformazione da coordinate geografiche WGS84 ottenute dalla compensazione della rete intrinseca in coordinate piane, utilizzando come meridiano di origine quello baricentrico alla zona di lavoro.

Il coefficiente "c" di contrazione dovrà essere calcolato con riferimento alla quota media, al raggio della sfera locale ed alle costanti ellissoidiche.

Nella relazione di calcolo dovranno essere riportati i seguenti valori:

- latitudine e longitudine del punto baricentrico che darà origine al meridiano centrale;
- Valori di falsa Est e falsa Ovest
- Ampiezza in gradi della zona di calcolo
- Valore del coefficiente di contrazione "c"
- Quota media adottata
- Scarti del calcolo di rototraslazione rigida tra le coordinate rettilinee locali e le coordinate UTM dei vertici di inquadramento

## **2.9 Poligonale**

### **2.9.1 Poligonale a lati lunghi**

Per la poligonale planoaltimetrica a lati lunghi che potrà essere disposta dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto in alternativa alla rete di raffittimento di cui al precedente punto 2.4, si prescrive che i lati siano il più possibile di lunghezza costante e che i vertici costituenti i loro punti d'incontro siano ubicati su manufatti stabili nel tempo e tali da consentire la più ampia visuale possibile.

Il rilievo angolare sarà effettuato con il metodo delle osservazioni a strati, eseguendo da ogni stazione almeno tre o quattro strati di letture azimutali secondo le prescrizioni della Direzione per l'Esecuzione del Contratto. I vari strati forniranno i valori degli angoli che, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali.

Le osservazioni che superino tale valore andranno ripetute.

L'angolo per l'orientamento del primo lato della poligonale sarà rilevato con il metodo delle direzioni isolate effettuando quattro letture la mattina e quattro il pomeriggio per eliminare l'errore di fase; le relative letture, per essere mediabili, devono avere uno scarto non superiore a 20 secondi centesimali.

L'orientamento anzidetto verrà determinato collimando, ove possibile, almeno a quattro punti trigonometrici della rete di inquadramento.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale dovrà essere ottenuta mediante livellazione trigonometrica nei seguenti modi:

- nel caso che nella zona interessata dai rilievi non esista una rete di livellazione I.G.M.I. od una livellazione eseguita in precedenza dovrà determinarsi il dislivello tra le successive coppie di punti con osservazioni zenitali, eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando successivamente i valori calcolati in andata e ritorno
- nel caso che nella zona interessata dal rilievo esistano le livellazioni citate al punto precedente e sia possibile la collimazione diretta al caposaldo, il rilievo altimetrico di ciascun vertice, appoggiato ai capisaldi della rete di livellazione purché posti ad una distanza non superiore ad 1 km, sarà eseguito con il metodo delle osservazioni zenitali coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando i risultati

Per entrambi i casi da ogni stazione verranno eseguiti almeno tre strati di letture per ogni punto collimato e gli angoli zenitali ottenuti, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali.

### **2.9.2 Poligonale a lati corti**

Per la poligonale planimetrica a lati corti, da prevedere per le scale 1:1000 e 1:2000, si prescrive che i vertici, intervallati con i capisaldi della livellazione (che potranno anche far parte della poligonale) siano ubicati sulla banchina della Statale (o Provinciale) esistente nella fascia di terreno da restituire. La distanza tra i vertici di detta poligonale sarà variabile in relazione alla necessità di stabilire la visuale di ogni singolo cippo da quelli contigui e di individuare tutti i rettifili dell'infrastruttura esistente.

In corrispondenza delle gallerie esistenti la poligonale passerà all'esterno e, ove ciò non fosse possibile, potrà essere autorizzata l'esecuzione di una triangolazione sostitutiva di collegamento ed il rilievo potrà essere appoggiato anche a tale triangolazione, restando però stabilito che, per le eventuali triangolazioni sarà compensata la spezzata di percorso più breve che stabilisce la continuità della poligonale stessa tra i due imbocchi della galleria.

Inoltre in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie, se in rettilineo, la poligonale dovrà avere un lato supplementare aperto, all'interno della galleria e parallelo al suo asse.

Nei tratti di poligonale eseguiti su terreno libero i cippi dovranno essere ubicati fuori dai terreni coltivati, possibilmente lungo i margini di strade o fossi, su manufatti, ecc., in modo che non possano essere facilmente rimossi; comunque la distanza fra due cippi successivi dovrà essere sempre inferiore ad 1 km.

Il rilievo angolare della poligonale dovrà essere eseguito con metodo delle osservazioni a strati, con le prescrizioni stabilite per la poligonale planoaltimetrica della classe di appartenenza.

Il rilievo lineare sarà eseguito avanti e indietro e i risultati, se compatibili, saranno mediati.

Per la riduzione all'orizzonte di dette misure dovranno essere rilevati gli angoli zenitali, effettuando almeno due strati di letture angolari.

La poligonale rimarrà aperta, nonostante il rilevante sviluppo in lunghezza, e perciò il calcolo di essa non sarà influenzato da correzioni per eventuali errori di chiusura su punti trigonometrici dell'Istituto Geografico Militare Italiano, in modo da non modificare le coordinate dei vertici.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, le monografie di tutti i vertici della poligonale e dei punti trigonometrici I.G.M.I. di riferimento, la relativa planimetria in scala 1:25000, il profilo degli elementi della poligonale e la relativa relazione di calcolo.

### 2.9.3 Procedure di Controllo relative alla Poligonale

I controlli previsti per le Poligonali sono i seguenti:

a) Per la poligonale planoaltimetrica a lati di lunghezza mediamente compresa fra 0,3 km ed 1 km

Posto:	$\Delta\alpha$	=	errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali
	$\Delta l$	=	errore di chiusura lineare espresso in metri
	n	=	numero dei vertici della poligonale
	l	=	lunghezza dei lati espressa in metri
	$\Sigma l$	=	somma dei lati della poligonale espressa in metri

- Criterio di verifica:

La poligonale sarà ritenuta accettabile se entrambe le seguenti condizioni sono rispettate:

$$|\Delta\alpha| \leq 0,0030 \sqrt{n}$$

$$|\Delta l| \leq [0,002 \sqrt{\Sigma l} + 0,0001 (\Sigma l) + 0,005]$$

b) Per la poligonale planoaltimetrica a lati di lunghezza mediamente superiore a 1 km ed inferiore a 7 km

Posto:

$\Delta\alpha$  = errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali

rl = rapporto di accuratezza lineare

n = numero dei vertici della poligonale

$\Sigma l$  = somma dei lati della poligonale espressa in metri

$\Delta E$  e  $\Delta N$  = differenze espresse in metri fra le coordinate Nord ed Est calcolate con la poligonale e le rispettive coordinate del punto trigonometrico desunte dalla monografia

A = 10000 per la poligonale a lati lunghi mediamente da 0,3 km ad 1 km

A = 30000 per la poligonale a lati lunghi mediamente da 1 km ad 3 km

A = 60000 per la poligonale a lati lunghi mediamente da 3 km ad 5 km

- Criterio di verifica:

La poligonale sarà ritenuta accettabile se entrambe le seguenti condizioni sono rispettate:

$$|\Delta\alpha| \leq 0,0020 \sqrt{n}$$

$$rl = \frac{\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}}{\Sigma l} \leq \frac{1}{A}$$

c) Ogni 10 chilometri circa, nonché all'inizio e alla fine della poligonale, dovranno essere eseguite le chiusure su punti trigonometrici I.G.M.I.

- Criterio di verifica:

La poligonale sarà ritenuta accettabile se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

$$|\Delta\alpha| \leq 0,0030 \sqrt{n}$$

$$|\Delta l| \leq [0,002 \sqrt{\Sigma l} + 0,0001 (\Sigma l) + 0,005]$$

$$|\Delta z| \leq 40 \sqrt{D}$$

dove:

n = numero dei vertici

$\Delta\alpha$  = errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali

$\Delta l$  = errore di chiusura lineare espresso in metri

$\Delta z$  = errore di chiusura altimetrico espresso in mm

l = lunghezza dei lati espressa in metri

D = distanza in km.

Gli eventuali errori altimetrici, se contenuti entro i limiti di tolleranza suddetti, saranno ripartiti secondo i metodi della teoria degli errori.

## 2.10 Livellazione Geometrica

### 2.10.1 Livellazione Geometrica di Precisione

La livellazione geometrica di precisione da effettuarsi per la realizzazione di nuove linee di livellazione anche lungo la poligonale sarà condotta con il metodo della livellazione con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza dalle due stadie, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare i 30 metri.

La misura del dislivello da caposaldo iniziale a caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno, in ore e giorni diversi. In ogni caso bisognerà evitare le ore calde o di foschia e le visuali radenti.

Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi I.G.M.I., la livellazione si svilupperà tra ciascuna coppia di capisaldi.

Comunque, la tolleranza tra caposaldo iniziale e finale di tutta la livellazione dovrà essere contenuta nel limite specificato al par.2.8.1.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo dell' I.G.M.I. è fatto obbligo all'Appaltatore di assicurarsi che la quota del caposaldo sia rimasta invariata nel tempo.

Il livello impiegato nella livellazione dovrà essere preferibilmente di tipo digitale o in alternativa meccanico con: micrometro per la misura diretta delle frazioni di parte della graduazione, ingrandimento dell'obiettivo non inferiore a 30X, livella con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 20" per 2 mm di spostamento o congegno autolivellante di precisione equivalente, stato di rettifica verificato prima dell'inizio dei lavori e tutte le volte che la Direzione per l'Esecuzione del Contratto lo richiederà espressamente.

Le coppie di stadie dovranno avere: codice a barre, graduazione "centimetrata" o "mezzocentimetrata" su nastro di acciaio sottoposto a tensione costante, lunghezza in un unico pezzo, bolla che ne permetta la posa verticale con l'approssimazione di qualche primo, puntale d'appoggio su capisaldi sferici, piastra trasportabile per battute intermedie di peso e stabilità sufficiente, stato di rettifica e taratura verificati e documentati.

Con la livellazione si dovranno determinare due capisaldi per ogni chilometro di linea livellata, che potranno anche coincidere con i vertici della poligonale. Qualora non coincidano bisognerà fornire sia le coordinate rettilinee che quelle Gauss-Boaga di detti capisaldi.

Lungo i tratti delle esistenti infrastrutture stradali, quando la livellazione geometrica di precisione è finalizzata alla produzione di cartografie alle scale 1:1000 e 1:2000, dovranno essere rilevate e riportate sulla cartografia le quote del piano stradale in corrispondenza dei vertici della poligonale, delle opere d'arte, dei passaggi a livello, dei fabbricati, delle case cantoniere e dei cambi di livelletta, in modo da poter ricostruire il reale andamento altimetrico dell'infrastruttura.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, la planimetria di livellazione, il profilo, le monografie di tutti i capisaldi ricadenti nella zona interessata dal rilievo, la relazione di livellazione.

## **2.10.2 Procedure di Controllo relative alla Livellazione Geometrica di Precisione**

La livellazione geometrica di precisione sarà sottoposta ai seguenti controlli:

a) Si determinano le quote misurate in andata ed in ritorno, per tutti i capisaldi utilizzati per la livellazione

- Criterio di verifica:

nel caso di linea di livellazione aperta, il dislivello medio non dovrà superare  $\pm 5\sqrt{D}$  mm

nel caso di linea di livellazione chiusa, l'errore di chiusura non dovrà superare

$\pm 2,5\sqrt{D}$  mm

dove D è lo sviluppo della intera linea di livellazione espressa in km

Qualora il criterio non venga rispettato si dovrà ripetere la livellazione.

### 2.10.3 Livellazione Tecnica

La livellazione tecnica per la realizzazione di nuove linee di livellazione, anche lungo la poligonale della relativa classe, sarà eseguita di norma solo per le restituzioni in scala 1:5000 e 1:10000. Con tale livellazione saranno determinate anche le quote assolute dei punti d'incrocio delle strade, dei passaggi a livello, delle opere d'arte lungo la statale esistente e del piano strada in corrispondenza delle opere d'arte.

Sarà eseguita con un livello fornito di bolla con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 30" per 2 mm di spostamento o dispositivo autolivellante equivalente, ingrandimento circa 25X, stato di rettifica controllato all'inizio dei lavori. Le coppie di stadia dovranno avere: graduazione centimetrata su legno o metallo preferibilmente di un pezzo unico, livella sferica per la posa verticale.

Le distanze tra strumento e stadia non dovranno superare gli 80 metri le battute saranno eseguite dal mezzo con ripetizione della misura in andata e ritorno. Dette misure potranno succedersi senza intervallo di tempo e con lo stesso operatore.

Prima di collegare i vertici della rete e della poligonale con un caposaldo di livellazione I.G.M.I. sarà necessario che l'Appaltatore si assicuri che la quota del caposaldo di riferimento sia rimasta invariata nel tempo.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare i libretti di campagna originali, la planimetria di livellazione, il profilo, le monografie di tutti i capisaldi ricadenti nella zona interessata dal rilievo, la relazione di livellazione.

### 2.10.4 Procedure di Controllo relative alla Livellazione Tecnica

La livellazione tecnica sarà sottoposta ai seguenti controlli:

a) Si determinano le quote misurate in andata ed in ritorno, per tutti i capisaldi utilizzati per la livellazione

- Criterio di verifica:

nel caso di linea di livellazione aperta, il dislivello medio non dovrà superare  $\pm 18\sqrt{D}$  mm

nel caso di linea di livellazione chiusa, l'errore di chiusura non dovrà superare  $\pm 13\sqrt{D}$  mm

dove D è lo sviluppo della intera linea di livellazione espressa in km

Qualora il criterio non venga rispettato si dovrà ripetere la livellazione.

## 2.11 Materializzazione dei vertici

L'Affidatario del servizio dovrà materializzare i vertici di rete, inquadramento, raffittimento, livellazione o di poligonale, secondo le seguenti prescrizioni e garantendo che gli stessi mantengano nel tempo la stabilità necessaria per ogni categoria di vertice.

### 2.11.1 Centrini metallici

In linea generale, ANAS S.p.A. richiede la materializzazione di centrini metallici, ubicati esclusivamente su strutture stabili, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- Testa emisferica con raggio di 4 mm ed altezza emisferica di 4 mm con foro di riferimento per il centramento;
- Corona sommitale con spessore di 5 mm e diametro di 26 mm;
- Fusto filettato con altezza di 60 mm con filettatura standard di tipo "fischer" e diametro fusto di 9 mm;
- Rondella in acciaio con diametro foro di 9.5 mm
- Fissaggio con tassello metallico tipo "fischer" in foro con diametro di 10 mm, eventuale fissaggio con tassello chimico bicomponente

Nel prezzo di materializzazione dei centrini è altresì compreso e compensato anche l'onere per il ripristino dei centrini eseguiti in difformità alle prescrizioni contrattuali o delle indicazioni di ANAS S.p.A. o trovati mancanti, rimossi o comunque instabili durante le operazioni di controllo effettuate da ANAS S.p.A.

### 2.11.2 Pilastrini in cls

In caso di aree in cui non sono presenti strutture stabili per il fissaggio dei centrini metallici, l'Affidatario dovrà realizzare appositi **pilastrini in cls** aventi le seguenti caratteristiche minime:

- Pilastrini in calcestruzzo eseguiti in opera con dimensioni di 30 x 30 cm, fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a 50 cm, completi di centrini metallici a testa sferica
- Realizzati in conglomerato cementizio con faccia superiore convessa, compresa e compensata la fornitura e posa in opera dei casseri.
- Centrini metallici posti in opera al momento del getto del calcestruzzo

Nel prezzo di realizzazione dei pilastrini è altresì compreso e compensato anche l'onere per il ripristino dei pilastrini eseguiti in difformità alle prescrizioni contrattuali o delle indicazioni di ANAS S.p.A. o trovati mancanti, rimossi o comunque instabili durante le operazioni di controllo effettuate da ANAS S.p.A.

### 2.11.3 Chiodi sparati

E' consentito l'uso di "chiodi sparati" o picchetti in legno, soltanto nel caso in cui la segnalazione sia di carattere temporaneo (indicazione delle sezioni da rilevare, stazionamento temporaneo fuori centro ....)

Il ricorso ai "chiodi sparati" è consentito per la materializzazione di punti soltanto su manufatti in conglomerato cementizio che non presentino fenomeni di degrado, previa autorizzazione di ANAS S.p.A.

## 2.12 Restituzione dei Fotogrammi ed Approntamento della Minuta di Restituzione

La cartografia sarà inquadrata nella proiezione Gauss-Boaga nel sistema geodetico nazionale (ellissoide internazionale orientato a Roma Monte Mario) o nel sistema UTM e verrà disegnata di norma per le scale 1:5000 e 1:10000 con coordinate Gauss-Boaga o UTM nei fusi 32 o 33 e per le scale 1:500, 1:1000 e 1:2000 con coordinate "rettilinee".

In ogni caso, per le restituzioni in scala 1:2.000, la cartografia dovrà essere rappresentata sia in coordinate rettilinee che nel sistema cartografico indicato dal Direttore per l'Esecuzione del Contratto (UTM o Gauss Boaga).

L'Appaltatore, prima di iniziare il lavoro di restituzione, su richiesta della Direzione per l'Esecuzione del Contratto, dovrà comunicare i nominativi del personale addetto alla restituzione e con quali strumenti restitutori intende eseguire tale lavoro.

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di accertare l'idoneità del personale e del restitutore. Comunque criterio fondamentale per la valutazione di idoneità del restitutore è quello della precisione altimetrica strumentale: gli errori in quota di origine strumentale non debbono superare in nessun punto del modello l'uno per diecimila della quota di volo.

L'accertamento dello stato di rettifica strumentale, eseguito mediante restituzione di reticoli, deve essere compiuto prima dell'inizio della restituzione con la partecipazione eventuale di un incaricato della Direzione per l'Esecuzione del Contratto ed i documenti originali debbono essere trasmessi alla Direzione stessa.

Dalla restituzione di detti reticoli, compiuta secondo le modalità adeguate al tipo di restitutore, dovrà risultare che:

- gli s.q.m planimetrici  $m_x$  e  $m_y$  (calcolati dividendo lo s.q.m planimetrico sul modello per il numero degli ingrandimenti del modello stesso) siano contenuti:
  - per la restituzione in scala 1:1000 e 1:2000 entro  $4\mu$ ,
  - per la restituzione in scala 1:5000 e 1:10000 entro  $7\mu$ ;
- lo s.q.m altimetrico  $m_z$  (ottenuto come s.q.m in Z sul modello e diviso per la distanza di proiezione), espresso percentualmente alla quota di volo, sia contenuto:
  - per la restituzione in scala 1:1000 e 1:2000 entro  $0,05\%$ ,
  - per la restituzione in scala 1:5000 e 1:10000 entro  $0,1\%$ .

Nel restitutore deve potersi correggere la distorsione se questa superi  $0,01$  mm

Le operazioni di orientamento relativo ed assoluto di ogni modello debbono essere compiute da un operatore esperto e secondo la prassi normale. Per ogni modello orientato dovrà essere compilata una scheda dalla quale risultino: le indicazioni relative ai fotogrammi utilizzati, gli elementi di orientamento strumentali delle due camere, la scala del modello, gli scarti in planimetria e quota su tutti i punti di appoggio interni al modello, la data di inizio e di fine della restituzione.

Gli scarti planimetrici sui punti di appoggio non dovranno in nessun caso superare  $0,3$  mm grafici, gli scarti altimetrici devono essere contenuti nella metà delle tolleranze cartografiche stabilite per i punti quotati isolati.

Qualora, malgrado ripetuti tentativi, non risulti possibile portare gli errori su di un punto d'appoggio entro i limiti predetti, si dovrà innanzi tutto ricercare la causa di tale fatto (errori di calcolo, di identificazione o altro), dopo di che, se

le discrepanze sussistono, detto punto non dovrà essere utilizzato per l'orientamento assoluto del modello. Ove possibile dovrà essere reintegrato con un altro punto di appoggio.

L'operatore allo strumento restitutore dovrà possedere esperienza e abilità sufficiente per eseguire le operazioni di restituzione e di foto-interpretazione delle fotografie aeree.

Nel corso della restituzione l'operatore dovrà saltuariamente assicurarsi che siano rimasti inalterati l'orientamento esterno della coppia dei fotogrammi e "l'ingrandimento" iniziale tra il modello ottico e il foglio di disegno. Qualora risultino variati, dovrà provvedere alle necessarie rettifiche con le modalità richieste dai singoli tipi di restitutore.

Corretto l'orientamento esterno o l'ingrandimento, si dovrà tornare sul tracciamento planoaltimetrico eseguito procedendo a ritroso e sostituendo ad esso, fin dove occorra, un nuovo tracciamento.

Detti controlli andranno comunque eseguiti all'atto di ciascuna sospensione o ripresa del lavoro di restituzione e i singoli risultati ottenuti saranno trascritti in un apposito "Giornale di restituzione" che l'Appaltatore dovrà tenere nel locale ove si svolge il lavoro. Tale giornale dovrà essere consegnato alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto al termine della presente fase di lavoro.

L'Appaltatore è tenuto a permettere l'accesso di un incaricato della Direzione per l'Esecuzione del Contratto in qualsiasi momento ai locali ove si svolge la restituzione e a mettere a sua disposizione tutti i documenti relativi alle operazioni in corso che la Direzione per l'Esecuzione del Contratto stessa riterrà utile consultare.

Nella rappresentazione planimetrica saranno riportati tutti gli elementi di base del rilievo, tutte le particolarità topografiche e la nomenclatura, con speciale riguardo alle statali e alle relative opere d'arte, ai passaggi a livello, alle strade in genere, ai fabbricati, ai corsi d'acqua, ai canali e ai fossi, con rappresentazione convenzionale delle scarpate, degli argini e dei manufatti, così da avere l'esatta ed aggiornata raffigurazione planimetrica del terreno a mezzo del disegno e dei simboli di uso corrente che saranno sottoposti alla preventiva approvazione della Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

Le curve di livello saranno distinte in:

- **Direttrici**, con equidistanza pari a un duecentesimo del denominatore della scala cartografica e disegnate con una linea continua leggermente più marcata delle altre contraddistinte dal proprio valore metrico. Tale valore verrà sempre scritto con la base rivolta a valle e posizionato a cavallo della curva stessa che in quel tratto non sarà disegnata;
- **Ordinarie**, con equidistanza pari a un quinto di quella relativa alle curve direttrici e disegnate con una linea a tratto sottile;
- **Ausiliarie**, con equidistanza pari a un decimo di quella relativa alle curve direttrici e disegnate con linea a tratto sottile.

Le curve ausiliarie saranno usate quando, con l'equidistanza stabilita, non sia possibile esprimere tutte le irregolarità del terreno (cocuzzoli, selle, fossi, bruschi cambiamenti di pendio tra curva e curva).

Nelle zone in cui la determinazione dell'orografia risulti incerta per la presenza di fitta vegetazione le curve di livello saranno disegnate a tratti.

Esse comunque dovranno essere appoggiate ai saltuari vuoti presenti nell'arboratura, restituendo per un conveniente numero di punti le quote a terra.

Qualora la copertura sia eccezionalmente intensa e continua, tanto che la prassi indicata non risulti applicabile, verrà omesso il tracciamento delle curve di livello. In tale caso si avrà però cura di determinare al restitutore, e indicare in cartografia, le quote del maggior numero di punti a terra che possano essere osservati al restitutore secondo la prassi già indicata.

Le curve di livello non saranno tracciate in terreni uniformemente pianeggianti, con pendenza inferiore al 2%. In questo caso si fornirà un numero di punti quotati atti a rappresentare il terreno stesso.

Di seguito sono elencate alcune prescrizioni generali riguardanti il contenuto delle planimetrie, il cui dettaglio è definito al punto 10 "Prescrizioni Tecniche per la Redazione degli Elaborati".

#### **Le planimetrie in scala 1:10000 dovranno contenere:**

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 50, quelle ordinarie con equidistanza di m 10 e le ausiliarie con equidistanza di m 5
- le quote di punti caratteristici del terreno
- almeno un punto quotato in media ogni 2 ettari, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione tecnica ogni 500 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote degli assi stradali rilevate mediante livellazione tecnica ogni 200 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutti i vertici della rete di raffittimento, i punti fotografici d'appoggio, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote.

#### **Le planimetrie in scala 1:5000 dovranno contenere:**

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 25, quelle ordinarie con equidistanza di m 5, le ausiliarie con equidistanza di m 2,50
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- almeno due punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione tecnica ogni 200 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)

- le quote degli assi stradali rilevate mediante livellazione tecnica ogni 100 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutti i vertici della rete di raffittimento, i punti fotografici d'appoggio, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

**Le planimetrie in scala 1:2000 dovranno contenere:**

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 10, quelle ordinarie con equidistanza di m 2, le ausiliarie con equidistanza di m 1
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 20 m.
- almeno cinque punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 100 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote delle piattaforme stradali rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 50 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere dalla cartografia le altezze dei fabbricati stessi
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

**Le planimetrie in scala 1:1000 dovranno contenere:**

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 5, quelle ordinarie con equidistanza di m 1, le ausiliarie con equidistanza di m 0,50
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 10 m. il rilievo dei cigli dovrà essere

effettuato con riferimento ad almeno 2 capisaldi (inizio e fine della tratta) aventi quota assegnata tramite livellazione geometrica di precisione.

- almeno dieci punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 50 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere, dalla cartografia, le altezze dei singoli corpi di fabbrica
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

**Le planimetrie in scala 1:500 dovranno contenere:**

- le curve di livello direttrici con equidistanza pari a un duecentesimo del denominatore della scala, quelle ordinarie con equidistanza pari a un quinto di quella stabilita per le curve direttrici;
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 10 m. il rilievo dei cigli dovrà essere effettuato con riferimento ad almeno 2 capisaldi (inizio e fine della tratta) aventi quota assegnata tramite livellazione geometrica di precisione.
- almeno venti punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 20 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote delle piattaforme stradali rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 10 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutte le entità con spessori e dimensioni superiori a 0.50 m
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere, dalla cartografia, le altezze dei singoli corpi di fabbrica
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura

- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

Nelle cartografie, in tutte le suddette scale, dovrà tenersi particolare riguardo alla rappresentazione del corpo stradale indicando anche le opere d'arte ecc., con le relative nomenclature.

In particolare, per le scale 1:500, 1:1000 e 1:2000, si prescrive che per le opere d'arte (esclusi i tombini di luce inferiore ai due metri) dovranno essere effettuate ricognizioni e misurazioni dirette sul posto in modo da rilevare (quando non sia possibile desumerlo dai fotogrammi) la luce delle opere e le altre eventuali particolarità da riportare sulle planimetrie.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare la planimetria contenente la ripartizione e la numerazione dei fogli, i certificati originali (o copia autenticata) relativi allo stato di rettifica degli strumenti utilizzati per la restituzione, il "Giornale di restituzione", le minute di restituzione, il protocollo di restituzione.

### **2.13 Ricognizione ed Integrazione della Minuta di Restituzione con Operazioni a Terra**

L'integrazione metrica del rilievo riguarderà soprattutto i seguenti elementi:

- rilievo diretto sul terreno, a mezzo di operazioni topografiche ordinarie di precisione adeguata, in quelle zone rimaste defilate dalle ombre presenti sulle fotografie o mascherate da vegetazioni molto fitte
- inserimento, in posizione corretta, di elementi nuovi costruiti nel frattempo e, se necessario, delle costruzioni sotterranee interessate dalla fascia restituita
- misura dell'ampiezza delle grondaie dei tetti degli edifici allo scopo di correggere gli errori di restituzione relativamente alle dimensioni degli edifici (sgondature)

Dal punto di vista qualitativo con la ricognizione si dovrà:

- inserire la toponomastica, ricavandola sia da documenti scritti, sia da informazioni dirette;
- riportare i limiti amministrativi (statali, regionali, provinciali, comunali ecc.) tramite documenti forniti dalle Amministrazioni
- indicare le colture e le specie arboree principali
- contrassegnare gli edifici pubblici, quelli di importanza essenziale per la comunità e quelli di interesse storico-artistico
- prendere nota degli elementi morfologici necessari per una corretta compilazione della carta
- classificazione delle strade e delle linee ferroviarie

Completata questa attività, prima di passare all'approntamento dell'originale di restituzione, l'Appaltatore procederà ad un controllo completo verificando, con i fotogrammi, le minute di restituzione, i brogliacci della ricognizione sul terreno, i calcoli della poligonale, quelli della livellazione, e l'originale della carta, che vi sia congruenza tra i punti quotati e le curve di livello e che non vi siano errori grossolani nelle quote.

Dalla minuta di restituzione, così verificata, otterrà "l'originale di restituzione", che dovrà essere nitido e preciso.

L'Appaltatore controllerà quindi che il disegno sia fedele rispetto alla minuta di restituzione verificherà l'esattezza dei valori delle coordinate della parametratura, i toponimi, ecc.

## 2.14 Procedure di Controllo relative ai Fogli Cartografici

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto sottoporrà a controllo, in campagna, i rilievi eseguiti, scegliendo a suo insindacabile giudizio le zone da controllare sia per ubicazione che per estensione. Per l'esecuzione di detti controlli, l'Appaltatore fornirà la mano d'opera ausiliaria necessaria e una autovettura con autista, attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

### 2.14.1 Controllo Planimetrico

Il controllo planimetrico della cartografia tracciata prevederà le seguenti fasi:

a) Si determina lo scostamento  $|d' - D.S. |$  tra la distanza  $d'$  fra due punti misurata sulla cartografia e quella  $D$  fra i due punti stessi misurata direttamente sul terreno e ridotta nella scala  $S$  della carta

- Criterio di verifica:

$|d' - D.S. | \leq 0,3$  mm (e cioè non superiore all'approssimazione grafica) per misure effettuate tra asse dell'infrastruttura e punti notevoli dell'infrastruttura stessa (per es: marciapiedi, fabbricati, picchetti della poligonale, ecc.);

$|d' - D.S. | \leq (0,3 + d'/1000)$  mm per distanze tra due punti caratteristici inferiori a 300 mm sulla carta;

$|d' - D.S. | \leq 0,6$  mm per distanze tra due punti caratteristici superiori a 300 mm sulla carta.

b) Si leggono le coordinate di un punto caratteristico della carta e si confrontano con quelle calcolate a partire dai vertici della rete geodetica d'inquadramento

- Criterio di verifica:

(

### 2.14.2 Controllo Altimetrico

Il controllo altimetrico al restitutore dei punti quotati isolati e dei punti caratteristici (spalle di ponti, manufatti, piani stradali, eccetera) si effettuerà nella maniera seguente:

- a) Si pone su alcuni punti quotati la marca e mediante la relativa lettura della quota strumentale, dopo aver accertato la perfetta collimazione in quota della marca sul modello ottico
- Criterio di verifica: fra la quota strumentale e quella indicata in cartografia è tollerato uno scarto non superiore a:  
 $\pm m 0,05$  per la scala 1:1000  
 $\pm m 0,08$  per la scala 1:1000  
 $\pm m 0,16$  per la scala 1:2000  
 $\pm m 0,40$  per la scala 1:5000  
 $\pm m 0,80$  per la scala 1:10000
- b) Si determina la differenza massima fra le quote risultanti in un profilo rilevato direttamente sul terreno e quelle corrispondenti dedotte graficamente dalla cartografia lungo lo stesso profilo in corrispondenza delle curve di livello
- Criterio di verifica: fra le quote rilevate e quelle dedotte dalla cartografia è tollerato uno scarto non superiore a:  
 $\pm \text{cm } 5$  per la scala 1:500  
 $\pm \text{cm } 10$  per la scala 1:1000  
 $\pm \text{cm } 20$  per la scala 1:2000  
 $\pm \text{cm } 50$  per la scala 1:5000  
 $\pm \text{cm } 100$  per la scala 1:10000

Per controllare il tracciamento dell'altimetria rappresentata mediante curve di livello (solo per pendenze medie superiori al 2%), si effettueranno le seguenti operazioni:

- a) si porrà la matita tracciante sopra un punto di una determinata curva di livello e si collimerà in quota con la marca del restitutore, il modello ottico del terreno nel punto corrispondente
- Criterio di verifica: la quota fornita al restitutore dovrebbe differire dalla quota della curva per uno scarto non superiore a:  
 $\pm m 0,10$  per la scala 1:500  
 $\pm m 0,15$  per la scala 1:1000  
 $\pm m 0,30$  per la scala 1:2000  
 $\pm m 0,75$  per la scala 1:5000  
 $\pm m 1,50$  per la scala 1:10000

a) nelle zone dove la pendenza media del terreno è maggiore del 15% le curve di livello saranno controllate mediante un secondo tracciamento

- Criterio di verifica n.1: la differenza fra i due tracciamenti deve essere compresa nei 2/3 della striscia limitata da due curve contigue del tracciato originale.
- Criterio di verifica n.2: le tolleranze suddette non devono essere superate per oltre il 5% dello sviluppo totale approssimativo delle curve ritracciate, ferme restando le tolleranze cartografiche stabilite

L'esito dei controlli sarà ritenuto favorevole soltanto se in nessun tipo di verifica effettuata si superino i seguenti limiti.

Non sarà dichiarato accettabile il foglio in cui si trovino più di due punti fuori tolleranza o nel quale vi sia più di un errore grossolano in un'area di  $10 (N / 1000)^2$  ettari, ove N è il denominatore della scala cartografica.

Si intende per errore grossolano planimetrico quello che in planimetria supera il doppio della tolleranza ammessa.

L'errore grossolano altimetrico è invece quello che in quota supera una volta e mezza la tolleranza ammessa.

Errore grossolano è considerato anche la mancanza di uno solo dei particolari planimetrici, quali ad esempio fabbricati, ponti, viadotti, muri di sostegno strade, ecc., la sua errata rappresentazione planimetrica o cifre anagrammate di quote.

I fogli dichiarati non accettabili saranno restituiti all'Appaltatore, il quale provvederà a proprie cura e spese alla loro totale verifica e rettifica; detti fogli saranno poi sottoposti dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto ad un secondo controllo, fatte salve le risultanze dell'accertamento della regolare esecuzione o del collaudo.

L'Appaltatore è tenuto ad effettuare tutte le necessarie rettifiche che emergessero dal suddetto controllo.

L'Appaltatore dovrà quindi presentare i fogli cartografici alle Autorità competenti per il rilascio dell'autorizzazione alla diffusione. Le eventuali modifiche richieste dovranno essere riportate dall'Appaltatore sugli originali cartografici.

### **3.0 GENERAZIONE DI ORTOFOTO, MODELLI ALTIMETRICI A GRANDE SCALA**

#### **3.1 Specifiche Tecniche Generali**

Le tipologie di ortofoto considerate sono sostanzialmente 3:

- Tipo A: ortofoto orientate ad applicazioni prevalentemente cartografiche, distinte nei sottotipi:
  - A1: ortofoto ordinaria;
  - A2: ortofoto di precisione;
- Tipo B: ortofoto speditive per applicazioni prevalentemente tematiche e di comparazione con carte tecniche.

Le caratteristiche individuate per la maggioranza dei valori standard esposti sono identiche nei 3 gruppi (in tale caso si indica una sola caratteristica senza differenziazione tra le tipologie); qualora in base agli scopi specifici di applicazione delle ortofoto si sia ritenuto necessario differenziare i parametri, questi vengono dettagliati separatamente. In questa

parte del documento si riportano le prescrizioni per la produzione delle ortofoto ordinarie alla scala nominale grande (1:5000, 1:2000) e grandissima (1:1000, 1:500).

### 3.2 Sistemi di riferimento

Nella produzione delle ortofoto digitali si prevede l'utilizzo dei seguenti sistemi di riferimento e di coordinate:

- il sistema geodetico (*datum*) ETRS89 nella sua realizzazione ETRF2000 (epoca 2008.0) materializzato dalla Rete Dinamica Nazionale (RDN), con coordinate geodetiche Latitudine, Longitudine, Altezza ellissoidica riferite all'Ellissoide WGS84;
- la rappresentazione cartografica conforme UTM (coordinate cartografiche Est, Nord UTM-WGS84-ETRF2000).

Questo sistema di riferimento, detto "nativo", si utilizza nelle singole fasi di produzione quali l'acquisizione dei dati, il rilievo sul terreno, la Triangolazione Aerea. L'ortofoto, generata nel sistema di riferimento geodetico cartografico nativo, potrà essere successivamente sottoposta a passaggi in altri sistemi di riferimento, utilizzando i *software* e i grigliati di trasformazione.

### 3.3 Tolleranza planimetrica

Gli sqm planimetrici e le tolleranze planimetriche per le varie tipologie di ortofoto alle varie scale sono contenute in Tabella seguente.

Tipo di ortofoto	Elementi geometrici	Precisione grafica	1:5000		1:2000		1:1000		1:500	
			$\sigma_{EN}$ [m]	$T_{EN}$ (CE95) [m]						
Speditiva (Tipo B)	Punti al suolo	0.3 mm	1.50	2.60	0.60	1.05	0.30	0.55	0.15	0.25
	<i>Punti elevati rispetto alla superficie del terreno</i>	<i>0.9 mm</i>	<i>4.50</i>	<i>7.80</i>	<i>1.80</i>	<i>3.20</i>	<i>0.90</i>	<i>1.60</i>	<i>0.45</i>	<i>0.80</i>
Ordinaria (Tipo A1)	Punti al suolo	0.2 mm	1.00	1.75	0.40	0.70	0.20	0.35	0.10	0.17
	<i>Punti elevati rispetto alla superficie del terreno</i>	<i>0.6 mm</i>	<i>3.00</i>	<i>5.20</i>	<i>1.20</i>	<i>2.10</i>	<i>0.60</i>	<i>1.05</i>	<i>0.30</i>	<i>0.55</i>
Di precisione (Tipo A2)	Tutti i punti rappresentati	0.2 mm	1.00	1.75	0.40	0.70	0.20	0.35	0.10	0.17

Occorre puntualizzare che per le ortofoto ordinarie e speditive, sono state definite due tolleranze planimetriche determinate dal modello altimetrico utilizzato:

1. una prima tolleranza più restrittiva, legata ai punti al suolo;
2. una seconda tolleranza meno restrittiva (pari a 3 volte la tolleranza precedentemente definita) per i punti elevati rispetto al terreno come tetti di edifici, ponti, viadotti, tralici e strutture artificiali analoghe.

Nel caso dell'ortofoto di precisione, invece, tutti gli elementi rappresentati (anche quelli rilevati rispetto al terreno) devono soddisfare le tolleranze cartografiche tradizionali.

L'errore di posizione di questi punti elevati rispetto alla superficie del terreno dipende sia dalla quota relativa dal terreno, sia dalla distanza dal centro del fotogramma.

### 3.4 Risoluzione geometrica

La risoluzione geometrica, o spaziale, delle ortofoto è definita in base all'acuità visiva dell'occhio umano nella visione di una immagine digitale stampata alla scala nominale corretta, che corrisponde mediamente a 250-400 dpi.

Tale risoluzione per ortofoto digitali a grande e grandissima scala corrisponde alla dimensione del *pixel* al suolo (GSD, *Ground Sample Distance*) indicati nella seguente tabella:

Risoluzione [dpi]	GSD 1:5000 [m]	GSD 1:2000 [m]	GSD 1:1000 [m]	GSD 1:500 [m]
250 (minima)	0.51	0.21	0.11	0.06
450 (massima)	0.28	0.11	0.06	0.03

In base alla tipologia di ortofoto considerata, si possono definire il valore minimo per la risoluzione a cui corrispondono i valori massimi del GSD visibili nella seguente tabella:

Tipo di ortofoto	Risoluzione [dpi]	GSD 1:5000 [m]	GSD 1:2000 [m]	GSD 1:1000 [m]	GSD 1:500 [m]
Speditiva (Tipo B) Ordinaria A1	≥ 254	≤ 0.50	≤ 0.20	≤ 0.10	≤ 0.05
Di precisione A2	≥ 423	≤ 0.30	≤ 0.12	≤ 0.06	≤ 0.03

I valori di riferimento indicati in tabella sono tra quelli attualmente più in uso per grandi e grandissime scale in Italia e deve essere il riferimento corrente da adottare in applicazioni tematiche (tipo B).

I livelli inferiori della dimensione del *pixel* saranno adottati nel caso di esigenze specifiche di tipo cartografico.

### 3.5 Risoluzione radiometrica

La risoluzione radiometrica è stabilita in funzione delle esigenze geometriche o tematiche dell'utilizzatore e della tipologia del dato spettrale (pancromatico, colore o multispettrale). I valori minimi di riferimento sono:

- 8 bit per pixel per le ortofoto B/N o pancromatiche, corrispondenti a 256 livelli di grigio. Questi valori radiometrici saranno rappresentati da una gamma di valori che va da 0 a 255, dove il valore 0 rappresenta il nero e il valore 255 il bianco; tutti i valori intermedi sono tonalità di variazione di grigi dal nero al bianco;
- 24 bit per pixel per le ortofoto a colori, ovvero 8 bit per ogni banda cromatica principale (3 bande RGB: Red, Green, Blue) corrispondenti a 256 livelli di intensità per ciascuna banda. Questi valori radiometrici per ogni banda saranno rappresentati da una gamma di valori che va da 0 a 255, dove il valore 0 rappresenta il valore minimo e 255 il valore di saturazione della banda considerata (massima intensità); tutti i valori intermedi sono tonalità di variazione dal minimo al massimo;
- $n \cdot 8$  bit per pixel per le ortofoto multispettrali e iperspettrali, ovvero 8 bit per ogni banda radiometrica con  $n$  bande radiometriche utilizzate, corrispondenti a 256 livelli di intensità per ciascuna banda radiometrica, in analogia con le immagini a colori. Questi valori radiometrici per ogni banda saranno rappresentati da una

gamma di valori che va da 0 a 255, dove il valore 0 rappresenta il valore minimo e 255 il valore di saturazione della banda considerata (massima intensità); tutti i valori intermedi sono tonalità di variazione dal minimo al massimo.

### **3.6 Formato dei dati digitali**

Per la fornitura delle ortofoto, a seguito di apposita autorizzazione da parte del Direttore per l'Esecuzione del Contratto, potranno essere utilizzati i seguenti formati standard:

- formato standard GeoTIFF nella versione *Baseline*. 2. il formato TIFF con associato il file di georeferenziazione avente stesso nome dell'immagine digitale ma estensione TFW;
- formato JPEG con associato il file di georeferenziazione avente stesso nome dell'immagine digitale ma estensione JGW;
- formato ECW (*Enhanced Compression Wavelets*);
- formato JPEG2000;
- formati BIL (*Band interleaved by line*), BIP (*Band interleaved by pixel*), BSQ (*Band SeQuential*).

### **3.7 Data del rilievo**

La data dell'ortofoto coinciderà con la data di acquisizione delle immagini digitali primarie (volo fotogrammetrico utilizzato o immagini da satellite) per la sua produzione.

E' necessario, altresì, indicare anche la data del modello altimetrico utilizzato che condiziona il contenuto metrico dell'ortofoto.

### **3.8 Metadati**

Per la strutturazione delle informazioni inerenti i metadati si rinvia a quanto prescritto nel Decreto del 10 novembre 2011 "Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso".

### **3.9 Produzione delle ortofoto digitali**

#### **3.9.1 Requisiti delle immagini primarie**

Le immagini necessarie alla produzione di ortofoto digitali possono provenire da acquisizione aerea (analogica o digitale) e da piattaforma satellitare ad altissima risoluzione.

Date le differenti specificità del processo di acquisizione a seconda che si tratti di immagini aeree o satellitari requisiti associati a tali differenti tipologie vengono definiti con emissione di distinta documentazione.

Occorre comunque seguire le seguenti regole:

- il GSD massimo delle immagini primarie (ovvero la dimensione massima del *pixel* delle immagini proiettato a terra) deve essere sempre minore di 4/5 della dimensione del *pixel* nell'ortofoto finale;

- per la memorizzazione delle immagini primarie non è ammesso alcun tipo di compressione del tipo *lossy*: esse dovranno quindi essere memorizzate in formato TIFF non compresso o con compressione *lossless* (ad es. LZW), nel formato *lossless* del JPEG2000 o in altri formati non compressi.

### 3.9.2 Il modello altimetrico

Il modello altimetrico utilizzato per la produzione delle ortofoto viene individuato in modo coerente con il documento “Ortoimmagini 10k e modelli altimetrici – Linee guida”.

La Tabella seguente individua il livello caratteristico del modello altimetrico da utilizzare nella produzione di ortofoto a grande scala in funzione della tipologia di ortofoto e delle caratteristiche delle immagini acquisite.

Il livello altimetrico se non specificato nella Tabella seguente deve essere inteso con un DEM. La specifica dei modelli densi (DDEM o DDSM) sono indicati nelle celle apposite della Tabella seguente, per la produzione di ortofoto di precisione o ortofoto ordinaria o speditiva in scala 1:500.

Tipo	Piattaforma	1:5000	1:2000	1:1000	1:500
A2	Aerea (ottica grandangolare)	6 (DDSM)	8 (DDSM) (passo 0.20 m)	8 (DDSM) (passo 0.10 m)	9 (DDSM)
A2	Aerea (ottica normale)	6 (DDSM)	7 (DDSM)	7 (DDSM)	8 (DDSM) (passo 0.10 m)
A1	aerea (ottica grandangolare)	4	4	5	8 (DDEM)
A1	aerea (in campo normale)	3	4	4	7 (DDEM)
A1	satellitare ad altissima risoluzione	2	-	-	-
B	Aerea (ottica grandangolare)	3	4	5	7 (DDEM)
B	Aerea (ottica normale)	2	3	4	5
B	satellitare ad altissima risoluzione	1	-	-	-

Per ciascuno di questi casi si rinvia a specifica prescrizione nei documenti inerenti i modelli altimetrici.

### 3.9.3 Punti di appoggio (GCP) e di controllo (CP)

Per svolgere le operazioni di orientamento esterno delle immagini digitali primarie è necessario determinare un insieme di punti d'appoggio (GCP = *Ground Control Point*) e di controllo (CP = *Check Point*). I risultati dell'orientamento esterno dipendono anche dalla precisione con cui tali punti sono stati determinati.

In particolare si prescrive che i GCP e i CP siano definiti secondo le precisioni planimetriche e altimetriche indicate in Tabella seguente.

In generale i GCP e i CP devono essere determinati mediante adeguate operazioni di rilievo topografico e geodetico sul terreno. Le precisioni stabilite per i punti d'appoggio sono uguali per le varie scale.

Tipo di ortofoto	1:5000		1:2000		1:1000		1:500	
	$\sigma_{EN}$ [m]	$\sigma_H$ [m]	$\sigma_{EN}$ [m]	$\sigma_H$ [m]	$\sigma_{EN}$ [m]	$\sigma_H$ [m]	$\sigma_{EN}$ [m]	$\sigma_H$ [m]
Speditiva (Tipo B)	0.40	0.50	0.20	0.20	0.10	0.10	0.05	0.05
Ordinaria (Tipo A) e di precisione	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Nel caso di applicazioni speditive e/o tematiche (tipo B) per scale minori o uguali a 1:1000, è ammesso l'utilizzo di GCP e CP estratti da cartografia numerica preesistente a grande scala e comunque a una scala nominale adeguata con le precisioni indicate in Tabella: tali punti possono essere denominati MCP (*Map Control Point*).

### 3.9.4 Generazione dell'ortofoto e mosaicatura

L'ortorettifica deve essere realizzata adottando il modello almetrico non sottoposto ad alcuna interpolazione preliminare.

Il metodo di ricampionamento delle immagini digitali da adottare può essere scelto tra l'interpolazione bilineare e la "convoluzione bicubica".

Qualora esistano delle significative variazioni di luminosità e contrasto tra fotogrammi adiacenti devono essere eseguite delle operazioni di *stretching* che omogeneizzino le radiometrie di fotogrammi da mosaicare. Tale operazione deve essere svolta in continuo su tutto il blocco in modo da determinare variazioni radiometriche variabili con continuità.

Nella produzione di ortofoto ordinaria o speditiva, la mosaicatura, effettuata attraverso la fase di assemblaggio dei dati digitali delle singole immagini allo scopo di ottenere le dimensioni stabilite per l'ortofoto, deve garantire la congruenza radiometrica e geometrica interna. Essa dovrà avvenire con l'istituzione di linee di taglio (*cut line*) che garantiscano la continuità degli elementi topografici tra i fotogrammi adiacenti e dovrà essere prodotta in formato vettoriale georiferito. Lo scostamento tra elementi geometrici corrispondenti a cavallo della linea di taglio non deve superare la tolleranza ammessa per l'ortofoto.

E' opportuno, in questa fase, scegliere le *cut line* tra linee naturali che delimitano il passaggio netto tra superfici ad elevata differenza radiometrica, consentendo quindi di mascherare l'abbinamento di immagini con diverse caratteristiche di luminosità e contrasto. Qualora non sia possibile eseguire tale scelta, le linee di sovrapposizione dovranno essere comunque individuate in modo da minimizzare le variazioni di tonalità.

In alcuni casi può essere applicato un filtraggio di *smoothing* lungo una predefinita fascia di sovrapposizione delle immagini al fine di rendere più omogeneo e graduale l'accostamento tra le immagini oggetto della mosaicatura. Tale miglioramento dei valori radiometrici deve essere localizzato e mirato esclusivamente a ridurre le differenze di tonalità nelle aree di unione tra le zone.

In fase di mosaicatura è opportuno l'utilizzo delle parti più centrali dei fotogrammi, che presentano in maniera meno evidente le deformazioni provocate dalle distorsioni d'altezza, in modo da garantire le tolleranze indicate in Tabella 1. I manufatti a sviluppo verticale notevole (edifici, torri ecc.) sottoposti a forti distorsioni prospettiche, dovranno appartenere a un solo fotogramma.

Nel caso di ortofoto di precisione, è necessario utilizzare più fotogrammi sulla stessa zona in modo da recuperare tutte le informazioni possibili sul territorio rappresentato. In particolare, è necessario:

- per ogni porzione dell'ortofoto scegliere il fotogramma principale da cui estrarre la gran parte delle informazioni radiometriche;
- individuare le zone nascoste dagli edifici e dagli altri oggetti rialzati rispetto al terreno all'interno del fotogramma principale e procedere al loro riempimento, sfruttando i fotogrammi adiacenti che possono contenere immagini della stessa zona acquisite da centri di presa differenti;
- qualora non sia possibile ottenere le informazioni radiometriche sulle zone nascoste da nessun fotogramma, indicare queste parti di ortofoto con un colore predefinito a priori (per esempio bianco puro) che indica assenza di informazione.

Anche in questo caso, lo scostamento tra elementi geometrici corrispondenti estratti da differenti fotogrammi (per esempio a cavallo delle linee di separazione che delimitano le zone nascoste) non deve superare la tolleranza ammessa per l'ortofoto.

### **3.9.5 Verifiche sul prodotto finale**

Sul prodotto finale si devono eseguire sostanzialmente le verifiche di:

- completezza: si valuta che le ortofoto fornite ricoprono l'area in oggetto, il formato dei dati sia corretto e leggibile, i metadati siano consistenti e corretti;
- contenuto: si verifica che il sistema di riferimento utilizzato, la dimensione e il taglio dei fogli siano corretti, la risoluzione geometrica e il contenuto radiometrico siano sufficienti;
- accuratezza: si controlla l'accuratezza del contenuto dell'ortofoto.

Quest'ultima verifica della qualità, da eseguire al termine della produzione come verifica dei risultati prodotti, si attua mediante la determinazione di una rete di punti di controllo (CP) caratterizzata da precisione più elevata rispetto ai dati da verificare e l'impiego di punti geodetici esistenti (punti o capisaldi fissi).

Questa rete di CP può essere realizzata con tecniche di rilievo diretto (stazione totale, misure GNSS, ...) che garantiscano precisioni di misura aventi accuratezza significativamente migliore (1 ordine di grandezza) rispetto alle tolleranze fissate

La verifica viene svolta su almeno il 5% dei fogli di ortofoto prodotti e dovrà coinvolgere per ogni foglio almeno:

- 20 dettagli planimetrici sul terreno;
- 20 particolari situati in posizione elevata.

#### 4.0 PRODUZIONE DI MODELLI ALTIMETRICI MEDIANTE TECNICHE LIDAR A GRANDE SCALA

Ai fini del presente documento, il LiDAR è definito come un sistema laser aviotrasportato, installato a bordo di aerei o elicotteri, utilizzato per acquisire coordinate 3D di punti del terreno e di sue caratteristiche, siano esse naturali o artificiali. I sistemi LiDAR aviotrasportati comprendono un ricevitore GNSS, una Unità di Misura Inerziale (IMU) e un telemetro laser a scansione; sono poi necessarie stazioni GNSS a terra per il posizionamento differenziale.

Il sistema misura la distanza fra il laser e la superficie del terreno entro una striscia al di sotto del velivolo, la cui ampiezza dipende dalle finalità della missione e dalle densità e spaziatura che si desidera ottenere per i punti rilevati nonché da altri fattori.

La procedura per ottenere le coordinate 3D di un punto del terreno con LiDAR può essere divisa in due fasi principali:

- l'acquisizione dei dati da aeromobile (pianificazione del volo, approntamento delle stazioni di riferimento a terra, taratura del sistema, acquisizione dati vera e propria, elaborazione dei dati di navigazione);
- l'elaborazione dei punti laser rilevati, con applicazione di successivi filtri e classificazione dei punti del terreno (riduzione dei dati ed eliminazione dei punti rilevati su elementi non appartenenti al terreno, trasformazione delle coordinate nel sistema di riferimento prescelto, tenendo conto dell'ondulazione del geoide, interpolazione sulla griglia del DEM).

Inoltre la tecnologia LiDAR consente di ottenere direttamente anche il DSM per semplice interpolazione delle osservazioni, previa rimozione di eventuali errori grossolani (AIR point e LOW point).

#### 4.1 Caratteristiche della strumentazione

I sensori utilizzati devono possedere i necessari requisiti di precisione, devono essere calibrati e testati in modo tale da garantire il raggiungimento dell'accuratezza prevista per ciascun prodotto.

Lo scanner laser installato a bordo dell'aeromobile dovrà avere:

- potenza conforme alle norme di sicurezza ovvero tali da garantire la salvaguardia della salute umana;
- capacità di registrare più distanze per ogni singolo impulso laser al fine di discriminare le altezze del terreno in presenza di coperture arboree e vegetali;
- capacità di registrare il valore di intensità del segnale di ritorno da utilizzarsi quale ulteriore parametro per la classificazione dei punti.

Il rilievo sarà effettuato oltre che con la strumentazione di bordo (GNSS – IMU), con almeno 3 ricevitori GNSS, di classe geodetica, posizionati a terra su punti noti o comunque determinabili nel sistema di riferimento adottato con precisione non inferiore a  $\pm 5$  cm, con frequenza di registrazione pari almeno a una misura al secondo (1 Hz). E' ammesso l'uso di Virtual RINEX generato da rete RTK in uno o più punti baricentrici rispetto alla zona del rilievo.

Le stazioni GNSS di riferimento a terra dovranno trovarsi a meno di 50 km dall'aeromobile e garantire la ricezione del segnale da almeno cinque satelliti intercettati contemporaneamente dal sistema GNSS a bordo dell'aeromobile.

Le stazioni a terra potranno coincidere con:

- stazioni di reti permanenti regionali o nazionali;

- vertici della rete geodetica fondamentale (attualmente IGM95) o suoi raffittimenti regionali;
- vertici di raffittimento, ottenuti mediante posizionamento rispetto alle reti di stazioni permanenti o tramite collegamento almeno a tre vertici appartenenti alla rete geodetica fondamentale (IGM95) o a suoi raffittimenti regionali.

Gli aeromobili utilizzati devono essere adeguati ad operare alle quote di progetto, risultare idonei a garantire le specifiche richieste in termini di densità, distribuzione e accuratezza dei punti quotati acquisiti con il sensore LiDAR e devono essere regolarmente abilitati alla specifica attività.

#### 4.2 Calibrazione della strumentazione

La strumentazione deve essere calibrata durante l'esecuzione di ciascun "blocco" di rilievo mediante l'utilizzo di aree-test.

Tali aree dovranno essere pianeggianti, contenere sia spazi aperti (ad es. piazzali, parcheggi, campi da calcio,...) sia fabbricati grandi e regolari (ad esempio edifici industriali), che presentino particolari chiaramente individuabili in corrispondenza di variazioni brusche di pendenza (spigoli). In ogni caso saranno scelte in modo tale che su di esse sia garantita un'alta precisione della misura delle quote. Nelle aree-test verranno effettuate, preventivamente alla calibrazione, rilievi a terra di punti di controllo sul terreno (GCP) con strumentazione che garantisca un'accuratezza significativamente superiore a quella del rilievo LiDAR (ad esempio misure GNSS con ricevitori di classe geodetica). In fase di acquisizione del dato, tali aree-test verranno utilizzate per verificare la stabilità della calibrazione dei sensori e l'eliminazione o la riduzione di eventuali errori sistematici.

Le analisi statistiche relative ai confronti tra dati LiDAR e dati acquisiti a terra dovranno essere rese disponibili e dovranno essere segnalate eventuali correzioni di errori sistematici.

#### 4.3 Materiale di consegna dopo il volo

Eseguito il volo dovranno essere consegnati, per la valutazione della qualità del rilievo, una relazione tecnica con la descrizione e la documentazione completa delle operazioni svolte, tutti i dati accessori utilizzati per il raggiungimento del risultato finale atteso e i prodotti finali di consegna.

Nella relazione dovranno essere inoltre riportate tutte le eventuali criticità riscontrate nella fase del volo e nelle successive elaborazioni. I grafici e le carte allegati saranno consegnati anche in un formato GIS da concordare con il Direttore per l'Esecuzione del Contratto.

In particolare essa dovrà contenere:

- L'autocertificazione scritta sui seguenti punti:
  - che non si sono verificati problemi tecnici durante i voli per l'acquisizione dei dati;
  - che i dati non sono affetti da *bias*; durante il rilievo non si sono verificate variazioni anomale dei parametri di assetto dell'aeromobile
  - che le aree rilevate non presentano alcuna discontinuità.
- i grafici con l'interasse e l'ingombro delle strisciate e i dati dei voli;
- il rapporto di volo;

- le monografie dei punti e le coordinate dei rilievi effettuati a terra (incluse le aree-test e altre eventualmente ritenute necessarie), la documentazione relativa alla determinazione delle stazioni GNSS di riferimento e le loro monografie;
- i risultati dei confronti 3D tra i punti rilevati con il LiDAR e le aree-test e opportune analisi statistiche (valori minimo, massimo, media, sqm) sugli stessi: (disponibili anche in formato di foglio di calcolo elettronico);
- i file in formato RINEX relativi alle misure GNSS acquisite dai ricevitori di riferimento e dal ricevitore a bordo e la documentazione del processo di elaborazione;
- i file (in formato ascii) relativi alle misure IMU;
- tutti i dati e le elaborazioni, anche ai fini del controllo di qualità, compreso il corretto funzionamento dei sistemi di posizionamento satellitare sia a bordo dell'aeromobile sia delle stazioni a terra e i valori di PDOP; in particolare saranno consegnati:
  - il grafico con l'andamento del PDOP;
  - la tabella (in formato di foglio di calcolo elettronico) e il grafico del confronto tra le diverse (e almeno tre) soluzioni per la traiettoria, per ogni coordinata (anche nel caso di soluzione di rete)
  - il grafico relativo alla modalità di determinazione delle ambiguità, ovvero se sono state fissate intere o reali;
  - il grafico delle coperture satellitari sulle stazioni GNSS di riferimento e sul ricevitore dell'aeromobile.
- il grafico e il tabulato in formato di foglio di calcolo elettronico con il ricoprimento trasversale tra le varie strisciate;
- i dati acquisiti in formato LAS o LAZ (LASer common data exchange format, vedi ).

#### **4.4 Definizione delle quote ortometriche**

La georeferenziazione dell'aeromobile e, conseguentemente, dei punti rilevati deve essere riferita al sistema di riferimento adottato per la produzione delle cartografie.

Inoltre, le quote ellissoidiche devono essere trasformate in quote ortometriche in base al modello di geoide (ITALGEO) più recente (attualmente ITALGEO2005), messo a disposizione dall'Istituto Geografico Militare.

Qualora i dati siano richiesti anche in altri sistemi geodetici – cartografici utilizzati in ambito nazionale (ROMA1940, ED1950), le trasformazioni dovranno essere eseguite con la metodologia e gli strumenti messi a disposizione dall'Istituto Geografico Militare (procedura Verto, nella versione più recente).

#### **4.5 Filtraggio e Classificazione**

Tra i prodotti oggetto di consegna, l'esecutore del rilievo deve fornire il modello digitale del terreno, ottenuto per interpolazione dalle sole quote del terreno nudo; deve pertanto eliminare dai dati LiDAR i punti rilevati su ponti, edifici e altre strutture e quelli sulla vegetazione.

Tale operazione prende il nome di filtraggio e classificazione e consiste nell'assegnazione dei punti della nuvola LiDAR ad almeno 3 categorie. Innanzitutto si dovranno separare le classi terreno e non terreno e, in seguito, i punti non terreno dovranno essere classificati in vegetazione e artefatti.

In questa fase dovranno essere individuati e indicati con una categoria apposita i punti che risultino, in base a test statistici, errori grossolani. Un possibile approccio a questo riguardo è l'utilizzazione di un'interpolazione polinomiale localizzata (funzioni *spline*) con passo ampio (indicativamente 30-50 m) e l'analisi delle differenze tra valori interpolati e valori rilevati. Una differenza significativa (tale valore dipendente fortemente dalla morfologia del terreno) può essere indicatrice di un possibile dato anomalo.

Dovranno essere consegnati in questa fase

- relazione sulle procedure e *software* utilizzati per la rimozione degli errori grossolani e per il filtraggio, contenente anche l'indicazione di eventuali criticità riscontrate;
- test e verifiche eseguite dall'esecutore del rilievo per verificare la bontà del risultato ottenuto;
- i file contenenti le coordinate planimetriche, le quote ortometriche, il valore dell'intensità e il codice di classificazione.

#### **4.6 Dati elaborati e prodotti finali di consegna**

Dovranno essere consegnati in questa fase:

- relazione sulle procedure e *software* utilizzati per il calcolo dei prodotti finali di consegna, contenente anche l'indicazione di eventuali criticità riscontrate;
- il DSM – primo ritorno: è il grigliato regolare ottenuto dai dati grezzi del rilievo, opportunamente filtrati, selezionati (rimozione degli errori grossolani) e interpolati per rappresentare l'andamento della superficie (primo ritorno);
- DSM – ultimo ritorno: è il grigliato regolare ottenuto dai dati grezzi del rilievo, opportunamente filtrati, selezionati (rimozione degli errori grossolani) e interpolati per rappresentare l'andamento della superficie (ultimo impulso);
- DTM: è il grigliato regolare ottenuto per interpolazione dalle quote corrispondenti all'ultimo ritorno dei soli punti terreno (con esclusione quindi dei punti corrispondenti a errori grossolani, artefatti e vegetazione).

#### **4.7 Verifiche di qualità**

Le verifiche di qualità devono essere svolte per quanto riguarda le due fasi principali del processo di produzione del modello altimetrico: la fase di acquisizione dei dati mediante volo LiDAR e la fase di filtraggio e classificazione.

##### **VERIFICA DEL VOLO**

Al termine del volo LiDAR, i dati grezzi devono essere consegnati secondo le specifiche definite in . E' necessario verificare:

- la calibrazione pre-volo effettuata sulle aree test deve essere correttamente svolta al fine di permettere la determinazione di eventuali sistematismi presenti;
- le acquisizioni della strumentazione GNSS-IMU devono permettere un corretto posizionamento cinematico del velivolo entro le accuratezze stabilite. In particolare occorre analizzare:
  - la bontà delle configurazioni satellitari del ricevitore GNSS posto sul velivolo e dei 3 ricevitori a terra: coperture satellitari con almeno 5 satelliti e andamento del PDOP con valori sempre minori di 5;

- la correttezza del posizionamento: le posizioni devono essere determinate sempre ad ambiguità fissata ad un intero per la gran parte del percorso (almeno il 95%) e occorre confrontare le 3 traiettorie indipendentemente determinate con le 3 stazioni GNSS permanenti a terra e quella derivante dall'elaborazione congiunta GNSS-IMU. Le differenze tra queste traiettorie permette di valutare la congruenza tra le acquisizioni effettuate (che deve essere sufficiente per soddisfare le accuratezze previste) e di scegliere infine la soluzione ottimale;
- la congruenza tra strisciate adiacenti nelle zone di ricoprimento: è necessario che le strisciate adiacenti si sovrappongano di almeno il 20% della loro larghezza media.
- la densità di acquisizione (numero di punti posizionati per ogni cella della griglia corrispondente al prodotto finale) e la completezza mediante la carta corrispondente.

#### **4.8 Verifiche dell'elaborazione dei dati**

In questa fase si devono eseguire i seguenti controlli:

- La correttezza dell'applicazione del più recente modello di geoidi messo a disposizione dall'IGM per la determinazione delle quote ortometriche;
- L'efficacia della classificazione della nuvola di punti;
- Verifica della presenza di errori grossolani

## 5.0 PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO CELERIMETRICO

Si prescrive un rilievo celerimetrico nei seguenti casi:

- in prossimità dell'innesto delle opere d'arte principali previste nel progetto
- in corrispondenza di opere d'arte esistenti da modificare e/o inserire nella cartografia
- in corrispondenza di aree da modificare e/o inserire in cartografia

Il rilievo effettuato con il metodo celerimetrico dovrà essere idoneo ad una restituzione in scala 1:500 o 1:200.

La posizione dei punti di stazione dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- la reciproca distanza non sia superiore a 300 m (se in numero >1)
- siano reciprocamente visibili (se in numero >1)
- ne siano note le coordinate Est, Nord, Quota slm
- il terreno da rilevare sia chiaramente visibile, cioè privo di "zone d'ombra"
- le apparecchiature topografiche di misura non subiscano alterazioni significative durante la fase di restituzione

Prima dell'inizio delle operazioni di campagna è previsto un controllo della strumentazione, con modalità da concordare da entrambi le parti.

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva di chiedere all'Appaltatore la presentazione dei certificati di rettifica della strumentazione, rilasciati da laboratori ritenuti idonei dalle due parti.

Dovrà essere redatta una versione "vestita" bidimensionale, da stampare su carta, avente le caratteristiche tipiche della cartografia in scala 1:500 ed 1:200 ed i contenuti di cui in seguito, ed una versione "non vestita" tridimensionale da consegnare esclusivamente su supporto informatico (file DWG) che dovrà avere caratteristiche idonee per l'estrazione delle sezioni trasversali con qualsiasi interasse ed orientamento.

Ai fini della progettazione esecutiva di dettaglio, ogni elemento lineare o poligonale dovrà essere rappresentato con polilinea 3D per il piede per la sommità e per l'eventuale larghezza o spessore.

ANAS S.p.A. ha la facoltà di scegliere la tecnologia o la strumentazione da impiegare nello svolgimento delle attività topografiche sopraelencate, come ad esempio ricorrere all'uso di Stazioni Totali, GPS o Laser Scanner, in ogni caso il Referente Tecnico individuato da ANAS S.p.A. dovrà essere informato preliminarmente sulla scelta relativa alla tipologia di strumentazione ed avrà facoltà di veto sulle scelte effettuate.

Si intendono incluse nel contratto tutte le prestazioni necessarie a fornire gli elaborati specialistici e di dettaglio richiesti nei tempi contrattuali e secondo i migliori standard.

Qualora necessario, ANAS S.p.A. metterà a disposizione dell'Appaltatore il materiale di supporto per la predisposizione degli elaborati richiesti. Rimangono inoltre a carico dell'Appaltatore tutte le spese necessarie per fornire le prestazioni richieste quali, ad esempio, quelle per copie di revisione, materiali, spostamenti, ecc.

### **5.1 Inquadramento geodetico preliminare**

L'Appaltatore dovrà istituire, sul territorio oggetto della progettazione, almeno 4 (quattro) vertici tridimensionali da materializzare su strutture stabili per ogni area oggetto di rilievo.

I vertici della rete di inquadramento dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Borchie con testa semisferica e riferimento per il centramento ottico in acciaio inox;
- Rondella in acciaio inox, con diametro minimo di 60 mm indicante il numero di codice del vertice tramite punzonatura;

L'inquadramento dei vertici dovrà avvenire tramite utilizzo contemporaneo di almeno 2 ricevitori geodetici GPS a doppia frequenza, da utilizzarsi esclusivamente in modalità statica e con riferimento ad almeno 2 (due) vertici della rete geodetica IGM95.

La trasformazione delle coordinate WGS84 dovrà essere eseguita esclusivamente tramite utilizzo del software Verto dell'IGM dotato del relativo grigliato di trasformazione, si dovrà altresì effettuare un controllo delle quote geoidiche calcolate con rilievo diretto di almeno 2 capisaldi di livellazione della linea di alta precisione dell'IGM più vicina all'area oggetto di rilievo, se disponibile.

Per ogni caposaldo dovrà essere redatta una monografia contenente le seguenti informazioni in un'unica pagina in formato A4:

- Indicazione dell'accesso al vertice;
- Indicazioni sulla materializzazione;
- Schizzo monografico;
- Fotografia panoramica a colori;
- Particolare dello schizzo monografico con min. 3 riferimenti planimetrici con misure;
- Coordinate nei sistemi:
  - WGS84 Geografiche – Roma 40 Geografiche – ED50 Geografiche – Gauss Boaga Piane – UTM-WGS Piane – quota ellissoidica – quota geoidica.

### **5.2 Modalità di esecuzione del rilievo celerimetrico e relativo contenuto cartografico**

Il rilievo celerimetrico commissionato dovrà essere utilizzato per attività di progettazione esecutiva e di dettaglio, quindi dovrà contenere tutte le informazioni necessarie ai progettisti per il corretto dimensionamento di ogni parte d'opera, a tal fine di seguito verranno elencati i contenuti delle cartografie da restituire e le tolleranze delle stesse.

In particolare dovranno essere rilevate le seguenti entità:

discontinuità del terreno;

- viabilità distinta per categorie;
- limiti amministrativi;
- orografia (scarpate, rocce .....);
- topografia (vertici di rete, capisaldi .....);
- edifici, manufatti ed opere d'arte di qualsiasi genere (con un numero di quote sufficiente alla loro definizione);
- ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia, etc. (con un numero di quote sufficiente alla loro definizione);
- muri di sostegno (con quote testa/piede);
- muri divisorii (con quote testa/piede), recinzioni, staccionate;
- marciapiedi (con quote testa/piede), limiti pavimentazione;
- viabilità: strade asfaltate, strade sterrate, barriere, ferrovie, tranvie;
- impianti: tombini, botole, armadietti, caditoie, griglie, etc.;
- pali di illuminazione, di linee elettriche e telefoniche;
- linee aeree con rilievo di un numero sufficiente di punti tali da rappresentarne le catenarie;
- acquedotti fognature e gasdotti;
- vegetazione: filari di alberi, alberi isolati, limiti di zone boschive, limiti colture e siepi;
- quant'altro di interesse progettuale nell'area oggetto di intervento.

In ogni caso, il rilievo è finalizzato all'acquisizione della completa e dettagliata conoscenza dello stato dei luoghi.

Ogni tipologia rappresentata dovrà essere contenuta in un layer avente codice specifico così come indicato nelle prescrizioni tecniche per la redazione degli elaborati grafici.

#### **Le planimetrie in scala 1:500 dovranno contenere:**

- le curve di livello direttrici con equidistanza pari a un duecentesimo del denominatore della scala, quelle ordinarie con equidistanza pari a un quinto di quella stabilita per le curve direttrici;
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 10 m. il rilievo dei cigli dovrà essere effettuato con riferimento ad almeno 2 capisaldi (inizio e fine della tratta) aventi quota assegnata tramite livellazione geometrica di precisione.
- almeno venti punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 20 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote delle piattaforme stradali rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 10 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)

- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutte le entità con spessori e dimensioni superiori a 0.50 m
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere, dalla cartografia, le altezze dei singoli corpi di fabbrica
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

#### **Le planimetrie in scala 1:200 dovranno contenere:**

- Curve di livello direttrici con equidistanza di 1 m;
- Curve di livello intermedie con equidistanza di 0.25 m;
- Le quote dei punti caratteristici del terreno;
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 5 m. il rilievo dei cigli dovrà essere effettuato con riferimento ad almeno 2 capisaldi (inizio e fine della tratta) aventi quota assegnata tramite livellazione geometrica di precisione.
- Cinquanta punti per ogni Ha di superficie rappresentata, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello;
- Le quote del piano del ferro della ferrovia esistente con distanza minima di 10 m;
- Le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti ecc.;
- Una quota in sommità ad ogni fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti), in modo da potere desumere, dalla restituzione, le altezze dei singoli corpi di fabbrica;
- Tutti gli elementi di base del rilievo (poligonale, capisaldi, IGM95 ecc.);
- tutte le entità con spessori e dimensioni superiori a 0.25 m

Tutte le opere d'arte esistenti con rappresentazione del piede e della testa con polilinee 3D;

In un apposito layer dovrà essere contenuto il modello matematico di tipo TIN dell'area rilevata e le linee di discontinuità utilizzate per la creazione dello stesso.

### **5.3 Procedure di Controllo relative al Rilievo Celerimetrico**

I controlli previsti in relazione al Rilievo celerimetrico sono i seguenti:

a) Si confrontano le coordinate planimetriche di un punto caratteristico della carta con quelle del medesimo punto rilevate direttamente

- Criterio di verifica:

Per la scala 1:500:  $|TP| \leq 10 \text{ cm}$

Per la scala 1:200:  $|TP| \leq 5 \text{ cm}$

dove TP è la tolleranza planimetrica

b) Si confrontano le coordinate altimetriche di un punto caratteristico della carta con quelle del medesimo punto rilevate direttamente

- Criterio di verifica:

Per la scala 1:500:  $|TA| \leq 3 \text{ cm}$

Per la scala 1:200:  $|TA| \leq 1 \text{ cm}$

dove TA è la tolleranza altimetrica

Per l'esecuzione dei controlli stessi l'Appaltatore dovrà fornire la mano d'opera ausiliaria necessaria, nonché un'autovettura con autista attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

Nel caso di mancata osservanza delle prescrizioni esecutive da parte dell'Appaltatore, con particolare riguardo alla registrazione dei dati sui libretti di campagna o sui tabulati di calcolo, a misurazioni eseguite fuori tolleranza, ad omissione di particolari cartografici rilevanti, il relativo lavoro non sarà ritenuto accettabile e quindi dovrà essere ripetuto o corretto a tutta cura e spese dell'Appaltatore medesimo, senza che ciò possa costituire motivo di prolungamento del termine utile contrattuale; quanto sopra oltre all'applicazione delle eventuali penalità che siano stabilite nel contratto.

## 6.0 RILIEVO GEOREFERENZIATO PER SEZIONI TRASVERSALI E PROFILI LONGITUDINALI

Trattasi di attività di indagine, per elaborazione di sezioni trasversali e profili longitudinali di alvei fluviali o fossi, finalizzata all'acquisizione della completa e dettagliata conoscenza dello stato dei luoghi.

In particolare dovranno essere eseguite le seguenti attività:

- rilievo celerimetrico del terreno (strade, sponde, argini e fondo alveo) e di punti intermedi alle sezioni (incluse le quote di briglie, pile di ponti o in generale di opere interferenti rispetto alla linea di sezione);
- restituzione in formato DWG secondo le specifiche di rappresentazione previste, della planimetria in scala appropriata di tutti gli elementi rilevati, delle linee di sezione numerate e dell'asse del profilo;
- estrazione e vestizione sezioni trasversali in scala appropriata, con l'indicazione di distanze parziali, progressive e quota terreno;

La posizione delle estremità delle sezioni, verrà materializzata sul terreno tramite tondini di ferro. Detti tondini saranno adeguatamente sporgenti dal terreno e verniciati di colore intenso per facilitarne il ritrovamento.

Le sezioni si estenderanno per oltre 20 m circa dal ciglio esterno della piattaforma stradale.

Le stazioni di rilievo saranno possibilmente poste sulla linea d'asse della sezione stessa o ad un suo estremo, in caso contrario esse saranno materializzate come i punti terminali delle sezioni.

In ogni caso, le stazioni di rilievo potranno essere più di una e non necessariamente visibili tra di loro.

Tutti i punti di stazione debbono essere collegati plano-altimetricamente con la poligonale a lati corti effettuata per il rilievo aerofotogrammetrico relativo alla cartografia in scala 1:1000 o appositamente realizzata.

Tale collegamento deve avvenire tramite procedura di intersezione in avanti facendo stazione su due vertici della poligonale, ogni qual volta le condizioni di visibilità lo permettano e la distanza tra i due vertici non superi i 500 metri; negli altri casi il collegamento va sviluppato svolgendo una poligonale aperta vincolata con estremi su due vertici della poligonale suddetta.

Per ogni punto di stazione deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee a permettere di rintracciarne la posizione, corredata di uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul terreno.

I punti da rilevare dovranno essere scelti in modo tale da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno compatibilmente con la scala del rilievo (variazione in centimetri pari a  $N/10$  dove  $N$  è uguale al denominatore della scala di restituzione).

Le sezioni trasversali, numerate progressivamente, vanno disegnate in scala 1:200, secondo le convenzioni correnti, riferendole ad un sistema cartesiano la cui origine si trovi sulla verticale per l'asse e sulla traccia di un piano orizzontale posto a quota di 5 metri inferiore alla quota minima registrata per uno qualsiasi dei punti della sezione in progetto o del terreno rilevato. Tali sezioni andranno memorizzate su supporto ottico o magnetico, in formato DWG e ASCII.

Qualora le sezioni costituiscano l'integrazione di un rilievo aerofotogrammetrico o celerimetrico dell'area considerata la loro posizione dovrà essere indicata nella relativa cartografia.

## **7.0 RILIEVI LASER SCANNER**

La tecnologia laser Scanner 3D può essere adottata sia per il rilievo geometrico o difettologico delle opere d'arte che per il rilievo di versanti rocciosi.

L'impiego di tale tecnologia per scopi differenti rispetto a quanto sopra descritto, dovrà essere concordato con il referente tecnico di ANAS S.p.A. , il quale dovrà valutare la proposta tecnica ricevuta ed eventualmente autorizzare le attività di rilievo.

La rilevazione geometrica e lo stato di degrado delle opere d'arte dovrà essere condotta attraverso rilievi geometrici e fotogrammetrici condotti sull'opera di interesse mediante dispositivi laser scanner e fotografici.

I dispositivi laser da utilizzare dovranno differenziarsi in funzione delle tipologie di manufatti da rilevare e delle aree di interferenza circostanti (pareti rocciose, dissesti, edifici ecc) sia in termini di principio di funzionamento (tempo di volo e differenza di fase), che di portata (min 100 - max 1500 m).

Le attività di rilievo dovranno essere supportate da rilievi topografici di dettaglio che avranno lo scopo di misurare e georiferire i target utilizzati per la registrazione delle singole scansioni. Le poligonali topografiche condotte con stazioni totali dovranno essere chiuse e compensate e fornire coordinate dei punti di interesse in sistemi metrici non distorti

Precisione nella determinazione delle coordinate dei punti di interesse: <5mm

Precisioni laser scanner della nuvola di punti acquisita: <10mm

### **7.1 Requisiti tecnici generali della strumentazione Laser Scanner Terrestre per il rilievo delle opere d'arte stradali:**

- Laser class: classe 1 e/o 3A in funzione dell'altezza e della tipologia dell'opera da rilevare.
- Range: fino ad un massimo di m. 300. Sono quindi ammessi gli strumenti con capacità di rilievo anche inferiori purché rispettino e migliorino gli altri parametri previsti nei requisiti tecnici.
- Accuratezza: 6 mm su 50 m. Tutti gli strumenti con grado di accuratezza migliore a tale valore, quindi inferiore a 6 mm su 50 m, sono ammessi.
- Finestra di scansione orizzontale: 360° massima. Finestra di scansione verticale: 80° minima. Sono quindi ammessi gli strumenti con capacità di rilievo anche superiori, purché rispettino gli altri parametri previsti nei requisiti tecnici.

### **7.2 Prescrizioni sulla metodologia di rilievo**

Modalità di rilevamento

La procedura di rilievo laser scanner richiesta dovrà prevedere il simultaneo impiego di tre modalità di rilevamento:

- Il rilevamento rangometrico, che restituisce le coordinate spaziali X, Y, Z dei punti scanditi;
- il rilevamento riflettometrico, che restituisce i coefficienti di riflettanza caratteristica dei vari tipi di materiali che costituiscono l'opera d'arte;
- il rilevamento fotografico digitale, che restituisce la caratterizzazione grafica RGB, che verrà proiettata tridimensionalmente sulla nube di punti generata al computer dalla restituzione rangometrica e riflettometrica. Il rilievo fotografico digitale dovrà essere effettuato da ogni stazione sull'intero campo visivo (360° in orizzontale e 270° gradi in verticale) e comunque dovrà comprendere l'intera opera da rilevare.

### **7.3 Prescrizioni sulle impostazioni generali**

- Le dimensioni della maglia di scansione potranno variare, all'interno della stessa opera, da un minimo di 5 mm ad un massimo di 10 cm sulla superficie dell'oggetto a seconda dell'elemento costruttivo da rilevare. In ogni caso, il passo di scansione dovrà essere compatibile con le dimensioni delle singole forme geometriche dell'elemento costruttivo, in modo da garantire un rilievo dettagliato sia delle caratteristiche geometriche che delle singole aree di degrado;
- Lo strumento potrà essere utilizzato esclusivamente su treppiede in legno o carbonio, avente caratteristiche idonee a garantire la stabilità durante tutto il periodo dell'acquisizione delle nuvole di punti. Non sono ammessi stazionamenti su mezzi mobili (automezzi, quad, autocarri ...etc.), o altre modalità di stazionamento similari che non garantiscono la stabilità della strumentazione utilizzata;

- Per ogni opera d'arte da rilevare, l'operatore dovrà utilizzare almeno 4 (quattro) target riflettenti, aventi dimensioni e caratteristiche idonee per la successiva registrazione delle nuvole di dati e georeferenzazione del rilievo. I target dovranno essere disposti uniformemente su tutta l'opera, al fine di garantire la massima precisione in fase di rototraslazione e georeferenzazione del rilievo. Per almeno 4 (quattro) target utilizzati durante i rilievi, l'Appaltatore dovrà provvedere alla materializzazione di borchie in acciaio opportunamente fissate alla struttura, o altri segnali da concordare con la D.S., che dovranno essere utilizzati sia in fase di collaudo dei rilievi eseguiti che per la ripetizione degli stessi da parte di ANAS S.p.A.. Per ognuno dei 4 target di riferimento, dovrà essere redatta una monografia;
- Tutte le operazioni di rilievo dovranno essere pianificate in modo tale che, in fase di elaborazione dei dati, la registrazione (unione) delle nuvole di punti acquisite da stazioni diverse possa avvenire esclusivamente per correlazione dei target collimati o con il metodo di rilievo "per poligonale".  
In ogni caso, l'operatore dovrà provvedere a collimare un numero adeguato di target (minimo 4) uniformemente distribuiti sull'opera.  
Non saranno ammesse registrazioni di nuvole di dati per aree omologhe rilevate da stazioni diverse, se non espressamente autorizzate dalla D.S. a seguito di richiesta motivata.
- Le scansioni dovranno essere effettuate da diversi punti di vista per ottenere il rilievo geometrico dell'oggetto ed evitare così che vi siano delle zone d'ombra caratterizzate da assenza di dati. Saranno tollerate, per particolari condizioni di difficoltà di rilievo, da verificare in fase di opera con la struttura di controllo/DL, eventuali zone d'ombra per un massimo del 5% della superficie totale dell'opera..  
L'Appaltatore dovrà provvedere, preliminarmente all'inizio delle attività di rilievo in campo, all'eliminazione di tutti gli ostacoli presenti sui luoghi (vegetazione e/o materiali) che possano impedire il raggiungimento del risultato di cui sopra.
- L'alta qualità della fotografia digitale utilizzata in campo deve consentire la corretta assegnazione del valore di RGB alle nuvole di punti ed una visualizzazione molto dettagliata del degrado;
- Al fine dell'ottenimento dell'alta qualità della fotografia digitale richiesta, tale da consentire una visualizzazione molto dettagliata del degrado, dovranno essere acquisiti dati fotografici digitali con risoluzione non inferiore a 150 pixel per pollice quadrato di superficie reale rilevata del Ponte (circa 23 pixel per cm<sup>2</sup>). I dati fotografici dovranno essere restituiti sia in formato RAW che in formato TIFF. A partire dai dati RAW (dati grezzi acquisiti dalla fotocamera digitale) dovranno essere generati i file TIFF previa correzione radiometrica, eseguita in modo da uniformare le immagini ad un analogo livello di illuminazione. Inoltre, per ogni immagine fotografica, dovranno essere restituiti file ASCII con informazioni sul posizionamento e sull'orientamento delle fotocamere.

#### **7.4 Inquadramento geodetico e rilievi celerimetrici integrativi**

Tutte le misure dovranno essere riferite al sistema piano UTM-ETRF2000. Le quote dovranno essere determinate con riferimento al l.m.m. con derivazione dai vertici della rete IGM95 o dalle linee di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare Italiano.

## 7.5 Rete di capisaldi locale ed inquadramento nel sistema UTM

Per ogni opera saranno materializzati i necessari punti di inquadramento, per un minimo di quattro punti stabili di riferimento, materializzati con chiodi di tipo topografico con sottostante rondella in acciaio inox, infissi su strutture stabili esistenti o appositamente realizzate, il fissaggio dovrà essere effettuato tramite resina bicomponente, rispetto ai quali dovrà essere garantita la ripetibilità delle misure eseguite. Ogni punto di inquadramento dovrà essere numerato con il suffisso CS ed una numerazione consecutiva univoca; per ogni punto d'inquadramento dovrà eseguirsi una idonea monografia contenente le informazioni di materializzazione e localizzazione sia descrittive che grafiche, uno stralcio della localizzazione su cartografia ufficiale, le coordinate plano-altimetriche espresse nel sistema di riferimento, ed almeno una fotografia d'inquadramento, secondo uno schema da concordare con la Stazione Appaltante.

I capisaldi dovranno essere ubicati tutti esternamente rispetto all'opera d'arte da rilevare e dovranno essere uniformemente distribuiti, al fine di garantire la massima precisione in fase di inquadramento per rototraslazione di rilievi successivi. Lo schema geometrico dovrà essere preventivamente progettato al fine di comprendere l'intera opera d'arte da rilevare all'interno del poligono composto dalle baseline congiungenti i 4 capisaldi materializzati.

L'inquadramento dei vertici dovrà avvenire tramite utilizzo contemporaneo di almeno 2 ricevitori geodetici GPS a doppia frequenza, da utilizzarsi esclusivamente in modalità statica o rapido-statica, con riferimento ad almeno 2 (due) vertici della rete geodetica IGM95.

I nuovi capisaldi dovranno essere collegati reciprocamente con baseline rilevate in modalità statica o statico-rapida. Per tutte le fasi del rilievo di inquadramento geodetico dei capisaldi non potranno essere utilizzate le tecnologie di rilievo "RTK" o "VRS" e le modalità di collegamento a "Sbraccio" o "Stella".

La trasformazione delle coordinate geografiche WGS84 - ETRF2000 dovrà avvenire esclusivamente tramite utilizzo del software Verto dell'IGM.

Le quote ellissoidiche dovranno essere trasformate con riferimento ai grigliati di trasformazione IGM.

Nel caso in cui nell'area oggetto di rilievo siano presenti linee di livellazione IGM a distanze inferiori a 5 Km, l'Appaltatore dovrà effettuare un controllo delle quote geoidiche calcolate con rilievo diretto di almeno 2 capisaldi di livellazione di alta precisione.

L'opera da rilevare dovrà essere rappresentata in coordinate rettilinee "pseudo-UTM", determinando le stesse direttamente dal sistema WGS84-ETRF2000.

Per la determinazione delle coordinate rettilinee "pseudo-UTM" dovrà essere fissato un meridiano centrale all'area oggetto di rilievo, passante per il baricentro dell'opera, allo stesso dovranno essere assegnati dei valori di "Falsa Est" e "Falsa Ovest" in modo da garantire che per tutto lo sviluppo della restituzione ci siano sempre valori positivi.

A seguito della determinazione delle coordinate rettilinee, al fine di poter inquadrare l'opera nel sistema UTM 32 o 33, dovrà essere effettuata una rototraslazione rigida, senza fattore di scala, tra le coordinate UTM dei vertici posti alle estremità dell'opera (min. 4) e le coordinate determinate secondo la procedura di cui sopra.

Dovrà essere consegnato un report contenente le seguenti informazioni:

- latitudine e longitudine del punto baricentrico che darà origine al meridiano centrale;
- Valori di falsa Est e falsa Ovest
- Ampiezza in gradi della zona di calcolo

- Valore del coefficiente di contrazione “c”
- Quota media adottata
- Scarti del calcolo di rototraslazione rigida tra le coordinate rettilinee locali e le coordinate UTM dei vertici di inquadramento

## 7.6 Integrazione rilievo con modalità celerimetrica

Il rilievo laser scanner dovrà essere integrato con un rilievo topografico celerimetrico dei punti notevoli delle strutture orizzontali e verticali oltre che del piano viabile, in modo da poter ricostruire un modello semplificato dell’opera con l’uso di linee o polilinee tridimensionali, rappresentanti le discontinuità.

Il rilievo celerimetrico dovrà essere effettuato tramite stazione totale, avente le seguenti caratteristiche tecniche minime:

*precisione angolare Hz, V: 5" (1.5 mgon)*

*range compensatore: 4' (0.07 gon) -- precisione Compensatore: 1.5" (0.5 mgon)*

*precisione distanze: 1 mm + 2 ppm*

Il sistema GPS in modalità RTK potrà essere utilizzato per il rilievo del piano viabile dei ponti o viadotti, ma non per le parti d’opera sottostanti e per i target di riferimento.

Il rilievo celerimetrico integrativo dovrà essere georeferenziato nel sistema UTM-ETRF2000, tramite collegamento diretto alla rete di capisaldi precedentemente istituita e dovrà altresì comprendere il rilievo dei 4 target di riferimento da utilizzare per la georeferenziazione delle nuvole di punti.

*Tolleranze:*

*Tolleranza posizionamento planimetrico:  $\pm 0,015$  m*

*Tolleranza posizionamento altimetrico:  $\pm 0,015$  m*

## 7.7 Analisi del degrado

Sull’analisi del degrado, all’interno della Rapporto finale dovrà essere redatta una sezione relativa al rilievo Laser Scanner che integri l’ispezione visiva e che comprenda:

- descrizione particolareggiata degli elementi di degrado, (es: distacchi superficiali di calcestruzzo, distacchi dei copriferro, ossidazione dei ferri di armatura, infiltrazioni di umidità, degrado della impermeabilizzazione, ecc.);
- individuazione degli ammaloramenti sulle tavole tecniche elaborate;
- individuazione delle cause e del livello di degrado.

La classificazione degli elementi di degrado e degli ammaloramenti dovrà essere eseguita in funzione dell’effettivo riscontro. Per agevolare la classificazione dei difetti ANAS fornirà, come suddetto, un manuale difettologico.

Ogni elemento di degrado visualizzato deve essere localizzato nel contesto di tutto l’oggetto del rilievo.

Il modello finale dell’area di degrado, ottenuto attraverso le tre modalità di rilievo sopra elencate, deve essere un modello tridimensionale gestibile attraverso un normale personal computer con applicativi CAD.

Come sopra citato, dovrà essere possibile effettuare l'analisi difettologica sia attraverso le fotografie digitali a colori composte sul modello sferico che attraverso le scansioni laser opportunamente raffittite nelle aree degradate ed implementate con i valori di riflettanza ed RGB.

La camera fotografica utilizzata dall'affidatario dovrà avere ottica e risoluzione tali da potere visualizzare ogni particolare dei difetti presenti sull'opera d'arte.

Le fotografie digitali a colori dell'intera opera d'arte, dovranno essere ortorettificate sul modello 3d ottenuto dalle scansioni 3D al fine di potere effettuare ogni tipo di misurazione ed analisi GIS del degrado.

In caso di rilievo laser scanner, la densità della nuvola di punti dovrà permettere la visualizzazione e la successiva analisi del singolo degrado, anche senza l'uso delle fotografie digitali a colori.

## 7.8 Verifiche di conformità del Direttore per l'Esecuzione del Contratto.

Il D.S., provvederà ad effettuare le verifiche in corso d'opera di tutte le lavorazioni sopra descritte e dei relativi elaborati.

Le verifiche potranno essere eseguite sia in campo che presso la sede dell'Appaltatore.

Rilievo GPS di inquadramento geodetico		
<i>Prestazione o elaborato da verificare</i>	<i>Tipologia verifica</i>	<i>Tolleranza ammessa</i>
Materializzazione capisaldi	Conformità materiali - stabilità struttura - configurazione geometrica rete.	
Scheda monografica	Verifica contenuto e compilazione	
Collegamento rete IGM	Verifica monografia IGM	
Misure statiche GPS	Rielaborazione Rinex baseline	planimetrica: $\pm 5$ cm altimetrica: $\pm 5$ cm
Calcolo di compensazione	Verifica dati o rielaborazione	planimetrica: $\pm 5$ cm altimetrica: $\pm 5$ cm

Rilievo Laser Scanner		
<i>Prestazione o elaborato da verificare</i>	<i>Tipologia verifica</i>	<i>Tolleranza ammessa</i>
Strumento Laser Scanner	Conformità strumento rispetto le prescrizioni del CSA e certificato di taratura	
Target di riferimento	Controllo numero e distribuzione geometrica	
File nuvole di punti	Caricamento file PTS e controllo singole scansioni	
Registrazione nuvole di punti	Rielaborazione con verifica scarti	posizionamento: $\pm 6$ mm su 50 m

Georeferenzazione modello registrato	Verifica report e rielaborazione	± 5 mm
Modello registrato	Verifica zone d'ombra	5%
Controllo fotografie digitali	Verifica completezza, esposizione e qualità	
Modello navigabile	Verifica completezza informazioni	
Restituzione CAD	Verifica misure relative	± 1 cm

Rilievo Celerimetrico Integrativo		
<i>Prestazione o elaborato da verificare</i>	<i>Tipologia verifica</i>	<i>Tolleranza ammessa</i>
Strumento Total Station	Conformità strumento rispetto le prescrizioni del CSA e certificato di taratura	
Georeferenzazione rilievo	Verifica report e rielaborazione	± 1 cm
Target di riferimento	Controllo numero e distribuzione geometrica	
Restituzione CAD	Verifica misure	± 1 cm

Analisi Difettologica		
<i>Prestazione o elaborato da verificare</i>	<i>Tipologia verifica</i>	<i>Tolleranza ammessa</i>
Report difettologico	Sopralluogo per verifica completezza informazioni	
Nuvola di punti	Verifica griglia di scansione e visibilità difetto	
Fotografie digitali a colori	Verifica copertura intera opera	
Fotografie digitali a colori	Verifica qualitativa ortorettifica	
Fotografie digitali a colori	Verifica formati	
Fotografie digitali a colori	Verifica valori di orientamento	

## **7.9 RILIEVI LASER SCANNER IN GALLERIA**

### **7.9.1 Rilievi laser-scanner gallerie esistenti da eseguirsi in modalità dinamica.**

I rilievi laser scanner in modalità dinamica, da effettuarsi per l'acquisizione delle nuvole di punti all'interno delle gallerie o di tratte stradali con particolari conformazioni geometriche, potranno essere effettuati esclusivamente dopo la redazione di un dettagliato progetto di acquisizione dei dati, da sottoporre alla preventiva approvazione di ANAS S.p.A.

Per l'esecuzione dei rilievi dinamici, dovrà essere utilizzato un laser a scansione, integrato in un automezzo, dotato di tutte le strumentazioni ausiliarie necessarie per l'acquisizione dei dati secondo le precisioni richieste.

Il sistema dovrà essere composto oltre che dal laser scanner anche da un sistema traiettografico inerziale (IMU-GPS) che consenta di associare ad ogni impulso laser la reale posizione del sensore ed il relativo assetto spaziale (roll-pitch, yaw).

Trattandosi di un impiego in galleria e quindi in assenza di segnale GPS, il sistema dovrà, mediante idonei filtri e sfruttando le componenti accelerometriche e giroscopiche, derivare la posizione del mezzo, in ogni punto, con accuratezza migliore di 15 cm.

In prossimità degli imbocchi delle gallerie, dovranno essere posizionati almeno 8 target (4 + 4), visibili dal laser scanner e georeferenziati tramite sistemi topografici di precisione, da utilizzare per le verifiche di congruità delle 2 nuvole di punti (andata e ritorno) ed eventuale correzione degli errori di posizionamento dei dati derivati dalla piattaforma inerziale/GPS. La tolleranza per la determinazione delle coordinate piano altimetriche dei target di cui sopra è fissata in +/- 3 cm sia per la planimetria che per le quote, con riferimento al sistema cartografico di progetto e quote s.l.m.m.

L'affidatario dovrà pianificare l'esecuzione delle misure sia in andata che in ritorno, in modo da sfruttare per entrambi gli imbocchi la migliore accuratezza del dato (primi secondi dopo la perdita del segnale GPS).

La strumentazione dovrà essere fissata sul mezzo in modo da garantire il rilievo di tutte le parti d'opera della galleria, compreso il piano viabile e la segnaletica orizzontale con una percentuale di copertura non inferiore al 95% delle parti visibili.

La velocità di percorrenza in galleria durante i rilievi non potrà essere superiore a 50 Km/h se la galleria è in esercizio e di 30 Km/h in assenza di traffico veicolare.

In ogni caso, la nuvola di punti dovrà avere una densità tale da garantire la possibilità di rappresentare ogni parte strutturale dell'opera rilevata (calotta, piedritti, cunette, portali, bypass ...) oltre al piano viabile.

Al fine di garantire la densità della nuvola di punti e la copertura delle aree di cui sopra, nonché la possibilità di percorrere, alla velocità massima prestabilita, il tunnel in ambedue i sensi di marcia, nel caso in cui i rilievi vengano effettuati in presenza di traffico veicolare, l'affidatario del servizio dovrà utilizzare un ulteriore autocarro, dotato dei sistemi di segnalazione previsti dalla normativa vigente, in modo che nessun automezzo in transito possa superare il "VAR" ed ostacolare il campo di visibilità della strumentazione.

Al termine delle misure i dati IMU-GPS e laserscanner Mobile dovranno essere elaborati con idonei software, al fine di ottenere un modello numerico del manufatto, utile per le successive fasi di restituzione vettoriale (sezioni, piante, ecc).

### 7.9.1.1 Inquadramento geodetico

Tutte le misure dovranno essere riferite al sistema di rappresentazione adottato per la progettazione. Le quote dovranno essere determinate con riferimento al l.m.m. con derivazione dai vertici della rete IGM95 o dalle linee di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare Italiano.

L'opera da rilevare dovrà essere rappresentata in coordinate rettilinee, determinando le stesse direttamente dal sistema di progetto.

Per la determinazione delle coordinate rettilinee "pseudo-UTM o Gauss Boaga" dovrà essere fissato un meridiano centrale all'area oggetto di rilievo, passante per il baricentro dell'opera, allo stesso dovranno essere assegnati dei valori di "Falsa Est" e "Falsa Ovest" in modo da garantire che per tutto lo sviluppo della restituzione ci siano sempre valori positivi.

A seguito della determinazione delle coordinate rettilinee, al fine di poter inquadrare l'opera nel sistema di progetto, dovrà essere effettuata una rototraslazione rigida, senza fattore di scala, tra le coordinate di progetto dei vertici posti alle estremità dell'opera (min. 4) e le coordinate determinate secondo la procedura di cui sopra.

Dovrà essere consegnato un report contenente le seguenti informazioni:

- latitudine e longitudine del punto baricentrico che darà origine al meridiano centrale;
- Valori di falsa Est e falsa Ovest
- Ampiezza in gradi della zona di calcolo
- Valore del coefficiente di contrazione "c"
- Quota media adottata
- Scarti del calcolo di rototraslazione rigida tra le coordinate rettilinee locali e le coordinate UTM dei vertici di inquadramento

### 7.9.1.2 Requisiti tecnici generali della strumentazione

#### Componente di navigazione

- Odometro ad alta precisione: 100 impulsi/giro
- GNSS-IMU tipo Novatel IGM1A o Applanix AP15, 200Hz, Frequenze GPS utilizzate L1-L2GPS, L1-L2 Glonass

#### Componente Laser Scanner

- Laserscanner a differenza di fase con velocità di acquisizione di almeno 1.000.000 punti/sec, copertura di una fascia di 360 gradi nel verso di spostamento del mezzo, portata 150m, , classe laser 1, sincronizzazione mediante PPS, NMEA sentence da ricevitore GPS.

### **7.9.2 Rilievi laser-scanner gallerie esistenti da eseguirsi in modalità statica.**

La tecnologia laser Scanner 3D può essere adottata sia per il rilievo geometrico che difettologico delle gallerie.

Le attività di rilievo laser scanner, dovranno essere supportate da rilievi topografici di dettaglio, che avranno lo scopo di georiferire e registrare le singole scansioni.

Le poligonali topografiche, condotte con stazioni totali di adeguata precisione, dovranno essere chiuse e compensate e fornire coordinate dei punti di interesse in sistemi metrici non distorti.

#### **7.9.2.1 Requisiti tecnici generali della strumentazione:**

- Classe Laser 1
- Range: fino ad un massimo di m. 200. Sono quindi ammessi gli strumenti con capacità di rilievo anche inferiori purché rispettino e migliorino gli altri parametri previsti nei requisiti tecnici.
- Accuratezza: 6 mm su 50 m. Tutti gli strumenti con grado di accuratezza migliore a tale valore, quindi inferiore a 6 mm su 50 m, sono ammessi.
- Finestra di scansione orizzontale: 360° massima. Finestra di scansione verticale: 320° minima. Sono quindi ammessi gli strumenti con capacità di rilievo anche superiori, purché rispettino gli altri parametri previsti nei requisiti tecnici.

#### **7.9.2.2 Prescrizioni sulla metodologia di rilievo**

La procedura di rilievo laser scanner richiesta dovrà prevedere il simultaneo impiego di tre modalità di rilevamento:

- rilevamento rangometrico, che restituisce le coordinate spaziali X, Y, Z dei punti scanditi;
- rilevamento riflettometrico, che restituisce i coefficienti di riflettanza caratteristica dei vari tipi di materiali che costituiscono l'opera d'arte;
- rilevamento fotografico digitale, che restituisce la caratterizzazione grafica RGB, che verrà proiettata tridimensionalmente sulla nube di punti generata al computer dalla restituzione rangometrica e riflettometrica. Il rilievo fotografico digitale dovrà essere effettuato da ogni stazione sull'intero campo visivo (360° in orizzontale e 320° gradi in verticale) e comunque dovrà comprendere l'intera opera da rilevare.

Il rilevamento fotografico digitale dovrà essere eseguito esclusivamente se ordinato dal Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A.

#### **7.9.2.3 Prescrizioni sulle impostazioni generali**

- Le dimensioni delle maglie di scansione dovranno essere costanti per tutta l'opera rilevata.  
Il valore massimo ammissibile della maglia di scansione non dovrà essere superiore a 5 mm \* 5 mm per ogni nuvola di punti acquisita (stazione Laser scanner).

In ogni caso, il passo di scansione dovrà essere compatibile con le dimensioni delle singole forme geometriche dell'elemento costruttivo, in modo da garantire un rilievo dettagliato sia delle caratteristiche geometriche che delle singole aree di degrado;

- Lo strumento potrà essere utilizzato esclusivamente su treppiede in legno o carbonio, avente caratteristiche idonee a garantire la stabilità durante tutto il periodo dell'acquisizione delle nuvole di punti. Non sono ammessi stazionamenti su mezzi mobili (automezzi, quad, autocarri ...etc.), o altre modalità di stazionamento simili che non garantiscono la stabilità della strumentazione utilizzata;
- Le scansioni dovranno essere effettuate da diversi punti di vista per ottenere il rilievo geometrico dell'oggetto ed evitare così che vi siano delle zone d'ombra caratterizzate da assenza di dati.

Saranno tollerate, per particolari condizioni di difficoltà di rilievo, da verificare in fase di opera con la struttura di controllo/DL, eventuali zone d'ombra per un massimo del 5% della superficie totale dell'opera..

L'Appaltatore dovrà provvedere, preliminarmente all'inizio delle attività di rilievo in campo, all'eliminazione di tutti gli ostacoli presenti sui luoghi (vegetazione e/o materiali) che possano impedire il raggiungimento del risultato di cui sopra.

- Nel caso in cui venga richiesto il rilievo fotografico, l'alta qualità della fotografia digitale dovrà consentire la corretta assegnazione del valore di RGB alle nuvole di punti ed una visualizzazione molto dettagliata del degrado.

Al fine dell'ottenimento dell'alta qualità della fotografia digitale richiesta, tale da consentire una visualizzazione molto dettagliata del degrado, dovranno essere acquisiti dati fotografici digitali con risoluzione non inferiore a 150 pixel per pollice quadrato di superficie reale rilevata (circa 23 pixel per cmq). I dati fotografici dovranno essere restituiti sia in formato RAW che in formato TIFF. A partire dai dati RAW (dati grezzi acquisiti dalla fotocamera digitale) dovranno essere generati i file TIFF previa correzione radiometrica, eseguita in modo da uniformare le immagini ad un analogo livello di illuminazione. Inoltre, per ogni immagine fotografica, dovranno essere restituiti file ASCII con informazioni sul posizionamento e sull'orientamento delle fotocamere.

#### **7.9.2.4 Inquadramento geodetico**

Tutte le misure dovranno essere riferite al sistema di rappresentazione adottato per la progettazione. Le quote dovranno essere determinate con riferimento al l.m.m. con derivazione dai vertici della rete IGM95 o dalle linee di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare Italiano.

L'opera da rilevare dovrà essere rappresentata in coordinate rettilinee, determinando le stesse direttamente dal sistema di progetto.

Per la determinazione delle coordinate rettilinee "pseudo-UTM o Gauss Boaga" dovrà essere fissato un meridiano centrale all'area oggetto di rilievo, passante per il baricentro dell'opera, allo stesso dovranno essere assegnati dei valori di "Falsa Est" e "Falsa Ovest" in modo da garantire che per tutto lo sviluppo della restituzione ci siano sempre valori positivi.

A seguito della determinazione delle coordinate rettilinee, al fine di poter inquadrare l'opera nel sistema di progetto, dovrà essere effettuata una rototraslazione rigida, senza fattore di scala, tra le coordinate di progetto dei vertici posti alle estremità dell'opera (min. 4) e le coordinate determinate secondo la procedura di cui sopra.

Dovrà essere consegnato un report contenente le seguenti informazioni:

- latitudine e longitudine del punto baricentrico che darà origine al meridiano centrale;
- Valori di falsa Est e falsa Ovest
- Ampiezza in gradi della zona di calcolo
- Valore del coefficiente di contrazione "c"
- Quota media adottata
- Scarti del calcolo di rototraslazione rigida tra le coordinate rettilinee locali e le coordinate UTM dei vertici di inquadramento

#### **7.9.2.5 Rilievo Topografico di appoggio e tecnica di georeferenziazione e registrazione delle nuvole di punti**

Il rilievo in galleria dovrà essere effettuato utilizzando contemporaneamente sia la strumentazione laser scanner che una Total Station di precisione, da adottare per la determinazione delle coordinate plano-altimetriche dei punti di scansione e dei punti di orientamento.

Le tecniche di rilievo, per la registrazione delle nuvole di punti, dovrà variare in funzione della presenza o meno di traffico veicolare durante l'esecuzione delle misure.

#### **7.9.2.6 Procedura per rilievi effettuati in assenza totale di traffico veicolare**

- Materializzazione dei vertici di una poligonale di precisione chiusa ed a lati corti, con lunghezza massima dei lati non superiore a 150 m. I vertici iniziali e finali della poligonale dovranno essere posti esternamente rispetto alla galleria, ad una distanza non inferiore a 100 m dagli imbocchi;
- Misura e determinazione delle coordinate della poligonale di precisione chiusa ed a lati corti (rif. Par. 2.9.2 e 2.9.3 delle Norme Tecniche per Indagini Topografiche);
- Esecuzione di una livellazione di precisione sui vertici della poligonale (rif. Par. 2.10.1 e 2.10.2 delle Norme Tecniche per Indagini Topografiche
- Esecuzione delle misure laser scanner, con stazionamenti in corrispondenza dell'asse della galleria e misure su almeno 4 target per ogni stazione Laser Scanner;
- La distanza massima tra le stazioni Laser Scanner non dovrà mai essere superiore a 1.5 volte la larghezza della galleria, misurata alla base dei piedritti;
- I 4 target dovranno essere posizionati in modo che almeno 2 siano ogni volta visibili dalle stazioni Laser Scanner consecutive;
- Per ogni 100 m di rilievo laser scanner, con riferimento alla poligonale di precisione, dovranno essere determinate le coordinate planimetriche e le quote dei target ubicati agli estremi della tratta;
- In fase di acquisizione delle misure in galleria, l'operatore dovrà impostare dei filtri che impediscano l'acquisizione di dati a distanze superiori di 25 m rispetto alla posizione di ogni singola stazione;

- La registrazione delle nuvole di punti dovrà restituire un'unica nuvola di punti in cui non si presentino sfasamenti dei dati superiori a 5 mm per le tratte esaminate in fase di collaudo.

#### **7.9.2.7 Procedura per rilievi effettuati in presenza di traffico veicolare**

- Materializzazione dei vertici di una poligonale di precisione chiusa ed a lati corti, con lunghezza massima dei lati non superiore a 150 m. I vertici iniziali e finali della poligonale dovranno essere posti esternamente rispetto alla galleria, ad una distanza non inferiore a 100 m dagli imbocchi;
- Misura e determinazione delle coordinate della poligonale di precisione chiusa ed a lati corti (rif. Par. 2.9.2 e 2.9.3 delle Norme Tecniche per Indagini Topografiche);
- Esecuzione di una livellazione di precisione sui vertici della poligonale (rif. Par. 2.10.1 e 2.10.2 delle Norme Tecniche per Indagini Topografiche);
- Esecuzione delle misure laser scanner, con stazionamenti ai margini del piano viabile o passo pedonale;
- Per la determinazione delle coordinate del laser scanner ed orientamento delle singole nuvole di punti, dovrà essere adottato un sistema software che permetta la determinazione, in sito, delle coordinate del centro di fase della strumentazione laser scanner e di un prisma riflettente da utilizzare quale orientamento del sistema di rilievo (ad esempio: TMS ScanControl o similari);
- La distanza massima tra le stazioni Laser Scanner non dovrà mai essere superiore a 1.5 volte la larghezza della galleria, misurata alla base dei piedritti;
- In fase di acquisizione delle misure in galleria, l'operatore dovrà impostare dei filtri che impediscano l'acquisizione di dati a distanze superiori di 25 m rispetto alla posizione di ogni singola stazione;
- Al fine di garantire l'acquisizione di almeno il 95% delle superfici visibili, compreso il piano viabile e la segnaletica orizzontale, le misure dovranno essere eseguite sia in andata che in ritorno.
- La registrazione delle nuvole di punti dovrà restituire un'unica nuvola di punti in cui non si presentino sfasamenti dei dati superiori a 5 mm per le tratte esaminate in fase di collaudo

#### **7.9.2.8 Caratteristiche minime del sistema topografico per l'esecuzione della poligonale**

La Total Station di appoggio, per l'esecuzione della poligonale e la determinazione delle coordinate dei target (per i rilievi in assenza di traffico veicolare) o dei prismi (per rilievi in presenza di traffico veicolare) dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- Precisione misure angolari: 0.5" (0.15 mgon)
- Precisione misure di distanza: 0.6 mm + 1 ppm
- Dimensione spot laser a 50 m: 8 mm\*20 mm
- Tecnologia di misura: laser rosso visibile coassiale
- Sistema di riconoscimento automatico dei prismi con precisione di misura di 0.5" (0.15 mgon)
- Disponibilità di doppia tastiera
- Dotazione di Kit per esecuzione di poligonali di precisione in galleria

### 7.9.3 Verifiche di conformità del Direttore per l'Esecuzione del Contratto.

Il D.S., provvederà ad effettuare le verifiche in corso d'opera di tutte le lavorazioni sopra descritte e dei relativi elaborati.

Le verifiche potranno essere eseguite sia in campo che presso la sede dell'Appaltatore.

Rilievi Laser Scanner in Galleria (rilievi dinamici)		
<i>Prestazione o elaborato da verificare</i>	<i>Tipologia verifica</i>	<i>Tolleranza ammessa</i>
Consistenza geometrica	Analisi della nuvola di punti registrata	3 cm
Accuratezza della nuvola di punti	Verifica a campione con rilievo di sezioni trasversali della galleria tramite una Total Station con puntatore laser coassiale	+/- 5 cm
Restituzione CAD	Verifica misure	± 5 cm

Rilievi Laser Scanner in Galleria (rilievi statici)		
<i>Prestazione o elaborato da verificare</i>	<i>Tipologia verifica</i>	<i>Tolleranza ammessa</i>
Consistenza geometrica	Analisi della nuvola di punti registrata	5 mm
Accuratezza della nuvola di punti	Verifica a campione con rilievo di sezioni trasversali della galleria tramite una Total Station con puntatore laser coassiale	+/- 1 cm
Restituzione CAD	Verifica misure	± 1 cm

### 8.0 RILIEVI BATIMETRICI

Le indagini batimetriche dovranno essere effettuate mediante ecoscandaglio single-beam o multi-beam installato su una imbarcazione di pescaggio adeguato al fondale da investigare.

In caso di battenti ridotti i rilevamenti potranno essere effettuati anche con ACV (Air Cushion Vehicle) o equivalente.

Ove non accessibile con i natanti sopra descritti potrà essere adottata la tecnologia "Tethered drone – rough water) sensorizzato, in modo da rispettare le specifiche di rilevamento indicate.

Viene richiesto un rate di acquisizione non inferiore a 1 Hz (un impulso al secondo) eventualmente incrementabile a 0.5 Hz nel caso i cui la velocità del natante sia superiore a 15 Km/h. a tal proposito verrà chiesto di fornire adeguata documentazione tecnica relativa alla strumentazione utilizzata.

Nella selezione dell'imbarcazione deve essere garantito lo spazio necessario per la strumentazione e per operare in completa sicurezza.

L'equipaggiamento dovrà essere adeguato al raggiungimento del grado di risoluzione richiesto, in particolare:

- per il posizionamento deve essere adottata una strumentazione di tipo DGPS con correzione RTK;
- per il rilievo multibeam è richiesta una copertura totale dell'area con risoluzione 0,5 X 0,5 m.

L'esecuzione del rilievo dovrà essere supportata da un adeguato sistema di controllo della navigazione, che integri al suo interno l'acquisizione dei dati dei diversi sensori.

Il rilievo dell'alveo attivo dei corsi d'acqua, ove non sia possibile la navigabilità, dovrà essere effettuato dall'Appaltatore con un sistema tradizionale e nel caso delle fasce attraverso il rilievo di transetti a distanza costante ed omogenea con metodologia GPS in modalità RTK. La densità dei punti misurati e la distribuzione dei transetti dovrà essere tale da cogliere le accidentalità del fondale, sia fangoso che ghiaioso, con un passo di rappresentazione delle profondità tale da rappresentare al meglio la situazione reale del fondo alveo e consona al passo del modello digitale del terreno (DTM) che verrà successivamente generato.

Il sistema di riferimento dei rilievi batimetrici dovrà essere lo stesso dei rilievi che riguardano la superficie asciutta.

Tutte le operazioni di post-elaborazione, filtraggio dei dati, restituzione del rilievo, la compilazione dei database e quant'altro occorra per dare il lavoro compiuto in perfetta regola d'arte sono da considerarsi comprese nel prezzo di affidamento.

I risultati del rilevamento batimetrico dovranno essere analizzati, interpretati, elaborati e successivamente riassunti in un Rapporto Tecnico, corredato di cartografia tematica, che dovrà contenere:

- la descrizione del piano d'indagine progettato ed eseguito;
- la descrizione della dotazione strumentale utilizzata;
- la descrizione delle procedure operative adottate;
- la descrizione delle procedure di controllo qualità e validazione adottate e dei loro risultati;
- i risultati del rilievo restituiti in forma cartografica ed alfanumerica, in forma cartacea e su supporto informatico.

Le versioni digitali degli elaborati dovranno essere georiferite nel sistema UTM WGS84 fuso 32 N

I dati dovranno essere forniti in un file formato ASCII come valori separati da virgola riportanti, nell'ordine: ascissa, ordinata e quota slmm del fondale.

La risoluzione minima richiesta è di un punto quotato per celle di 0,5 X 0,5 m.

Una carta formato raster georeferenziato con risoluzione minima pari a 2 X 2 m.

Il fondale sarà totalmente investigato mediante rotte descritte dall'affidatario e delle quali dovranno essere indicate le specifiche (distanza minima strumento-fondo ecc.).

Il sistema di riferimento richiesto per tutti i file georeferenziati è l'UTM WGS84 fuso 32 N.

Il rilievo dovrà essere eseguito con l'appoggio di stazioni di riferimento topografico collegate alla rete geodetica nazionale a cura dell'esecutore. La metodologia utilizzata per l'acquisizione e materializzazione di eventuali vertici integrativi della rete di raffittimento dovrà essere descritta nel dettaglio da parte dell'Affidatario.

Il rilievo batimetrico dovrà essere effettuato ovunque possibile, compatibilmente con la profondità del fondale e con la presenza di manufatti emersi e/o sommersi, mediante sistema singl-beam o multi-beam. Nella restanti aree potranno essere utilizzati un sistema di acquisizione di tipo topografico, garantendo comunque la copertura di tutta l'area oggetto di indagine.

## 9.0 SOVRAPPOSIZIONI DELLE MAPPE CATASTALI

La cartografia Catastale è estesa a tutto il territorio nazionale e realizzata per circa l'80% alla scala 1:2.000. Essa rappresenta il tematismo della proprietà ed è dunque uno strumento imprescindibile per la gestione delle attività di progettazione delle nuove opere.

Sebbene non aggiornate, le mappe di impianto, conservate c/o le sedi provinciali dell'Agenzia delle Entrate, rappresentano la base metrica "più precisa" a disposizione.

Per facilitare l'integrazione del DB catastale con altri DB topografici e ortofoto a grande scala, si rende necessaria la condivisione dello stesso sistema di riferimento trasformando le mappe catastali verso il nuovo sistema cartografico UTM WGS84, nella realizzazione ETRF2000, definita dalla Rete Dinamica Nazionale (RDN).

Per la trasformazione delle mappe catastali nel sistema UTM, adottato per le progettazioni, dovranno essere effettuate trasformazioni "globali" tramite l'utilizzo del sistema dei "punti doppi", secondo la seguente procedura:

- Individuazione dei fogli di mappa attraversati dal tracciato di progetto;
- Acquisizione c/o l'Agenzia delle Entrate (Ex Agenzia del Territorio) dei file vettoriali relativi ai fogli catastali interessati dal tracciato di progetto;
- Visualizzazione diretta c/o l'Agenzia del Territorio dei fogli di mappa di impianto;
- Individuazione dei fabbricati di impianto presenti sulle mappe catastali;
- Individuazione sulle ortofoto dei fabbricati di impianto ancora esistenti sui luoghi;
- Lettura diretta, sui fogli di mappa di impianto, delle coordinate di tutti gli elementi rilevabili sui luoghi (spigoli di fabbricati, spigoli di elementi in muratura .....);
- Rilievo in campo di tutti gli elementi di impianto individuati e di cui sono state fornite le coordinate, tale operazione potrà essere effettuata anche per fogli contigui;
- Trasformazione delle coordinate di rilievo in rettilinee;
- Georeferenzazione in Cassini Soldner dei fogli di mappa vettoriali;
- Rototraslazione delle coordinate catastali (lettura su fogli di impianto) in rettilinee e valutazione degli scarti;
- Applicazione dei parametri di cui al punto 9 ai fogli vettoriali;
- Sovrapposizione dei fogli catastali vettoriali al progetto.

## 10.0 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI

In questo capitolo verranno prese in esame le specifiche di consegna degli elaborati, in particolare in relazione alla cartografia numerica e grafica.

La cartografia numerica e grafica dovrà fornire il supporto alla progettazione e quindi verrà costruita in modo tale da poter essere utilizzata per l'estrazione, con procedimenti automatici, di profili e sezioni del terreno tra due punti qualsiasi della carta, per la realizzazione del modello digitale del terreno (DTM) e per una eventuale trasformazione in banca dati.

La cartografia dovrà contenere tutti gli elementi naturali ed artificiali utili per la descrizione del terreno.

Ogni punto della cartografia sarà geometricamente individuato dalle tre coordinate analitiche ricavate direttamente dal modello stereoscopico ricostruito al restitutore con sistema di acquisizione e registrazione automatica dei dati. Dovrà inoltre essere garantita la congruenza geometrica all'interno dei singoli "modelli" stereoscopici e fra gli elementi che appartengono a diversi "modelli".

Le linee degli elementi del terreno saranno composte da un numero di punti tale che siano rispettati i valori delle tolleranze planoaltimetriche. In particolare per le curve di livello si dovrà limitare l'angolo di vettore ad un valore non superiore a 10 gradi.

Gli elementi che costituiscono i fabbricati dovranno essere geometricamente e numericamente congruenti e ogni superficie chiusa verrà effettivamente individuata da un perimetro chiuso.

I fabbricati e le strutture in elevazione dovranno essere descritti tramite le linee di base e quelle di sommità. Nel caso di fabbricati o muri verticali, onde evitare che punti di stesse coordinate planimetriche abbiano quote diverse, si prescrive uno scostamento planimetrico interno del perimetro della sommità rispetto alla base pari a 1 cm.

Agli elementi per i quali non sia possibile od opportuno il disegno reale si assocerà una rappresentazione schematica applicata ad un singolo punto baricentrico.

Tutti gli spostamenti effettuati rispetto ai punti originariamente acquisiti in sede di restituzione dovranno essere tali da non superare i valori di precisione intrinseca del rilievo.

## 10.1 File Dati

I file della restituzione numerica devono essere consegnati nei seguenti formati:

- formato ASCII
- formato DWG

La nomenclatura dei file seguirà la seguente convenzione:

- lunghezza Nome: 8 caratteri
- lunghezza Estensione: 3 caratteri

I file su ciascun supporto ottico dovranno essere organizzati secondo le seguenti directory:

ID\_PROG

REV<sub>xy</sub>

DWG	RASTER	TXT	DTM	DOC
-----	--------	-----	-----	-----

Dove:

- ID\_PROG è un codice alfanumerico identificativo del progetto per il quale la cartografia è stata richiesta (lunghezza massima 8 caratteri)
- REVxy è l'identificativo della revisione del progetto per il quale la cartografia è stata richiesta (xy è un codice numerico costituito di 2 interi)
- "DWG" è la directory contenente i file grafici in formato binario "DWG" (rif. par. 5.1.1)
- "RASTER" è la directory contenente i file grafici in formato binario di tipo "Raster"
- "TXT" è la directory contenente la cartografia numerica in formato "ASCII" (rif. par. 5.1.2)
- "DTM" è la directory contenente i dati di cartografia numerica, in formato "ASCII", utili alla generazione del modello DTM (rif. par. 5.1.2)
- "DOC" è la directory contenente la documentazione

L'estensione dei file seguirà la convenzione seguente:

Estensione	Directory	Descrizione Tipologia File
DWG	DWG	File contenenti la cartografia 3D completa di vestizione, ovvero i Blocchi AutoCad
BMP	RASTER	File contenenti immagini "Raster"
WMF	RASTER	File contenenti immagini "Raster"
TIF	RASTER	File contenenti immagini "Raster"
TXT	TXT, DTM	File contenenti la cartografia numerica in formato ASCII
DOC	DOC	File contenenti Documenti e Relazioni
DAT	DOC	File contenenti Documentazione in formato ASCII
XLS	DOC	File contenenti Documenti e Relazioni (calcoli)
LIN	DWG	File contenenti i "Tipi Linea" Autocad

### 10.1.1 File "DWG"

I nomi dei file in formato "DWG" e i nomi dei livelli in essi contenuti seguiranno la convenzione prevista.

In particolare, i nomi dei file con estensione "DWG" contengono l'informazione della IdClasseGen. , del numero di foglio e della scala.

Ciascun file conterrà esclusivamente le informazioni relative a ciascuna classe generale IdClasseGen per ciascun foglio cartografico.

Le impostazioni generali dei file in formato "DWG" saranno le seguenti:

- origine: 0,0,0
- sistema angolare: centesimale

- orientamento: 0 ⇒ Nord
- lettura angolare: destrorsa
- valori angolari: 5 decimali
- valori lineari: 3 decimali
- LTSCALE: 1
- PLINEGEN: 1
- PDMODE: 0
- PDSIZE: 0
- Stile di testo: Romans
- Altezza testo: 0
- Fatt. di larghezza testo: 1
- Angolo obliquo testo: 0

Tutte le entità lineari dovranno essere memorizzate sotto forma di polilinee.

L'Appaltatore dovrà memorizzare e consegnare la simbologia prevista per le classi descritte creando un file ".DWG" per ciascun "blocco" ed il file ".LIN" contenente esclusivamente le informazioni dei "tipi linea" previsti; il formato di riferimento per tali file è "AutoCad R12"

### 10.1.2 File "TXT"

I nomi dei file con estensione "TXT" contengono l'informazione della IdClasseGen, del numero di foglio e della scala, salvo il caso particolare di rilievo per sezioni, descritto al termine del corrente paragrafo.

Ciascun file conterrà esclusivamente le informazioni relative a ciascuna classe generale IdClasseGen per ciascun foglio cartografico.

#### 10.1.2.1 Rilievo "tradizionale"

La struttura dei file dovrà essere la seguente:

a. 1° Record del file:

Il primo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri "\*D," seguita dalla descrizione del contenuto del file medesimo, che conterrà il nome della classe generale IdClasseGen,.

b. 2° Record del file:

Il secondo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “\*I,” seguita dalla stringa “,” e dalla quota z dell’elemento (se trattasi di curva di livello), seguita dalla IdClasse e dalla stringa “,” seguita da uno dei seguenti codici:

Codice	Tipo entità
L	Entità lineare 3D
P	Entità puntuale 3D
T	Testo/toponimi
C	Curva di livello

c. 3° Record del file e successivi (informazioni puntuali)

Il terzo e i successivi record del file conterranno le informazioni Est, Nord, ... dei punti appartenenti alla medesima IdClasse, ed avranno il seguente formato:

Caso 1: Entità lineare 3D

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- “F12.3, F12.3, F9.3”

dove:

- F individua un numero reale
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell’eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- il terzo elemento è la coordinata “z” (quota assoluta)
- l’unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

Caso 2: Curva di livello

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- “F12.3, F12.3”

dove:

- F individua un numero reale
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell’eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord

- l'unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

#### Caso 3: Entità puntuale 3D

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- “F12.3, F12.3, F9.3”

dove:

- F individua un numero reale
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- il terzo elemento è la coordinata “z” (quota assoluta)
- l'unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

L'inizio e la fine dell'elemento individuato dalle stringhe “\*I,,ldClasse, P” e “\*F” racchiude un insieme di punti che definisce una poligonale, che nel caso di rilievo a terra, non deve presentare intersezioni con le altre entità che saranno utilizzate per la costruzione del modello numerico del terreno (DTM). Nel caso di rilievo aerofotogrammetrico il numero di punti contenuti all'interno di ciascun elemento delimitato dalle stringhe “\*I,,ldClasse, P” e “\*F” non dovrà essere maggiore di 200.

#### Caso 4: Entità di tipo toponimi

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- “F12.3, F12.3, F7.3, F18.7, \n, A44”

dove:

- F individua un numero reale
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- \n individua la combinazione “Carriage Return” e “Line Feed”
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- A44 individua un campo alfanumerico di 44 colonne
- il primo elemento è la coordinata Est del punto in basso a sinistra del teorico rettangolo che racchiude l'area occupata dal testo

- il secondo elemento è la coordinata Nord del punto in basso a sinistra del teorico rettangolo che racchiude l'area occupata dal testo
- il terzo elemento è l'altezza del carattere, espressa in cm
- il quarto elemento è l'azimuth del testo
- il quinto elemento è l'informazione descrittiva contenuta nel testo
- l'unità di misura utilizzata per le coordinate E,N è il metro
- l'unità di misura utilizzata per la altezza testo è il centimetro
- l'unità di misura utilizzata per l'azimuth è il grado centesimale
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

Il singolo elemento “toponimo” è delimitato dalle stringhe “\*I,,IdClasse, T” e “\*F” e conterrà un numero di punti non superiore a 200.

d. Record di determinazione “Fine elemento”

Tale record sarà individuato dalla stringa di caratteri “\*F”

e. Record di inizio successivo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (b).

f. Record delle informazioni puntuali relative al medesimo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (c).

#### 10.1.2.2 Rilievo per Sezioni Trasversali

La struttura dei file dovrà essere in accordo ad uno dei due seguenti metodi, la cui adozione va concordata con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

Metodo 1:

a. 1° Record del file:

Il primo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “\*D,” seguita dalla descrizione del contenuto del file medesimo, che conterrà un testo che individui l'elemento di riferimento adottato per le sezioni.

b. 2° Record del file:

Il secondo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “\*I,X,” seguita dalle informazioni seguenti (scritte nell'ordine seguente) :

- numero progressivo della sezione
- Progressiva della Sezione
- coordinata Est del punto di Stazione
- coordinata Nord del punto di Stazione

- quota del punto di Stazione
- azimuth del punto di stazione
- numero di punti rilevati nella singola sezione

Ciascuna delle informazioni succitate saranno separate dal separatore di campo “,”.

L’informazione “Progressiva della sezione” può essere omessa, se concordato con la Direzione per l’Esecuzione del Contratto: in tal caso tale informazione assume il valore “”.

Il formato di tai campi è:

- “A2”, “A1”, “I1”, “F12.3”, “F12.3”, “F12.3”, “F12.3”, “F8.3”, “F32.7”, “I3”

dove:

- F individua un numero reale
- I individua un numero intero
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell’eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- non è prevista alcuna giustificazione dei campi, che sono individuati esclusivamente dal separatore di elenco “,”
- A2 individua un campo alfanumerico di 2 colonne
- l’unità di misura utilizzata per le coordinate E,N,quota è il metro
- l’unità di misura utilizzata per l’azimuth è il grado centesimale
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

c. 3° Record del file e successivi (informazioni puntuali)

Il terzo e i successivi record del file conterranno le informazioni scostamento (negativo se a sinistra, positivo se a destra dell’asse nel verso delle progressive crescenti) dei punti appartenenti alla medesima sezione trasversale, ed avranno il seguente formato (tutte le informazioni sono giustificate :a destra)

Tipo Informazione	Colonne
Scostamento punto no.1	11-18
Quota punto no.1	19-26
Scostamento punto no.2	27-34
Quota punto no.2	35-42
Scostamento punto no.3	43-50
Quota punto no.3	51-58

Scostamento punto no.4	59-66
Quota punto no.4	67-74
Scostamento punto no.5	11-18
Quota punto no.5	19-26
Scostamento punto no.6	27-34
Quota punto no.6	35-42
.....	....-.....
.....	....-.....

Il numero di righe per ciascuna sezione sarà tale da contenere le informazioni di tutti i punti costituenti la sezione medesima, con la condizione che il numero massimo di colonne utilizzate è 74.

Nota:

- l'unità di misura utilizzata per lo scostamento e la quota è il metro
- ciascuna informazione numerica prevede 3 decimali
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

d. Ultimo Record del file

Tale record sarà individuato dalla stringa di caratteri “\*F”

Metodo 2:

a. 1° Record del file:

Il primo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “\*D,” seguita dalla descrizione del contenuto del file medesimo, che conterrà un testo che individui l'elemento di riferimento adottato per le sezioni.

b. 2° Record del file:

Il secondo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “\*I,X

c. 3° Record del file e successivi (informazioni puntuali)

Il terzo e i successivi record del file conterranno le informazioni Est, Nord, ... di tutti i punti appartenenti alla medesima Sezione trasversale, ed avranno il seguente formato:

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- “F12.3, F12.3, F9.3”

dove:

- F individua un numero reale
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra

- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- il terzo elemento è la coordinata “z” (quota assoluta)
- l’unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

d. Record di determinazione “Fine elemento”

Tale record sarà individuato dalla stringa di caratteri “\*F”

e. Record di inizio successivo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (b).

**g.** Record delle informazioni puntuali relative al medesimo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (c).

### 10.1.2.3 File "DAT"

La directory DOCU includerà il file GLIST.DAT dove sarà descritto il contenuto del CD ROM sotto forma di elenco dei nomi dei file comprensivi del loro "path"; contenente le associazioni "Nome del File - Contenuto del File", nonché i file IDDWG.DAT, IDASC.DAT, IDRASTER.DAT che conterranno le associazioni "IdClasse-Foglio di Riferimento-File di Riferimento".

Ciascun file avrà un formato fisso, che prevede in insieme di campi separati dal carattere "|".

- Il file GLIST.DAT, riporta la lista dei nomi dei file comprensivi del loro path contenuti nel CD ROM.  
Il primo record è un record di intestazione. Ciascun record successivo conterrà un campo con il nome del file.

Il formato è il seguente:

campo n° 1:            Ampiezza (n° colonne)

nome del file comprensivo del "path"60

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

nome del file|

GRA/REV01/TXT/F01OROG0.TXT|

.....|

.....|

GRA/REV01/TXT/F01VIAP0.TXT|

- Il file IDDWG.DAT riporta la lista delle classi cartografiche, ed il riferimento al numero di foglio e al nome del file in formato DWG che ne contiene le entità relative, comprensivo del path

Il formato è il seguente:

(Il primo record è un record di intestazione)

No.Campo	Descrizione Contenuto	Ampiezza (n° colonne)
1	IdClasse	9
2	Numero del Foglio	11
3	nome del file comprensivo del "path"	66

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

Il contenuto del campo n.1 è elencato in ordine alfabetico.

i.e.:

```

IdClasse|No.Foglio|   nome del file|
OR025D|          1|   GRA/Rev01/DWG/F01OROG0.DWG|
...|          ..|   .....|
OR025D|          2|   GRA/Rev01/DWG/F02VIAP00.DWG|

```

- Il file IDTXT.DAT riporta la lista delle classi cartografiche, ed il riferimento al numero del foglio e al nome del file in formato ASCII che ne contiene le entità relative, comprensivo del path.

Il formato è il seguente:

(Il primo record è un record di intestazione)

Il contenuto del campo n.1 è elencato in ordine alfabetico.

No.Campo	Descrizione Contenuto	Ampiezza (n° colonne)
1	IdClasseGen	9
2	Numero del Foglio	11
3	Nome del file comprensivo del "path"	66

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

```

IdClasse|      No.Foglio|      nome del file|
OR025D|          1|   GRA/Rev01/TXT/F01OROG0.TXT|
...|          ..|   .....|
OR025D|          2|   GRA/Rev01/TXT/F02VIAP0.TXT|

```

- Il file IDRASTER.DAT riporta la lista delle classi cartografiche, ed il riferimento al numero del foglio e al nome del file in formato ASCII che ne contiene le entità relative, comprensivo del path.

Il formato è il seguente:

(Il primo record è un record di intestazione)

Il contenuto del campo n.1 è elencato in ordine alfabetico.

No.Campo	Descrizione Contenuto	Ampiezza (n° colonne)
1	Numero del Foglio	11

2	nome del file comprensivo del "path"	66
---	--------------------------------------	----

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

No.Foglio	nome del file
1	GRA/Rev01/RASTER/AURE01NG.BMP
..	.....
3	GRA/Rev01/RASTER/AURE03NG.BMP

## 10.2 Prescrizioni Tecniche per la Codifica della Cartografia Numerica

La cartografia numerica dovrà essere fornita sia su supporto cartaceo che su supporto magnetico.

Il formato dei file di disegno cartografico sarà "DWG" 3D nel quale saranno contenute le entità cartografiche elencate nei paragrafi seguenti in funzione delle scale di rappresentazione.

Sempre in base alle scale di rappresentazione ogni elemento cartografico sarà codificato secondo le convenzioni indicate nei successivi paragrafi.

L'elenco delle entità cartografiche è indicativo e non limitativo. Qualora nella cartografia siano contenuti elementi non definiti nei paragrafi seguenti la loro codifica sarà concordata con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

La convenzione sui nomi dei file ".DWG" e ".TXT" contenenti le entità cartografiche 3D è la seguente:

FxyldClasseGen.DWG

FxyldClasseGen.TXT

Dove: xy individua un numero intero (2 cifre) identificativo del foglio cartografico a cui il file si riferisce.

Viene fissato un limite superiore alla dimensione di tali file pari a 1 Mb.

Qualora una determinata IdClasseGen per un particolare foglio contenga un numero di entità tali da superare tale limite, occorrerà suddividere le informazioni in più file, sostituendo l'ultimo carattere della IdClasseGen con un numero progressivo x = "1,2,3,....", con l'ulteriore condizione che le informazioni relative a ciascuna IdClasse siano contenute solamente in uno di questi file e non siano suddivise in file diversi, per un medesimo foglio cartografico.

La convenzione sui nomi dei file ".DWG" relativi ai blocchi (simbologia) è la seguente:

- FxyldClasse.DWG
- LTScala.LIN

Dove: xy individua un numero intero (2 cifre) identificativo del foglio cartografico a cui il file si riferisce, IdClasse è la codifica prevista e Scala è un numero intero che concide con il denominatore della scala ("10000", "5000", ...).

La nomenclatura dei file ".DWG" contenenti i dati del rilievo per sezioni trasversali seguirà la seguente convenzione:

Xnin-nfin.DWG

Dove:

nin è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla prima sezione contenuta nel file ".DWG"

nfn è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla ultima sezione contenuta nel file ".DWG"

I nomi dei "layer" contenuti in tali file devono essere univocamente determinati e documentati dall'Appaltatore.

La nomenclatura dei file ".TXT" contenenti i dati del rilievo per sezioni trasversali seguirà la seguente convenzione:

Xnin-nfin.TXT

Dove:

nin è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla prima sezione contenuta nel file ".TXT"

nfn è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla ultima sezione contenuta nel file ".TXT"

Per le sezioni trasversali l'identificativo IdClasseGen è "SEZIONIX".

### 10.2.1 Classi Cartografiche per la scala 1:10000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:10000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE

VIABILITA' SECONDARIA

FERROVIE

CONFINI AMMINISTRATIVI

TOPOGRAFIA

OROGRAFIA

IDROGRAFIA

FABBRICATI

OPERE PARTICOLARI

MURI

CONDOTTE

VEGETAZIONE

RECINZIONI

TOPONOMASTICA

DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:10000)

IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010d
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015d
autostrada in galleria	autostrade_g	polilinea	vi020d
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025d
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030d
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035d
casello autostradale	autostrade_caselli	punto/blocco	vi040d
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045d
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050d
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055d
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060d
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065d
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070d

VIABILITA' SECONDARIA (1:10000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075d
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080d
sentiero	sentieri	polilinea	vi085d
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090d
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095d
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100d
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110d

FERROVIE (1:10000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010d
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020d
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030d
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040d
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050d
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060d
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070d
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080d

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:10000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010d
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020d

limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025d
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030d
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040d
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050d
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060d

TOPOGRAFIA (1:10000)

IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010d
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020d
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030d
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040d
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050d
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060d

OROGRAFIA (1:10000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010d
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015d
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020d
curva di livello direttrice (50 m)	curve_dir_50	polilinea	or025d
curva di livello ordinaria (10 m)	curve_ord_10	polilinea	or030d
curva di livello ausiliaria (5 m)	punto_aus_5	polilinea	or035d

IDROGRAFIA (1:10000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010d
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015d
fosso	fossi	polilinea	id020d
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025d
canale	canali	polilinea	id030d
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035d
canale sotterraneo	canali_g	polilinea	id040d

diga in terra	dighe_t	polilinea	id045d
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050d
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	punto/blocco	id055d
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	punto/blocco	id060d
palude	paludi	polilinea	id065d
costa mare	coste_mare	polilinea	id070d
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075d
FABBRICATI (1:10000)			
IdClasseGen = fabb0			

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010d
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015d
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020d
rudere	ruderi	polilinea	fa025d
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030d
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035d
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040d
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045d
chiesa	chiese	polilinea	fa050d
campanile	campanili	polilinea	fa055d
torre	torri	polilinea	fa060d
serra	serre	polilinea	fa065d
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070d
silos	silos	polilinea	fa075d
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080d
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085d
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090d
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095d
baracca	baracche	polilinea	fa100d

#### OPERE PARTICOLARI (1:10000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010d
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015d
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020d
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025d
stazione di servizio	stazioni_servizio	blocco	op030d
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035d
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040d
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	blocco	op045d
traliccio	tralicci	punto/blocco	op050d
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055d
serbatoio	serbatoi	blocco	op060d
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065d

## MURI (1:10000)

IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010d
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020d
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030d
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040d

## CONDOTTE (1:10000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010d
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015d
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020d
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025d
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030d
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035d
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040d
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045d
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050d
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055d
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060d
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065d

## VEGETAZIONE (1:10000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010d

coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020d
frutteto	frutteti	polilinea	ve030d
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040d
oliveto	oliveti	polilinea	ve050d
vigneto	vigneti	polilinea	ve060d
risaia	risaie	polilinea	ve070d
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080d
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090d

#### RECINZIONI (1:10000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010d
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020d
cancello	cancelli	polilinea	re030d
siepe	siepi	polilinea	re040d

#### TOPONOMASTICA (1:10000)

IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010d
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020d
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030d
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040d
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050d
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060d
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070d
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080d
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090d
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100d
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110d

DTM (1:10000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010d
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015d
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025d
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030d
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045d
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050d
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060d
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065d
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070d
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075d
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080d
sentiero	sentieri	polilinea	vi085d
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090d
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095d
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100d
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110d
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010d
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030d
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040d
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050d
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060d
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070d
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010d
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020d
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030d
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040d
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050d
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060d
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010d
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015d

scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020d
curva di livello direttrice (50 m)	curve_dir_50	polilinea	or025d
curva di livello ordinaria (10 m)	curve_ord_10	polilinea	or030d
curva di livello ausiliaria (5 m)	punto_aus_5	polilinea	or035d
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010d
canale	canali	polilinea	id030d
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035d
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045d
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050d
palude	paludi	polilinea	id065d
costa mare	coste_mare	polilinea	id070d
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075d
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010d
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015d
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020d
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025d
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035d
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040d

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se  $n$  è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a  $n+1$ ).

### 10.2.2 Classi Cartografiche per la scala 1:5000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:5000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE

VIABILITA' SECONDARIA

FERROVIE

CONFINI AMMINISTRATIVI

TOPOGRAFIA

OROGRAFIA

IDROGRAFIA

FABBRICATI

OPERE PARTICOLARI

MURI

CONDOTTE

VEGETAZIONE

RECINZIONI

TOPONOMASTICA

DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:5000)

IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010e
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015e
autostrada in galleria	autostrade_g	polilinea	vi020e
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025e
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030e
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035e
casello autostradale	autostrade_caselli	punto/blocco	vi040e
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045e
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050e
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055e
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060e
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065e
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070e

## VIABILITA' SECONDARIA (1:5000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075e
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080e
sentiero	sentieri	polilinea	vi085e
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090e
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095e
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100e
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110e

## FERROVIE (1:5000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010e
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020e
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030e
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040e
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050e
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060e
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070e
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080e

## CONFINI AMMINISTRATIVI (1:5000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010e
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020e
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025e

limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030e
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040e
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050e
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060e

#### TOPOGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010e
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020e
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030e
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040e
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050e
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060e

#### OROGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010e
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015e
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020e
curva di livello direttrice (25 m)	curve_dir_25	polilinea	or025e
curva di livello ordinaria (5 m)	curve_ord_10	polilinea	or030e
curva di livello ausiliaria (2,5 m)	punto_aus_2	polilinea	or035e

#### IDROGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010e
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015e
fosso	fossi	polilinea	id020e
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025e
canale	canali	polilinea	id030e
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035e
canale sotterraneo	canali_g	polilinea	id040e
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045e
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050e
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	punto/blocco	id055e
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	punto/blocco	id060e
palude	paludi	polilinea	id065e
costa mare	coste_mare	polilinea	id070e
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075e

#### FABBRICATI (1:5000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010e
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015e
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020e
rudere	ruderi	polilinea	fa025e
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030e
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035e
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040e
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045e
chiesa	chiese	polilinea	fa050e
campanile	campanili	polilinea	fa055e
torre	torri	polilinea	fa060e
serra	serre	polilinea	fa065e
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070e
silos	silos	polilinea	fa075e
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080e

divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085e
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090e
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095e
baracca	baracche	polilinea	fa100e

#### OPERE PARTICOLARI (1:5000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010e
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015e
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020e
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025e
stazione di servizio	stazioni_servizio	blocco	op030e
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035e
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040e
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	blocco	op045e
traliccio	tralicci	punto/blocco	op050e
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055e
serbatoio	serbatoi	blocco	op060e
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065e

#### MURI (1:5000)

IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010e
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020e
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030e
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040e

#### CONDOTTE (1:5000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010e
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015e
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020e
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025e
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030e
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035e
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040e
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045e
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050e
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055e
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060e
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065e

#### VEGETAZIONE (1:5000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010e
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020e
frutteto	frutteti	polilinea	ve030e
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040e
oliveto	oliveti	polilinea	ve050e
vigneto	vigneti	polilinea	ve060e
risaia	risaie	polilinea	ve070e
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080e
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090e

#### RECINZIONI (1:5000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010e
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020e
cancello	cancelli	polilinea	re030e
siepe	siepi	polilinea	re040e

#### TOPONOMASTICA (1:5000)

IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010e
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020e
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030e
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040e
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050e
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060e
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070e
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080e
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090e
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100e
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110e

#### DTM (1:5000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010e
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015e
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025e
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030e
casello autostradale	autostrade_caselli	punto/blocco	vi040e
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045e

strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050e
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060e
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065e
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070e
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075e
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080e
sentiero	sentieri	polilinea	vi085e
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090e
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095e
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100e
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110e
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010e
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030e
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040e
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060e
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070e
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010e
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020e
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030e
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040e
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050e
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060e
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010e
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015e
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020e
curva di livello direttrice (25 m)	curve_dir_25	polilinea	or025e
curva di livello ordinaria (5 m)	curve_ord_10	polilinea	or030e
curva di livello ausiliaria (2,5 m)	punto_aus_2	polilinea	or035e
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010e
fosso	fossi	polilinea	id020e
canale	canali	polilinea	id030e
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035e
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045e
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050e
palude	paludi	polilinea	id065e
costa mare	coste_mare	polilinea	id070e

costa lago	coste_laghi	polilinea	id075e
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010e
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015e
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020e
rudere	ruderi	polilinea	fa025e
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035e
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040e
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045e
serra	serre	polilinea	fa065e
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070e
silos	silos	polilinea	fa075e
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090e
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095e
baracca	baracche	polilinea	fa100e
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010e
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015e
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020e
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025e
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035e
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040e
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010e
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020e
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030e
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040e

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).

### 10.2.3 Classi Cartografiche per la scala 1:2000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:2000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE

VIABILITA' SECONDARIA

FERROVIE

CONFINI AMMINISTRATIVI

TOPOGRAFIA

OROGRAFIA  
IDROGRAFIA  
FABBRICATI  
OPERE PARTICOLARI  
MURI  
CONDOTTE  
VEGETAZIONE  
RECINZIONI  
TOPONOMASTICA  
DTM

#### VIABILITA' PRINCIPALE (1:2000)

IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010f
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015f
autostrada in galleria	autostrade_g	polilinea	vi020f
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030f
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035f
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055f
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060f
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070f

#### VIABILITA' SECONDARIA (1:2000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f

#### FERROVIE (1:2000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020f
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050f
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080f
banchina	banchine	polilinea	fs085f

#### CONFINI AMMINISTRATIVI (1:2000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010f
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020f
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025f
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030f
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040f
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050f
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060f

#### TOPOGRAFIA (1:2000)

IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f

punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f
-------------------------------	----------------	--------------	--------

#### OROGRAFIA (1:2000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f

#### IDROGRAFIA (1:2000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010f
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015f
fosso	fossi	polilinea	id020f
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025f
canale	canali	polilinea	id030f
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
canale sotterraneo	canali_g	polilinea	id040f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055f
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060f
palude	paludi	polilinea	id065f
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f

#### FABBRICATI (1:2000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
rudere	ruderi	polilinea	fa025f
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030f
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
chiesa	chiese	polilinea	fa050f
campanile	campanili	polilinea	fa055f
torre	torri	polilinea	fa060f
serra	serre	polilinea	fa065f
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f
silos	silos	polilinea	fa075f
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080f
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085f
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f
baracca	baracche	polilinea	fa100f

#### OPERE PARTICOLARI (1:2000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f

stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045f
traliccio	tralicci	polilinea	op050f
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055f
serbatoio	serbatoi	polilinea	op060f
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065f

#### MURI (1:2000)

IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f

#### CONDOTTE (1:2000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010f
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015f
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020f
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025f
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030f
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035f
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040f
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045f
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050f
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055f
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060f
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065f

## VEGETAZIONE (1:2000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010f
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020f
frutteto	frutteti	polilinea	ve030f
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040f
oliveto	oliveti	polilinea	ve050f
vigneto	vigneti	polilinea	ve060f
risaia	risaie	polilinea	ve070f
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080f
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090f

## RECINZIONI (1:2000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010f
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020f
cancello	cancelli	polilinea	re030f
siepe	siepi	polilinea	re040f

## TOPONOMASTICA (1:2000)

IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010f
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020f
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030f
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040f
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050f

idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060f
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070f
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080f
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090f
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100f
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110f

DTM (1:2000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010f
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015f
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030f
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060f
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070f
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020f
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f

stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080f
banchina	banchine	polilinea	fs085f
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010f
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015f
fosso	fossi	polilinea	id020f
canale	canali	polilinea	id030f
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055f
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060f
palude	paludi	polilinea	id065f
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
rudere	ruderi	polilinea	fa025f
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
serra	serre	polilinea	fa065f
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f
silos	silos	polilinea	fa075f

ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080f
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f
baracca	baracche	polilinea	fa100f
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045f
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065f
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).

#### 10.2.4 Classi Cartografiche per la scala 1:1000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:1000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE  
VIABILITA' SECONDARIA  
FERROVIE  
CONFINI AMMINISTRATIVI  
TOPOGRAFIA  
OROGRAFIA  
IDROGRAFIA  
FABBRICATI  
OPERE PARTICOLARI  
MURI  
CONDOTTE  
VEGETAZIONE  
RECINZIONI

TOPONOMASTICA

DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:1000)

IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010g
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015g
autostrada in galleria	autostrade_g	polilinea	vi020g
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025g
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030g
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035g
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040g
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045g
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050g
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055g
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060g
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065g
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070g

VIABILITA' SECONDARIA (1:1000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075g
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080g
sentiero	sentieri	polilinea	vi085g
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090g
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095g
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100g
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110g
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115g

FERROVIE (1:1000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010g
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020g
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030g
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040g
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050g
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060g
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070g
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080g
banchina	banchine	polilinea	fs085g

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:1000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010g
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020g
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025g
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030g
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040g
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050g
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060g

TOPOGRAFIA (1:1000)

IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010g
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020g
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030g
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040g
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050g
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060g

#### OROGRAFIA (1:1000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/blocco	or010g
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015g
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020g
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025g
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030g
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035g

#### IDROGRAFIA (1:1000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010g
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015g
fosso	fossi	polilinea	id020g
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025g
canale	canali	polilinea	id030g
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035g
canale sotterraneo	canali_g	polilinea	id040g
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045g
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050g
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055g
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060g

palude	paludi	polilinea	id065g
costa mare	coste_mare	polilinea	id070g
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075g

#### FABBRICATI (1:1000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010g
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015g
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020g
rudere	ruderi	polilinea	fa025g
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030g
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035g
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040g
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045g
chiesa	chiese	polilinea	fa050g
campanile	campanili	polilinea	fa055g
torre	torri	polilinea	fa060g
serra	serre	polilinea	fa065g
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070g
silos	silos	polilinea	fa075g
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080g
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085g
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090g
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095g
baracca	baracche	polilinea	fa100g

#### OPERE PARTICOLARI (1:1000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010g

aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015g
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020g
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025g
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030g
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035g
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040g
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045g
traliccio	tralicci	polilinea	op050g
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055g
serbatoio	serbatoi	polilinea	op060g
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065g

#### MURI (1:1000)

IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010g
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020g
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030g
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040g

#### CONDOTTE (1:1000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010g
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015g
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020g
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025g
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030g
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035g
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040g
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045g

acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050g
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055g
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060g
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065g

## VEGETAZIONE (1:1000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010g
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020g
frutteto	frutteti	polilinea	ve030g
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040g
oliveto	oliveti	polilinea	ve050g
vigneto	vigneti	polilinea	ve060g
risaia	risaie	polilinea	ve070g
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080g
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090g

## RECINZIONI (1:1000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010g
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020g
cancello	cancelli	polilinea	re030g
siepe	siepi	polilinea	re040g

## TOPONOMASTICA (1:1000)

IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010g
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020g
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030g
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040g
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050g
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060g
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070g
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080g
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090g
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100g
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110g

DTM (1:1000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010f
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015f
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030f
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060f
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070f
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f

sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f
banchina	banchine	polilinea	fs085f
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010f
fosso	fossi	polilinea	id020f
canale	canali	polilinea	id030f
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
palude	paludi	polilinea	id065f
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
serra	serre	polilinea	fa065f

cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f
silos	silos	polilinea	fa075f
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045f
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).

### 10.3 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLA CARTOGRAFIA NUMERICA

Le entità cartografiche classificate in base a quanto descritto nei paragrafi precedenti dovranno essere rappresentate con le modalità grafiche sotto definite.

Comunque la Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di fornire all'Appaltatore le librerie aggiornate delle linee e dei simboli in fase di consegna dei lavori.

#### VIABILITA' PRINCIPALE

Autostrada

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello



rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

Sentiero (si rileva e si rappresenta il solo asse)

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello



## FERROVIE

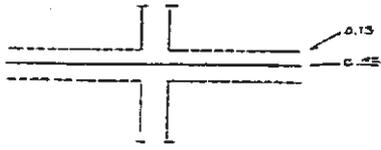
Linea ferroviaria a doppio binario (rilevare planimetricamente la rotaia di sinistra; il rilievo altimetrico, nei tratti in curva, dovrà essere riferito alla rotaia interna alla curva e associato all'asse)

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello



Limite banchina

rappresentazione grafica

spessori (mm)

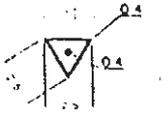
tipo

livello



0,20

vertici\_polig



127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Caposaldo di livellazione IGMI (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,20

capisaldi\_igm



127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Caposaldo di livellazione ANAS (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,20

punto\_foto\_app



127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

### OROGRAFIA

Punto quotato da restituzione (quota rappresentata con 2 cifre decimali)

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello



0,20

punto\_quotato

127.59

(altezza carattere = 2 mm, font ROMANS)

Scarpata ciglio rappresentabile

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello



0,25

scarpata\_ciglio

Scarpata piede rappresentabile

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello



Canale (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m; va rappresentata simbolicamente la direzione della corrente)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,20	canali	
	0,20	sopraelevato	canali_sp



0,25

paludi

Costa

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,25

mare

coste\_mare

0,25

lago

coste\_laghi

## FABBRICATI

(La rappresentazione grafica delle entità di tipo "piede" è prevista solo per le scale 1:1000, 1:500, 1:200)

### Edificio civile

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,25		edifici_civ

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

## Ciminiera

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,25

ciminiera



## Divisione tetti edifici

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,20

aeroporti\_lim

Eliporto (limite)

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,20

eliporti\_lim



Porto (limite)

rappresentazione grafica

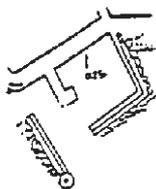
spessori (mm)

tipo

livello

0,20

porti\_lim



Stazione di servizio (limite)

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,25

stazioni\_servizio



Campeggio (limite)

rappresentazione grafica

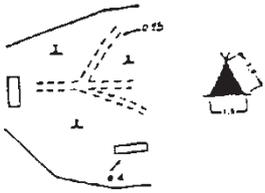
spessori (mm)

tipo

livello

0,20

campeggi\_lim



Impianto sportivo (limite)  
rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,20

impianti\_sport\_lim

Stazione, sottostazione elettrica  
rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,25

stazione\_el



Muro (piede)

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

Elettrodotto

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,20

sotterraneo

elettrodotti\_st

### Agrumeto

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,15

agrumeti



### Oliveto

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,15

oliveti



### Vigneto

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,15

vigneti



### Risaia

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,15

risaie



Parco, giardino

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,15

giardini



Albero isolato

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,15

alberi

## RECINZIONI

Muro di recinzione

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello



## TOPONOMASTICA

ELEMENTO TOPOGRAFICO	TIPO CARATTERE	ALTEZZA (mm)
<b>CENTRI ABITATI E TOPONOMASTICA IN GENERE</b>		
Comune	<b>BUDRIO</b>	4,5
Centro	<b>MEZZOLARA</b>	4,0
Nucleo	IL SANTISSIMO	3,5
Case sparse	CASE VANNINO	3,0
Regione	<b>REGIONE LAZIO</b>	5
Provincia	<b>PROVINCIA di RIETI</b>	4
<b>VIABILITA' STRADALE E FERROVIARIA</b>		
Lo stesso carattere si utilizza per indicare i manufatti di cui si rende opportuna l'identificazione (es.: fori, canali, chiese, conventi, torri, edifici pubblici, viadotti, caselli autostradali, caselli ferroviari, scalo merci, impianti estrattivi, edifici industriali, ecc.).	AUTOSTRADA A1 S.S. DELLA CISA (N° 62) S.P. PARMA-COLORNO F.S. BOLOGNA RIMINI VIA CAVOUR	3,0
Per la viabilità stradale e ferroviaria e per i casi sopra riportati, in caso di necessità, sono consentite riduzioni dell'altezza dei caratteri.	PIAZZA MAGGIORE km 20	
<b>ANTICHITA'</b>	<b>PALAZZO RE ENZO</b>	2,5
<b>LOCALITA', BOSCO, PARCO, TENUTA</b>	<b>TENUTA GHIGI</b>	3,0
<b>OROGRAFIA</b>		
Monte principale	<b>MONTE CIMONE</b>	4,0
Monte secondario	<b>MONTE ADONE</b>	3,5
Colle, passo, sella, valico, cresta, gola, altopiano	<b>PASSO DELLA CISA</b>	3,0
Grotta	Grotta del Farneto	2,5
Valle, pianura, litorale	<b>VALLE DEL DARDAGNA</b>	2,5
<b>IDROGRAFIA</b>		
Fiume o Torrente	<b>FIUME TEVERE</b>	3,5
Fosso	<i>FOSSO di ACQUAFREDDA</i>	3,0

## **11.0 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CONSEGNA DEGLI ELABORATI**

E' stato predisposto un elenco dei tipi di elaborato che dovranno essere prodotti dall'Appaltatore. Tale elenco non deve considerarsi limitativo e può essere ampliato su esplicita richiesta della Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

Per ogni elaborato richiesto sono definiti i contenuti minimi e le specifiche di redazione. L'elenco degli elaborati da produrre e consegnare è descritto nei paragrafi successivi.

Tutto il materiale prodotto resterà di esclusiva proprietà del Committente precludendo quindi all'Appaltatore ogni diritto sullo stesso.

Tutte le cartografie dovranno essere eseguite su fogli di dimensioni A0 o A1. Tutte le relazioni, rilegate in fascicoli di formato A4, dovranno essere consegnate anche su supporto informatico registrate in file gestibili dai software commerciali di maggiore diffusione. Dovranno inoltre essere consegnati tutti i dati di ingresso, cioè le osservazioni strumentali e le coordinate dei punti noti, ed i dati di uscita dei calcoli eseguiti nelle varie fasi di lavoro, cioè le coordinate compensate di tutti i punti presi in esame. La consegna sarà effettuata su supporto informatico.

Il materiale dovrà essere consegnato ordinatamente raccolto in appositi contenitori.

Le modalità di consegna del materiale saranno definite dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

### **11.1 Programmazione dei Lavori**

Con almeno quindici giorni di anticipo sulla data di inizio dei lavori l'Appaltatore è tenuto a consegnare alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto due copie del diagramma di Gant relativo alla programmazione di tutte le attività definite nel presente capitolato.

### **11.2 Volo e Presa Aerofotogrammetrica**

Per quanto concerne le attività relative al volo ed alla presa aerofotogrammetrica l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto:

- progetto di volo in scala 1:25000, riportandovi gli assi delle strisciate, le quote assolute e le quote relative per ogni strisciata
- planimetria in scala 1:25000 delle strisciate effettivamente eseguite, con l'aggiunta dell'indicazione del riquadro e l'annotazione del numero progressivo del fotogramma
- relazione nella quale verranno descritte la metodologia impiegata e le caratteristiche di tutte le apparecchiature utilizzate
- corrispondenza con le Autorità competenti relativa agli adempimenti degli obblighi legislativi ed amministrativi
- il certificato di taratura originale della macchina da presa (o copia autenticata) di data non anteriore a quattro anni, 2 anni per le riprese aeree con camera digitale.
- tutti i fotogrammi con i dati di ripresa in formato originale del sistema di acquisizione

### **11.3 Rete di Inquadramento**

Per quanto concerne le attività relative alla rete di inquadramento l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- monografie dei vertici eventualmente utilizzati in precedenti raffittimenti eseguiti per conto del Committente
- monografie di tutti i vertici I.G.M.I. utilizzati
- monografie dei nuovi vertici della rete di inquadramento e di quelli rideterminati
- schemi delle operazioni topografiche eseguite per la determinazione dei vertici comprendenti i dati di rilievo e gli s.q.m.
- relazione di calcolo contenente i dati relativi alla compensazione (comprendente, in particolare, il grado di precisione ottenuto)
- scema della Rete Geodetica (grafo di tutti i vertici, con annotazione delle coordinate planoaltimetriche)

#### **11.4 Rete di Raffittimento**

Per quanto concerne le attività relative alla rete di raffittimento l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- delle monografie di tutti i vertici istituiti
- planimetria del progetto della rete di raffittimento in scala 1:25000
- planimetria della rete di raffittimento prodotta in scala 1:25000
- relazione di calcolo contenente i dati relativi alla compensazione (comprendente, in particolare, il grado di precisione ottenuto)
- schemi operativi relativi alla rete di raffittimento (operazioni topografiche eseguite, dati di rilievo, s.q.m.)

#### **11.5 Punti Fotografici di Appoggio**

Per quanto concerne le attività relative ai punti fotografici di appoggio l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- planimetrie in scala 1:25000 contenenti gli schemi operativi utilizzati per la determinazione dei punti
- monografie dei punti
- tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio e dei punti quota
- relazione di calcolo delle coordinate dei punti

#### **11.6 Rilievi con tecnologia GPS**

Per quanto concerne le attività relative ai punti determinati tramite tecnologia GPS, l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura

### **11.7 Punti Fotografici da Triangolazione Aerea**

Per quanto concerne le attività relative ai punti fotografici da Triangolazione Aerea l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- planimetria in scala 1:25000 contenente l'indicazione della strisciata o del blocco, la posizione dei punti fotografici e i dati di compensazione
- monografie dei punti
- tutti i fotogrammi aerotriangolati riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio dei modelli e della strisciata o del blocco
- relazione di calcolo contenente i moduli delle osservazioni strumentali, i dati di partenza e i risultati prodotti dal software (comprendenti gli s.q.m)

### **11.8 Poligonale**

Per quanto concerne le attività relative alla poligonale l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- monografie di tutti i vertici della poligonale, contenenti:
  - coordinate "rettilinee" e Gauss-Boaga
  - quota del vertice
  - schizzo planimetrico con almeno 3 distanze da punti caratteristici stabili e facilmente individuabili sul terreno
  - schizzo prospettico o fotografia
  - breve descrizione dell'ubicazione con indicazione del Comune, frazione, località e via in cui ricade il vertice
  - data di materializzazione
- monografie dei punti trigonometrici I.G.M.I. di riferimento per la poligonale e sui quali sono state eseguite le previste chiusure di controllo
- planimetria in scala 1:25000 relativa alla poligonale, ai collegamenti con i punti trigonometrici I.G.M.I., ai capisaldi posti in opera, ai limiti ed ai numeri delle tavolette interessate
- profilo degli elementi della poligonale (distanze, angoli al vertice, angoli di direzione, coordinate e quote)
- relazione contenente la descrizione delle modalità esecutive dei rilievi, i criteri ed i calcoli sia per la determinazione delle coordinate "rettilinee" e Gauss-Boaga della poligonale che per la verifica delle chiusure di controllo, considerazioni sui risultati raggiunti e sulla precisione ottenuta

### **11.9 Livellazione Geometrica di Precisione**

Per quanto concerne le attività relative alla livellazione geometrica di precisione l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- planimetria in scala 1:25000 contenente il percorso di livellazione e l'indicazione dei capisaldi I.G.M.I. di attacco
- profilo con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione
- monografie dei capisaldi I.G.M.I. di attacco e di tutti gli altri ricadenti nella zona interessata dal rilievo
- monografie dei capisaldi di livellazione e di quelli eventualmente posti in opera lungo il percorso tra caposaldo I.G.M.I. e caposaldo da collegare
- relazione contenente i risultati del controllo dei capisaldi, il riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita con i dislivelli di campagna (andata, ritorno, media) e le distanze di ogni singola battuta, i criteri adottati per la determinazione delle quote e per i calcoli di compensazione, la valutazione dei risultati raggiunti e della precisione ottenuta

#### **11.10 Livellazione Tecnica**

Per quanto concerne le attività relative alla livellazione tecnica l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- planimetria in scala 1:25000 contenente il percorso di livellazione e l'indicazione dei capisaldi I.G.M.I. di attacco
- profilo con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione
- monografie dei capisaldi I.G.M.I. di attacco e di tutti gli altri ricadenti nella zona interessata dal rilievo
- monografie dei capisaldi di livellazione e di quelli eventualmente posti in opera lungo il percorso tra caposaldo I.G.M.I. e caposaldo da collegare
- relazione contenente i risultati del controllo dei capisaldi, il riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita con i dislivelli di campagna (andata, ritorno, media) e le distanze di ogni singola battuta, i criteri adottati per la determinazione delle quote e per i calcoli di compensazione, la valutazione dei risultati raggiunti e della precisione ottenuta

#### **11.11 Restituzione e Ricognizione**

Per quanto concerne le attività relative alla restituzione l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- planimetria contenente la ripartizione e la numerazione dei fogli cartografici in sovrapposizione allo schema di copertura dei singoli fotogrammi numerati
- i certificati originali (o copia autenticata) relativi allo stato di rettifica degli strumenti utilizzati per la restituzione di data non anteriore ad un anno
- il "Giornale di restituzione"
- 1 copia delle minute di restituzione con le annotazioni delle operazioni eseguite in campagna per il controllo e l'integrazione della cartografia
- il protocollo di restituzione contenente le schede originali con l'indicazione degli scarti planimetrici grafici, degli scarti residui in quota sui punti fotografici d'appoggio, dei valori dei parametri di orientamento strumentale; in

corrispondenza della posizione grafica dei punti d'appoggio dovrà essere indicato in scala opportuna lo scarto planimetrico e quello in quota

#### **11.12 Fogli Cartografici**

Per quanto concerne le attività relative ai fogli cartografici l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- 1 copia della corrispondenza con le Autorità competenti relativa all'adempimento degli obblighi legislativi ed amministrativi
- della planimetria contenente il quadro di unione dei fogli della restituzione cartografica con annotazione della numerazione progressiva e l'indicazione della posizione delle principali località interessate
- copia dei fogli cartografici
- file contenenti la cartografia numerica nei formati "DWG" 3D, ASCII, o "XLS" e "DOC"

#### **11.13 Rilievo Celerimetrico e per Sezioni Trasversali**

Per quanto concerne le attività relative al rilievo celerimetrico e per sezioni trasversali l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- monografie per ogni punto di stazione, riportanti tutte le informazioni idonee ad identificarne la posizione ed uno schizzo planimetrico con annotate le distanze di almeno 3 punti riconoscibili sul terreno
- i certificati di rettifica della strumentazione
- relazione di accompagnamento, riportante i valori di temperatura, pressione ed umidità relativa per ciascuna misura
- relazione del calcolo effettuato per determinare distanze e quote di tutti i punti, compresi quelli di stazione
- planimetria contenente il quadro di unione dei fogli della restituzione cartografica con annotazione della numerazione progressiva e l'indicazione della posizione delle principali località interessate
- planimetria del piano quotato con l'eventuale indicazione delle sezioni trasversali numerate
- copia dei fogli cartografici
- file contenenti la cartografia numerica nei formati "DWG" 3D ed ASCII

#### **11.14 Rilievi laser scanner**

Per quanto concerne le attività relative al rilievo laser scanner l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- Inquadramento geodetico
- Relazione sulle metodologie operative di inquadramento ed istituzione dei nuovi capisaldi;
- Schema delle rete geodetica GPS di inquadramento con rappresentazione dei vertici IGM95 utilizzati e dei nuovi capisaldi materializzati.
- Lo schema dovrà essere rappresentato in scala 1/20.000 su base cartografica CTR regionale aggiornata;

- Monografie dei vertici IGM95 e dei capisaldi di livellazione IGM utilizzati per l'inquadramento geodetico;
- Monografie dei nuovi capisaldi materializzati secondo lo schema ANAS;
- Report della compensazione eseguita con indicazione degli scarti;
- File Rinex delle acquisizioni statiche o statico-rapide.
- File txt del report di trasformazione del software VERTO.
- Certificato di taratura dello strumento;
- Relazione sulle metodologie operative adottate, con indicazione degli scarti ottenuti in fase di registrazione delle nuvole di punti e degli scarti di georeferenzazione delle nuvole di punti già registrate nel sistema UTM;
- Planimetria schematica dell'opera d'arte rilevata, con indicazione delle posizioni di tutte le stazioni, dei target rilevati e delle aree sottoposte a scansione. Le aree sottoposte a scansione dovranno essere differenziate per tipologia, con riferimento al livello di dettaglio impostato nello strumento. La planimetria dovrà essere corredata da una tabella, indicante per ogni stazione di misura i target rilevati, il numero delle scansioni e le caratteristiche delle stesse;
- File delle nuvole di punti nei formati ASCII, PTS e nel formato "grezzo" dello strumento utilizzato. I formati ASCII e PTS dovranno contenere, oltre alle informazioni relative alle coordinate Nord, Est e Quote, anche i valori di riflettanza ed RGB di ogni punto rilevato.
- File in formato RAW contenenti le singole fotografie digitali ottenute da camera Reflex esterna coassiale allo strumento.
- Immagini in formato jpg con matrici di rototraslazione per l'orientamento sul modello.
- Ricostruzione 3D dell'intera opera rilevata, pubblicabile su rete, con possibilità di navigazione 3D, misurazione accurata, ed inserimento di commenti numerici ed alfanumerici;
- Rilievo elaborato con restituzione CAD delle seguenti tavole:
  - Planimetria generale a livello top (carreggiata)
  - Planimetria degli impalcati o delle volte
  - Planimetria delle pile
  - N. 2 Prospetti laterali per ogni carreggiata
  - N. 3 Sezioni Trasversali per ogni campata
  - N. Sezioni Longitudinali per ogni carreggiata (Sezione ciglio destro + sezione ciglio sinistro)
- Rilievo Celerimetrico Integrativo
  - Certificato di taratura della stazione totale adottata;
  - Relazione sulle metodologie operative adottate ed indicazione della procedura di georeferenzazione del rilievo nel sistema UTM-ETRF2000;
  - Elenco dei target di riferimento del rilievo laser scanner collimati ed indicazione delle coordinate UTM-ETRF2000 piane degli stessi;

- File CAD (dwg o dxf) 3D contenente tutte le parti d'opera rilevate rappresentate da polilinee 3D distribuite su appositi layers.
- Le primitive geometriche rappresentate nel file CAD dovranno essere georeferenziate nel sistema UTM-ETRF2000;
- Files nel formato ASCII di esportazione delle misure celerimetriche eseguite in campagna. I files in formato ASCII dovranno contenere, per le stazioni, le informazioni relative al nome della stazione, l'altezza strumentale, il nome del punto di orientamento, l'angolo di orientamento azimutale, la distanza inclinata dal punto di orientamento e l'altezza della mira; per i punti di dettaglio misurati, il nome univoco del punto, i valori di angolo azimutale, angolo verticale, distanza inclinata, altezza della mira, e codice topologico identificativo. I dati dovranno essere separati dal carattere TAB;
- Analisi difettologica
  - Relazione dettagliata con indicazione e codifica di tutte le tipologie di degrado individuati
  - Tavola del degrado impalcati (vista dal basso)
  - Tavola del degrado prospetto 1
  - Tavola del degrado prospetto 2
  - Tavole del degrado sezioni trasversali
  - Tavole del degrado in 3D su nuvola di punti semplificata (formato dxf o dwg)

Tutti i dati dovranno essere forniti sia in formato cartaceo che su HD di adeguata capacità di memorizzazione

### 11.15 Rilievi batimetrici

Per quanto concerne le attività relative al rilievo batimetrico l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- Relazione tecnica con i seguenti contenuti:
  - descrizione del piano d'indagine progettato ed eseguito
  - descrizione della dotazione strumentale utilizzata
  - descrizione delle procedure operative adottate
  - descrizione delle procedure di controllo qualità e validazione adottate e dei risultati
  - cartografia con ubicazione dei transetti e dei percorsi del natante
  - sezioni batimetriche in scala adeguata
  - cartografia con quote batimetriche in scala adeguata

### 11.16 RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR

Descrizione generale dei prodotti di consegna

- Dati grezzi (Lidar e Dati sorgente aerofotogrammetrici)
- GCP (punti d'inquadratura geometrico)

- Dati GPS
- Nuvola di punti classificati terreno, Nuvola di punti classificati come Overground,
- Rilievi aerofotogrammetrici: Ortoimmagini digitali ottenute da ortorettifica e mosaicatura di fotogrammi.
- Relazione tecnica del rilievo
- Dati grezzi LIDAR ASCII formato che prevede per ogni impulso il tempo di emissione, e per ogni risposta (First e Last pulse) le coordinate UTMWGS84 (Est, Nord) e la quota ellissoidica, approssimate alla seconda cifra decimale, e il valore di intensità.
- Nuvola dei soli punti utili GROUND ed OVERGROUND \* ASCII formato che prevede per ogni punto le coordinate UTMWGS84 (Est, Nord), la quota ellissoidica, approssimate alla seconda cifra decimale e il valore di intensità (intero). Campo classificazione tipologica per OVER GROUND. Densità media >40 Punti/m<sup>2</sup>
- ORTOFOTO - Dati grezzi, immagini RAW
- ORTOFOTO - Immagini digitali ortorettificate in formato TIFF + TFW con risoluzione <3 cm/Pixel

## **12.0 RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR**

### **12.1 PROGETTAZIONE E PIANIFICAZIONE DELLE RIPRESE LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICHE**

Le riprese devono essere eseguite mediante velivoli ad ala fissa o multirottore di adeguate caratteristiche dei quali sia garantita la libera e completa disponibilità da parte dell'Appaltatore per il periodo necessario per le riprese. Devono, inoltre, essere comunicati al Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A., gli estremi della Certificazione ENAC e le caratteristiche del SAPR utilizzato: casa costruttrice, tipo, numero e potenza del o dei motori, peso del Payload, autonomia, quota massima operativa, velocità di crociera alla quota operativa ecc

La progettazione e la pianificazione delle riprese dovrà avere una ricopertura sufficiente a garantire la continuità della rilevazione. Sarà suddivisa in blocchi di volo in funzione dell'andamento plano-altimetrico della superficie di rilevazione. Ogni blocco di volo dovrà essere dotato in modo autonomo di strisciate trasversali alla direzione principale di volo, indicativamente in testa e in coda. La pianificazione dei voli e delle attività a terra (stazioni fisse GPS, e GCP) dovrà garantire risultati correttamente georeferenziati e minimizzazione dell'errore sistematico che dovrà comunque essere compatibile con l'accuratezza dei prodotti richiesti.

Le riprese dovranno essere effettuate nelle condizioni più favorevoli rispetto allo specifico sistema di rilievo e ciò con riferimento sia alle condizioni contingenti (atmosferiche e di illuminazione) che alle variabili stagionali. Per il LIDAR altimetrico (indicativamente dicembre-marzo), si dovrebbe minimizzare la portata dei fiumi e la vegetazione (arborea, arbustiva, colturale e ripariale in prossimità di corsi d'acqua). Per le riprese fotografiche (indicativamente aprile-settembre), oltre all'assenza di nuvole, nebbie o foschie, si dovranno privilegiare idonee condizioni di illuminazione (le ore a cavallo del mezzogiorno) che minimizzino le ombre e le dominanti di colore. Tutti gli aspetti di cui sopra dovranno essere preventivamente valutati al fine di pianificare le attività. Qualora vi siano problemi non altrimenti risolvibili, l'Appaltatore provvederà a segnalare al Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A la non fattibilità della

rilevazione su determinate zone e consegnerà una delimitazione vettoriale del perimetro delle stesse, proponendo soluzioni alternative o rinunciando per quelle aree a ogni corrispettivo.

## **12.2 STRUMENTAZIONE**

I sistemi di rilievo nel loro complesso dovranno possedere i requisiti di precisione ed accuratezza, e dovranno essere calibrati e testati in modo tale da garantire il raggiungimento dell'accuratezza prevista per ciascun prodotto. Al Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A devono essere comunicati i dati inerenti la marca, il tipo della strumentazione, le caratteristiche tecniche delle quali l'impresa deve fornire, in copia, i certificati di taratura con data non anteriore a due anni.

Il sensore LiDAR di classe 1 e con la funzione Dual Return, dovrà avere una portata non inferiore a 100m ed una accuratezza <3cm e con la possibilità di essere sincronizzato mediante time stamp.

La componente inerziale IMU-GPS di bordo dovrà essere in grado di sincronizzarsi con il laserscanner ed avere una accuratezza angolare su Roll e Pitch di almeno 0.035° e 0.15° o migliori in Post Processing, una frequenza non inferiore a 200Hz ed un componente GPS doppia frequenza in grado di ricevere segnale GPS e Glonass.

La fotocamera Digitale, dovrà avere non meno di 16Mpx e consentire, in funzione delle caratteristiche del terreno da rilevare, l'utilizzo dei diversi tipi di obiettivi con ottiche diverse. La modalità di acquisizione dovrà avvenire in modo automatico mediante attenta pianificazione della missione e dovrà essere possibile monitorare da terra tutte le fasi della missione. I singoli scatti lungo le strisciate dovranno garantire sovrapposizione longitudinale tra i fotogrammi di almeno 80% e di almeno il 60% tra strisciate contigue. Il formato del dato acquisito dovrà essere il RAW in modo da consentire in fase di post processing la correzione radiometrica delle singole immagini.

## **12.3 MISSIONE DI VOLO**

Ciascuna missione di volo dovrà iniziare e finire con almeno 5 minuti di registrazione dei dati statici del drone. Preliminarmente all'esecuzione della missione dovrà essere pianificato, tramite opportuno software di simulazione, il periodo di esecuzione, in modo da garantire una buona copertura satellitare tale da ottenere, per tutta la durata della missione, un PDOP non superiore a 3 e comunque in linea con le metodiche applicate e con le accuratezze richieste. Successivamente all'esecuzione della ripresa aerea (LIDAR e fotogrammetrica) dovranno essere elaborati i dati registrati dal ricevitore di bordo e di quelle permanenti a terra in modo da determinare le coordinate planimetriche e la quota ellissoidica dei dati LIDAR ed i centri di presa e l'orientamento delle immagini fotogrammetriche.

Nell'area di rilevazione, opportune aree-test dovranno essere previste. Tali aree, che dovranno essere pianeggianti, contenere fabbricati grandi e regolari (ad es.: piazzali ed edifici industriali, parcheggi e centri commerciali, ecc. ), tali cioè da consentire un'alta accuratezza delle misure, dovranno essere rilevati mediante GPS alcuni punti di controllo sul terreno, tali aree verranno utilizzate per verificare la stabilità della calibrazione degli strumenti e l'esclusione o minimizzazione di eventuali errori sistematici. Nelle relazioni tecniche verranno sintetizzati i risultati delle analisi statistiche di confronto tra dati acquisiti e i dati misurati a terra sulle aree test. Durante l'esecuzione delle rilevazioni dovranno essere registrati, oltre ai segnali satellitari della stazione montata a bordo del velivolo, con epoca di 1 secondo, anche quelli di un certo numero di stazioni GPS a terra di coordinate note per l'impiego della tecnica differenziale. Le

stazioni, dotate di ricevitori GPS a doppia frequenza, con acquisizione di 1 Hz, devono essere posizionate in modo da garantire la ricezione contemporanea del segnale di un numero sufficiente di satelliti (non meno di cinque), i medesimi intercettati dal sistema GPS del drone. Potranno essere utilizzate come stazioni permanenti sia stazioni appositamente dedicate (le cui coordinate dovranno essere determinate con una accuratezza analoga a quelle dei vertici della rete di inquadramento), sia stazioni pubbliche i cui dati siano affidabili e disponibili, in mancanza o a integrazione di queste è consentito l'utilizzo di stazioni temporanee installate ad hoc le cui coordinate siano determinate nella rete geodetica IGM95. L'Appaltatore dovrà comunicare in anticipo la stazione permanente che intende utilizzare. Sarà cura e responsabilità dell'Appaltatore assicurare il funzionamento della stazione permanente con inizio e fine prima e dopo l'avvio delle registrazioni della stazione situata sul Drone. Ai fini delle attività di verifica e di collaudo dovranno essere resi disponibili i dati GPS delle stazioni utilizzate relativi ai periodi di effettuazione della rilevazione, sia in termini di valori DOP che di numero di satelliti presenti.

## **12.4 TRATTAMENTO DEI DATI E MATERIALE AUSILIARIO**

I dati acquisiti dovranno essere trattati con i rispettivi software, tenendo conto di tutte le informazioni derivanti dalla rete GPS di terra, dal GPS e dalle piattaforme inerziali di bordo, al fine di definire in modo ottimale la georeferenziazione dei dati lidar e delle immagini fotogrammetriche. Di norma si esclude l'utilizzazione di altre fonti per adattare i dati rilevati nell'ambito della presente fornitura, a eccezione di procedure ampiamente documentate e concordate con il Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A .

I formati e il taglio di consegna devono perseguire l'obiettivo di ottimizzare, in relazione alla natura dell'informazione, il rapporto tra dimensione/gestibilità del file e qualità dell'informazione. Si precisa che il taglio geografico dovrà essere concordato con il Appalte per l'Esecuzione del Contratti di ANAS S.p.A.

## **13.0 COLLAUDO**

### **13.1 Nomina del Collaudatore**

Entro 10 giorni dalla data di consegna del Servizio, l'Appaltatore dovrà indicare ad ANAS S.p.A. una terna di tecnici abilitati, iscritti ad un Ordine Professionale (Geometri, Ingegneri, Architetti) in possesso di comprovata esperienza nel settore topografico e cartografico (attività di restituzione cartografica, ricognizione e progettazione di piani di volo, rilievi di inquadramento, raffittimento ed appoggio a terra di fotogrammi), con trasmissione dei curriculum, l'elenco dei lavori eseguiti ed autocertificazione relativa al possesso dei requisiti dichiarati ed alla insussistenza di conflitti di interesse in merito alle attività da espletare per conto dell'Appaltatore e di ANAS S.p.A.

ANAS S.p.A. successivamente alla valutazione dei requisiti si riserva di indicare entro i successivi 10 giorni il nominativo prescelto per l'assegnazione dell'incarico di collaudo o di richiedere la trasmissione di un ulteriore elenco integrativo di tecnici candidati per l'esecuzione del collaudo.

Le spese per l'esecuzione delle misure di controllo, la fornitura delle strumentazioni e del personale specializzato per l'esecuzione delle misure di controllo, sono da intendersi interamente a carico dell'Appaltatore.

### 13.2 Contenuti della relazione di collaudo per i prodotti cartografici

Le procedure per l'esecuzione dei collaudi e le tolleranze sono dettagliatamente descritte nei paragrafi relativi alle singole fasi operative per la redazione delle cartografie e dei rilievi.

Il collaudatore nominato, al termine del proprio incarico, dovrà redigere una dettagliata relazione tecnica, contenente i risultati delle verifiche effettuate, tramite misure dirette da eseguirsi in loco, ed analisi di processamento dei dati consegnati dalle ditte affidatarie dei servizi, nonché le determinazioni finali in merito alla ammissibilità dei prodotti cartografici, alla necessità di revisione parziale degli stessi da parte della ditta esecutrice o alla inammissibilità per gravi incongruenze riscontrate.

Tale relazione, opportunamente timbrata e firmata dal tecnico incaricato, dovrà essere consegnata al Tecnico Responsabile di Anas sia tramite posta elettronica in formato PDF/A sia in copia cartacea.

Di seguito viene riportata la tabella di sintesi relativa ai contenuti minimi della relazione del collaudatore che dovrà essere consegnata ad ANAS S.p.A.

<b>Verifiche Generali</b>
Controllo dei certificati di taratura relativi alle seguenti strumentazioni: <ul style="list-style-type: none"><li>• macchine da presa</li><li>• strumentazioni GPS o Total Station, adottate per le operazioni di appoggio a terra</li><li>• livelli ottici o digitali adottati per l'esecuzione delle livellazioni geometriche</li><li>• strumentazioni adottate per l'esecuzione dei rilievi celerimetrici</li></ul>

<b>Fase esecutiva</b>	<b>Verifiche da effettuare</b>
<b>Volo aerofotogrammetrico</b>	Verifica della corrispondenza fra le strisciate realizzate e il piano di volo presentato
	Verifica che tutti i fotogrammi siano nitidi, senza nubi, foschia e coperture nevose
	Controllo dei ricoprimenti longitudinali e trasversali dei fotogrammi secondo le tolleranze di cui alle "NT-ANAS"
<b>Rete di raffittimento</b>	Dovranno essere rideterminate le coordinate del 10% dei vertici di raffittimento istituiti, con collegamento diretto ai vertici delle rete IGM95 e delle linee di livellazione IGM più vicine alle aree cartografate. <ul style="list-style-type: none"><li>• Verifica del rispetto della tolleranza planimetrica di cui alle "NT-ANAS"</li></ul>

Fase esecutiva	Verifiche da effettuare
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifica del rispetto della tolleranza altimetrica assoluta di cui alle "NT-ANAS"</li> </ul>
<b>Operazioni di appoggio a terra</b>	Controllo degli errori di restituzione di tutti i punti di appoggio, determinati a partire dai fotogrammi orientati coi soli parametri derivati dal processamento dati INS/GPS ed indicazione degli scarti
	Controllo del numero, della collocazione nel blocco e dell'interdistanza tra le coppie di punti fotografici di appoggio planoaltimetrico
	Controllo a tappeto delle caratteristiche dei punti fotografici e della loro individuabilità sui fotogrammi
	Verifiche relative alla adeguatezza dello schema di misura, modalità di georeferenziazione rispetto a vertici IGM95, consegna dei libretti di campagna e dati Rinex, risultati delle elaborazioni
	Controllo dei contenuti delle schede monografiche dei vertici e dei punti di appoggio a terra
	Verifica del rispetto delle tolleranze plano-altimetriche di cui alle "NT-ANAS"
<b>Operazioni di Triangolazione Aerea</b>	Verifica disposizione e numero dei punti di appoggio e di legame impiegati
	Verifica del valore quadratico medio (RMS) dei residui sui punti di appoggio
	Verifica della precisione di stima (RMS) dei punti di legame
	Verifica del rispetto delle tolleranze plano-altimetriche di cui alle "NT-ANAS"
<b>Produzione delle ortofoto digitali</b>	Esame della relazione descrittiva delle attività effettuate e delle metodologie impiegate
	<p>Controllo della accuratezza assoluta dell'ortofoto:</p> <p>a tale fine verranno misurate le coordinate sull'ortofoto di un congruo numero di punti ben riconoscibili sul terreno; i punti dovranno essere scelti sull'area da rilevare, a conveniente distanza da punti di appoggio del volo fotogrammetrico.</p> <p>Dei punti di cui sopra, verranno misurate con GPS le coordinate sul terreno e determinati gli scarti delle posizioni planimetriche</p>

Fase esecutiva	Verifiche da effettuare
<b>Livellazione Geometrica di Precisione</b>	Verifica di esecuzione del controllo di stabilità del caposaldo di partenza.
	Verifica consegna dei libretti di campagna correttamente compilati
	Controllo del rispetto della tolleranza di chiusura della linea di livellazione di cui alle Verifica del rispetto delle tolleranze plano-altimetriche di cui alle "NT-ANAS"
	Ripetizione di un tratto di livellazione con lunghezza min. di 1 Km, in andata e ritorno e verifica che gli scarti rispettino le tolleranze
<b>Restituzione Grafica</b>	Verifica del rispetto relativo ai contenuti minimi per cartografia
	<p>Verifica dell'effettuazione di misure dirette relative alle opere d'arte stradali ed idrauliche presenti lungo il tracciato di progetto.</p> <p>Effettuazione di misure di controllo sul 10% delle opere oggetto di rilievo e produzione di elaborati grafici di raffronto tra le misure</p>
	Rilievo diretto sui luoghi di almeno 10 punti quotati (rappresentati in mappa), per ogni foglio cartografico, al fine di verificare gli scarti delle quote ed il rispetto delle tolleranze di cui alle "NT-ANAS"
	Rilievo diretto, per ogni foglio, di almeno 3 sezioni trasversali in corrispondenza della piattaforma stradale (se esistente), estese per almeno 10 m oltre la posizione della recinzione o limite di competenza ANAS e confronto con le sezioni derivate dalla restituzione cartografica 3D.
	Ripetizione del rilievo dei cigli della strada ANAS o di altra strade secondarie, per un'estesa minima del 10% dei cigli rilevati, ed elaborazione di profili longitudinali di raffronto con indicazione degli scarti altimetrici determinati
	Verifica delle classi cartografiche rappresentabili
	<p>Verifica dei parametri adottati per la determinazione delle coordinate rettilinee e della corretta applicazione degli stessi al progetto, con indicazione dei seguenti elementi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Latitudine e longitudine del punto di origine</li> <li>• Falsa Est</li> </ul>

Fase esecutiva	Verifiche da effettuare
<b>Restituzione Grafica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falsa Nord</li> <li>• Fattore di scala</li> <li>• Quota al piano medio</li> <li>• Elissoide di riferimento</li> <li>• Datum</li> <li>• Proiezione</li> </ul>
	Verifica che tutte le entità di ogni singolo foglio, caratterizzate da un codice che definisce una superficie campibile, siano entità chiuse
	Verifica delle quote di gronda del 5% degli edifici rappresentati in ogni singolo foglio, tramite rilievo diretto rispetto al punto di inquadramento o raffittimento più vicino.
	Verifica delle quote al piede del 5% degli edifici rappresentati in ogni singolo foglio, tramite rilievo diretto rispetto al punto di inquadramento o raffittimento più vicino.
	Verifica del rispetto della congruenza geometrica planimetrica e altimetrica su un significativo numero di entità
<b>Operazioni di ricognizione</b>	<p>Verifica delle minute di restituzione con annotazioni delle operazioni eseguite in campagna per il controllo e l'integrazione della cartografia.</p> <p>Verifica della sgrondatura con criteri metrici dei lati degli edifici sulla sede pubblica, e di quelli liberamente accessibili, dei quali non fosse visibile stereoscopicamente il piede sui fotogrammi.</p> <p>Verifica correttezza della toponomastica.</p>
<b>Rilievo delle sezioni idrauliche</b>	<p>Verifica che il rilievo si estenda perpendicolarmente dalla linea d'asse dell'asta fluviale</p> <p>Verifica che i battuti siano in numero sufficiente a descrivere soddisfacentemente l'andamento del terreno, in riferimento alla scala di successiva rappresentazione dello stesso.</p>

### 13.3 Esito del Collaudo

Il Collaudatore compilerà la relazione di accettazione, che dovrà essere inviata al Direttore del Servizio. In essa dovranno essere indicate le eventuali osservazioni relative alle manchevolezze riscontrate, cui l'Appaltatore dovrà porre immediato rimedio.

Le attività di collaudo potranno essere effettuate in corso d'opera o successivamente alla consegna degli elaborati.

Di norma una verifica di collaudo avrà esito positivo quando meno del 5% dei controlli eseguiti sarà fuori tolleranza, o comunque non corrispondente a quanto richiesto in capitolato. In nessun caso comunque potrà essere

superato il doppio della tolleranza prescritta. Fanno eccezione i casi in cui è richiesto in capitolato che tutti i controlli debbano avere esito positivo.

Per le verifiche per le quali non è possibile stabilire un rapporto percentuale, è decisivo il giudizio soggettivo del Collaudatore.

Per ciascuna fase il Collaudatore classificherà il lavoro come:

- a) positivo o accettabile, sia pure con lievi completamenti e correzioni;
- b) abbisognevole di notevoli completamenti e correzioni;
- c) non accettabile.

### **13.3.1 Esito positivo**

Il Collaudatore compilerà la relazione di accettazione, che dovrà essere inviata al Direttore del Servizio. In essa dovranno essere indicate le eventuali osservazioni relative alle manchevolezze riscontrate, cui l'Appaltatore dovrà porre immediato rimedio.

### **13.3.2 Da correggere**

Nel caso in cui si rendano necessari notevoli completamenti o correzioni, il Collaudatore invierà ad ANAS S.p.A. una relazione di rifiuto nella quale descriverà in dettaglio gli errori e le manchevolezze riscontrati. Sulla base di tale relazione il Direttore del Servizio notificherà all'Appaltatore il risultato della verifica assegnando il termine perentorio per la regolarizzazione del lavoro e la ripresentazione degli elaborati.

Se gli elaborati presentati al secondo controllo risultassero ancora incompleti o errati, si ripeterà la procedura di collaudo con spese e penali a carico dell'Appaltatore. Qualora anche il terzo controllo risultasse negativo, il lavoro verrà rifiutato.

### **13.3.3 Non accettabile**

Nel caso in cui il lavoro non sia assolutamente accettabile, il Collaudatore compilerà una dettagliata relazione di rifiuto della fase, descrivendo gli errori e le manchevolezze riscontrate.