REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ENTE FORESTE DELLA SARDEGNA

Servizio Innovazione Tecnologica

ALLEGATO A

Capitolato Tecnico

Procedura Aperta, sopra soglia comunitaria, per la Fornitura di un Geodatabase DTM e DSM con tecnologia Lidar e Aerofotogrammetrie. Entità complessivo dell'appalto €. 200.000,00 oltre Iva di legge. Determina a contrarre n. 207 del 21.11.2011. CIG N. 3582934AA9

1.	**OBIETTIVO**	**3**
2.	**IMPORTO E BASE D'ASTA**	**3**
3.	**DIREZIONE LAVORI E COLLAUDO**	**3**
4.	**SEDE E LUOGO DI LAVORO**	**4**
5.	**PIANO DI LAVORO E CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ**	**4**
6.	**SPECIFICHE TECNICHE**	**4**
7.	**RIPRESA AEROFOTOGRAMMETRICA E RILIEVI LIDAR**	**5**
8.	**CAMERA AEROFOTOGRAMMETRICA E SENSORE LIDAR**	**5**
9.	**VOLI**	**6**
10.	**CARATTERISTICHE DELLE IMMAGINI DIGITALI**	**7**
11.	**UTILIZZO DEL SISTEMA GPS DURANTE LE RIPRESE: STAZIONI A TERRA**	**7**
12.	**INQUADRAMENTO PLANO-ALTIMETRICO**	**8**
13.	**PUNTI DI APPOGGIO E DI LEGAME**	**8**
14.	**ORTOFOTO**	**9**
15.	**TAGLIO DELLA ORTOFOTO DIGITALE**	**10**
16.	**RILEVAMENTO LIDAR**	**10**
17.	**DATI GREZZI**	**14**
18.	**RIPRESE LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICHE**	**14**
19.	**SISTEMA IPERSPETTRALE: CAMERA IPERSPETTRALE**	**14**
20.	**PROGETTAZIONE DEI TRANSETTI E MISURE DENDROMETRICHE**	**15**
21.	**RIEPILOGO MATERIALI DA CONSEGNARE**	**15**
22.	**PROPRIETÀ DEI DATI E RISERVATEZZA**	**16**

1. OBIETTIVO

Acquisizione dati per mezzo della tecnologia LIDAR combinata alla tecnologia iperspettrale allo scopo di quantificare e caratterizzare la biomassa forestale nei perimetri forestali del territorio Tempio-Limbara in gestione all'Ente Foreste della Sardegna, per una superficie stimata di circa 14.040 Ha (vedasi allegato A.1 inquadramento territoriale). In particolare il servizio ha per oggetto l'acquisizione di:

- Fornitura di foto aeree e ortofoto digitali a colori e infrarosso, alla scala 1:2.000 dell'area interessata comprensiva anche del metadato, del relativo piano di volo e della rete plano-altimetrica;
- Un geodatabase dei rilievi topoaltimetrici di piani quotati ad alta risoluzione tridimensionale DSM (Modelli digitali della superficie) e DTM (Modelli digitali del terreno), dalla cui elaborazione scaturirà una nuvola di punti "vegetazione" con relativa classificazione dei tipi forestali delle aree in esame, da ottenere mediante rilevamento con tecnologia Laser scanner LiDAR combinata alla tecnologia iperspettrale.
- Aerofotogrammetrie a colori, georeferenziate e ortorettificate delle aree in esame in scala 1:2000.

2. IMPORTO E BASE D'ASTA

L'importo a base d'asta ammonta a € 200.000,00 oltre Iva di legge.

3. DIREZIONE LAVORI E COLLAUDO (ART. 17-20-21 DISCIPLINARE DI GARA)

La direzione lavori (in seguito denominata D.L.) sarà svolta dall'Ente Foreste della Sardegna il quale avrà i soli compiti di coordinamento logistico ed operativo, necessario a garantire l'esatto svolgimento dei campionamenti nel territorio, nonché la restituzione grafica e di formato dei vari elaborati richiesti (come specificato negli articoli successivi). Durante lo svolgimento dell'appalto, il personale dell'Ente, se appositamente autorizzato, potrà svolgere l'attività di affiancamento agli operatori della ditta appaltatrice (di seguito denominata D.A.) al fine di ricevere una formazione "on the job". Il direttore dell'esecuzione del contratto effettuerà verifiche e controlli circa la perfetta osservanza da parte della D.A. stessa di tutte le disposizioni contenute nel presente capitolato ed in modo specifico, controlli di rispondenza e di qualità. Qualora il controllo qualitativo e quantitativo dovesse risultare non conforme al capitolato, la D.A. dovrà provvedere ad eliminare le disfunzioni rilevate. I controlli e le verifiche del personale effettuati dall'Ente Foreste non liberano la D.A. dagli obblighi e responsabilità inerenti il contratto. Il collaudo (art. 20 e 21 disciplinare di gara) verrà effettuato a campione per quanto riguarda la realizzazione del volo, della rete plano-altimetrica, del LIDAR, del DTM/DSM, delle ortofoto e del geodatabase delle specie arboree censite, nonché di tutto il materiale individuato nel presente

capitolato. Il collaudo avrà risultato favorevole quando non più del 5% degli elementi esaminati risulti errato o fuori tolleranza. In quei casi, per i quali non è possibile stabilire un rapporto percentuale, il giudizio motivato del collaudatore è vincolante. E' facoltà della D.L., suggerire, motivandola, una eventuale prassi operativa atta a rimuovere gli inconvenienti riscontrati. In caso di collaudo negativo, alla D.A. verranno imputati, oltre agli oneri relativi ad un totale controllo e rettifica degli elaborati difettosi, anche i ritardi del periodo compreso fra la data del rifiuto e quella di riconsegna degli elaborati stessi, e le conseguenti penali di cui all'art 18 del disciplinare di gara.

4. SEDE E LUOGO DI LAVORO

Le prestazioni oggetto dell'appalto dovranno essere svolte prevalentemente presso la sede della Ditta aggiudicataria fatte salve quelle che presuppongono interazioni con il personale dell'Amministrazione, che verranno effettuate nelle sedi che l'Amministrazione stessa indicherà con apposita comunicazione, e quelle relative alle attività inerenti l'appalto stesso da espletarsi in campo.
La Ditta aggiudicataria è inoltre tenuta all'apertura di una sede operativa nell'area vasta di Cagliari, qualora non operante nella stessa area, da utilizzare per lo svolgimento delle verifiche che la Direzione Lavori potranno effettuare durante lo svolgimento dell'appalto. A tal fine l'impresa è tenuta ad infrastrutturare la sede con tutte le strumentazioni, apparati, sistemi di connettività e applicativi che consentano di visionare i dati e i prodotti oggetto di fornitura anche in corso di lavorazione.

5. PIANO DI LAVORO E CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ

L'aggiudicatario dovrà predisporre un "piano di lavoro" dettagliato, contenente la descrizione di tutte le fasi di lavoro assieme alla specificazione della collocazione temporale delle stesse in un "cronoprogramma delle attività", secondo quanto previsto nel presente DT tenendo conto dei 12 mesi utili alla conclusione del contratto.
Il cronoprogramma delle attività dovrà indicare tutte le attività, comprese quelle connesse al rilascio delle forniture.
Il piano dei lavori ed il cronoprogramma delle attività dovranno essere consegnati entro 30 (trenta) giorni a partire dalla stipula del contratto per l'approvazione.

6. SPECIFICHE TECNICHE

I dati dovranno essere riferiti al sistema cartografico UTM32-WGS84 e GaussBoaga-Roma40 o altro in accordo con la D.L.

I seguenti elementi verranno valutati tecnicamente sulla base della consistenza dei lavori, della qualità dell'offerta, della dimostrata comprensione delle problematiche coinvolte e degli obiettivi dell'Amministrazione, che si potranno evincere dagli elaborati presentati dalla Ditta in corso di esecuzione contrattuale.

L'inquadramento territoriale relativo al volo in oggetto è evidenziato nel documento allegato (inquadramento territoriale). La CTR 1:10.000 e suddivisa in 25 parti di 156 ettari circa cadauno. Il totale dei quadri ammontano a 90, di cui, 72 sul Limbara, 8 su Bortigiadas e 10 su Piretu, per una superficie stimata di 14.040 Ettari.

7. RIPRESA AEROFOTOGRAMMETRICA E RILIEVI LIDAR

Le riprese aerofotogrammetriche a colori e infrarosso vicino e i rilievi LiDAR dovranno ricoprire correttamente tutto il territorio da rilevare e dovranno avere tutti i requisiti atti a garantire la perfetta esecuzione delle diverse fasi di lavoro.

Per la ripresa aerofotogrammetrica dovranno essere utilizzati velivoli adeguati dei quali sia garantita, in modo assoluto, la libera e completa disponibilità da parte della Ditta aggiudicataria per tutto il periodo necessario alla realizzazione dell'appalto.

Nella realizzazione del volo è fatto obbligo di garantire la:

- dotazione di sistema di navigazione GPS;
- cura della taratura e del funzionamento degli strumenti di volo.

Del velivolo utilizzato dovranno essere forniti, prima del volo, i seguenti documenti:

- disciplinare di lavoro aereo;
- estremi della licenza ministeriale;
- certificati per l'esecuzione di riprese aeree fotogrammetriche o con sensori LiDAR;
- fabbricante con tipo ed estremi di immatricolazione; potenza; quota massima e minima operative;
- velocità di crociera operativa.

Le caratteristiche, le dotazioni e le certificazioni del velivolo dovranno essere contenute in una relazione che dovrà essere sottoposta all'approvazione della DL.

8. CAMERA AEROFOTOGRAMMETRICA E SENSORE LIDAR

Per la ripresa aerea sono ammesse esclusivamente le camere fotogrammetriche digitali a sensori lineari multipli o a frame a ottiche multiple, dotate di sistemi per la compensazione del trascinamento. Le camere digitali dovranno essere integrate con sistemi DGPS/INS e accompagnate dal relativo certificato di calibrazione.

Il sensore laser scanner aviotrasportato (LiDAR) dovrà essere in grado di determinare almeno quattro distanze per ogni impulso e di acquisire 4 punti/mq.

Le caratteristiche, le dotazioni e le certificazioni delle camere fotogrammetriche digitali e dei sensori dovranno essere contenute in una relazione che dovrà essere sottoposta all'approvazione della DL.

9. VOLI

I voli dovranno essere eseguiti nelle ore a cavallo del mezzogiorno solare e comunque in presenza di raggi solari con altezza non inferiore a 30 gradi. Le riprese aerofotogrammetriche e i rilievi LiDAR preferibilmente dovranno essere contemporanei.

Prima di procedere all'esecuzione delle riprese aerofotogrammetriche e LiDAR, la Ditta aggiudicataria dovrà predisporre un piano di volo generale, per entrambe le tipologie di ripresa, sulla base delle indicazioni della DL. Detti piani di volo dovranno essere forniti in copia cartacea alla scala 1:200.000 e 1:25.000, e in formato numerico vettoriale con precisione 1:25.000.

Su tutti i piani di volo, per ogni strisciata relativa alle riprese fotogrammetriche, dovranno essere indicati:

- l'asse della strisciata, con i limiti (inizio e fine) della copertura stereoscopica;
- la sua codifica ipotizzata; la quota assoluta di volo prevista; In una tabella allegata;
- per ogni strisciata: la quota minima e la quota massima del terreno sorvolato;
- le corrispondenti scale minima e massima; il GSD (Ground Sample Distance) minimo e massimo corrispondenti.

Il progetto del piano di volo dovrà, inoltre, prevedere un adeguato irrigidimento dei blocchi di strisciate di analogo sviluppo longitudinale, con l'inserimento di strisciate trasversali in testa e coda, come previsto nella metodologia di triangolazione aerea.

Il piano di volo generale dovrà essere corredato da una relazione, nella quale dovranno essere riportate le scelte operative effettuate, con particolare riferimento alla strumentazione ausiliaria di navigazione, alla sua calibrazione, posizionamento e assetto, all'interfacciamento con la camera da presa, alla disposizione dei ricevitori GNSS (Global Navigation Satellite Systems) a terra, alla procedura di trattamento dei dati ausiliari.

Per quanto riguarda le riprese LiDAR, per ciascuna strisciata dovranno essere riportate nella suddetta relazione, la data del volo, l'ora, la quota relativa ed assoluta e l'asse di volo, la velocità relativa, l'angolo e la frequenza di scansione, la frequenza degli impulsi laser, il numero di punti/mq, le accuratezze altimetriche attese e il posizionamento dei GCP (Ground Control Point).

Nel piano di volo delle riprese LiDAR, dovranno essere progettati e realizzati, in funzione dell'andamento e dell'assetto plano-altimetrico della superficie di ripresa, "blocchi di rilievo" con una ricopertura sufficiente a garantire la continuità del rilievo e a permettere il controllo della corretta georeferenziazione dei dati acquisiti.

Per "blocco di rilievo" si intende l'insieme di strisciate corrispondenti a un territorio omogeneo sotto il profilo altimetrico e ad altri eventuali criteri di suddivisione delle porzioni di territorio da rilevare per ciascun volo. Le strisciate appartenenti a un medesimo blocco dovranno avere, di massima, la

medesima quota o distanza di presa e direzione di volo (salvo le strisciate trasversali al blocco), la medesima calibrazione sugli strumenti e il passaggio sulle medesime aree-test.

Sempre ai fini della corretta georeferenziazione e della eliminazione di eventuali errori sistematici tra le strisciate, ogni blocco dovrà essere dotato, in modo autonomo, di strisciate trasversali alla direzione principale di volo, indicativamente in testa e in coda.

I piani di volo e la relazioni allegata, dovranno essere sottoposti, secondo il cronoprogramma dei lavori, all'approvazione della DL.

La Ditta aggiudicataria è tenuta ad adempiere a tutti gli obblighi di legge circa le autorizzazioni da chiedersi alle Autorità civili e militari.

Tutta la documentazione sui rapporti intercorsi tra Ditta aggiudicataria e Autorità dovrà essere trasmessa per conoscenza alla DL.

10. CARATTERISTICHE DELLE IMMAGINI DIGITALI

Le immagini digitali acquisite dovranno avere un GSD (Ground Sampling Distance) con dimensione al suolo compresa tra 0,12 m. x 0,12 m e 0,16 m. x 0,16 m. Le stesse dovranno presentarsi nitide e assolutamente prive di foschia e nubi.

Qualora, per cause di varia natura, da una analisi delle immagini, vengano riscontrate anomalie del volo e/o vuoti nella copertura, dovranno essere integralmente acquisite ex-novo le strisciate che risultino difettose.

Il ricoprimento stereoscopico delle immagini nella direzione del volo dovrà essere compreso tra 55% e l'80%. La sovrapposizione laterale tra strisciate contigue dovrà essere compreso tra 20 e 30 per

cento. In nessun punto dovranno esistere soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica delle zone prestabilite.

11. UTILIZZO DEL SISTEMA GPS DURANTE LE RIPRESE: STAZIONI A TERRA

Prima dell'esecuzione del volo, la Ditta aggiudicataria dovrà provvedere alla selezione delle stazioni GNSS permanenti presenti sul territorio, e/o al posizionamento delle stazioni GNSS fisse, da utilizzare durante le riprese.

La rete delle stazioni GNSS a terra, dovrà essere progettata in modo tale da avere i ricevitori posti su vertici IGM95 o su vertici determinati mediante la misura di almeno due linee di base, che li colleghino ai più vicini vertici della rete IGM95 o a stazioni permanenti o a punti della rete della fascia costiera della RAS, a 7 km, inquadrate nel sistema WGS84-ETRF89-IGM95.

La posizione e le monografie delle stazioni GNSS a terra utilizzate dovranno essere indicate in un documento, sotto forma di files leggibili da software di larga diffusione, e dovranno essere sottoposte all'approvazione della DL prima dell'esecuzione del volo.

I dati delle stazioni GNSS a terra dovranno essere utilizzati per il calcolo della posizione del GPS a bordo del velivolo. Durante l'esecuzione delle misure con la tecnica di misura differenziale, dovranno risultare funzionanti almeno due stazioni GNSS a terra. Le stazioni, dotate di ricevitori GNSS a doppia frequenza, dovranno essere posizionate tra di loro ad una distanza massima di 25 km e ricevere il segnale da almeno 5 satelliti in comune con quelli osservati dal ricevitore GNSS del velivolo.

12. INQUADRAMENTO PLANO-ALTIMETRICO

Per le aree oggetto del presente appalto, dovrà essere progettata e realizzata la rete di appoggio plano-altimetrica di raffittimento in base alle specifiche dell'Intesa GIS sulle reti.

Nella rete di raffittimento dovranno essere inseriti tutti i punti IGM95 ricadenti nella zona d'intervento ed i punti di nuova istituzione (di dettaglio), omogeneamente distribuiti sul territorio, con densità tale che la distanza fra essi risulti mediamente dell'ordine di 7 km (un punto ogni 50 kmq).

I punti della rete di raffittimento dovranno essere materializzati, di norma, in luoghi facilmente accessibili, su manufatti già presenti in loco ed aventi dimensioni, consistenza e destinazione d'uso tali da garantire una adeguata stabilità nel tempo, e contrassegnati, secondo le specifiche intesa GIS.

La tipologia dei manufatti, proposti dalla Ditta aggiudicataria, dovrà essere preventivamente approvata dalla DL. Per ognuno dei vertici, sia di raffittimento sia di dettaglio, dovrà essere redatta una esauriente monografia che contenga il riconoscimento grafico del vertice stesso, la sua individuazione con coordinate geografiche e piane nel datum WGS84-ETRF89-IGM95, la sua quota ellissoidica, nel datum WGS84-ETRF89-IGM95 e la relativa quota ortometrica sul livello medio del mare.

Il progetto della rete di appoggio plano-altimetrica dovrà essere resa in files di tipo vettoriale, leggibile da software di larga diffusione, e dovrà essere approvata dalla DL. La compensazione della rete dovrà essere effettuata nel datum WGS-ETRF89-IGM95.

13. PUNTI DI APPOGGIO E DI LEGAME

Dovrà essere progettata un ulteriore rete di punti fotografici di appoggio (GCP), necessaria per irrigidire i blocchi di triangolazione aerea (TA) secondo le specifiche Intesa GIS. Ogni punto fotografico di appoggio dovrà essere collegato a due vertici della rete di raffittimento di cui al precedente art. 12 con almeno due basi indipendenti. Di ogni punto fotografico dovrà essere redatta accurata monografia che ne consentirà il ritrovamento sul terreno.

Nel modello stereoscopico, in sede di esecuzione della triangolazione aerea, dovranno essere individuati i punti di legame per consentire la connessione tra le varie immagini appartenenti alla stessa strisciata, e tra strisciate adiacenti, al fine della compensazione in blocco della triangolazione aerea.

14. ORTOFOTO

Le ortofoto digitali scala 1:2000 dovranno essere il prodotto finale del raddrizzamento delle immagini digitali ricavate dalla ripresa aerea, georeferenziate nel Sistema Geodetico Nazionale e geometrizzate in base al DTM. Le coordinate planimetriche E e N sono relative alla rappresentazione di Gauss, fuso Ovest, nel sistema geodetico nazionale (Ellissoide Internazionale orientato a Roma M. Mario, Lat.= 41°55'25",51 Nord, Long.= 12°27'08",40 Est di Greenwich), e al sistema di riferimento WGS84 UTM32N nell'implementazione europea ETRF89.

L'orientamento, il taglio, le dimensioni, e il quadro d'unione delle immagini saranno concordate con la DL. La risoluzione dell'immagine digitale generata per l'ortofoto dovrà presentare un pixel con dimensione al suolo di 0,20 x 0,20 m.

Ciascuna unità si estende per circa 10 metri oltre il limite dei taglio, creando una zona di sovrapposizione tra ortofoto contigue.

L'ortofoto digitale dovrà essere il risultato della mosaicatura dei fotogrammi utili, con bilanciamento radiometrico semiautomatico delle porzioni interessate atto a garantire la totale congruenza radiometrica interna. Il ricoprimento stereoscopico dei fotogrammi nella direzione del volo dovrà essere pari all' 80% con oscillazioni comprese entro il ± 5%. La sovrapposizione laterale tra strisciate contigue dovrà essere pari al 30% con oscillazioni comprese entro il ± 5%, e le variazioni dei parametri angolari di orientamento tra fotogrammi consecutivi non dovranno superare mai i 5°.

In nessun punto dovranno esistere soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica delle zone prestabilite. I voli dovranno essere eseguiti nelle ore a cavallo del mezzogiorno solare, in modo da ridurre al minimo le ombre. Non verranno accettati i fotogrammi eseguiti con altezza dei raggi solari inferiore a 30°. I fotogrammi dovranno essere nitidi e privi di nubi.

Qualora, per cause di varia natura, da una analisi dei fotogrammi vengano riscontrate anomalie del volo e vuoti nella copertura, dovranno essere rifatte per intero le strisciate che risultino difettose.

L'inquadramento delle singole mappe verrà derivato dall'utilizzo delle stazioni GPS di riferimento collegate precedentemente ai punti trigonometrici dalla rete IGM95. Ove necessario i punti trigonometrici saranno integrati con altri di nuova istituzione omogeneamente distribuiti sul territorio, con densità tale che la distanza fra essi risulti dell'ordine di 7 Km e comunque mai superiore a 9 (un punto ogni 50 Kmq).

15. TAGLIO DELLA ORTOFOTO DIGITALE

L'ortofoto in scala 1:2.000 è intesa come sotto-sistema della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 della Regione Sardegna (nel seguito indicata con CTR10k).

L'orientamento, le dimensioni, il taglio e il quadro di unione delle immagini sono quelle derivanti dalla divisione in 25 parti di una sezione della CTR10k.

Pertanto ogni immagine sarà contraddistinta da una numerazione costituita da un codice alfa/numerico di 9 caratteri, del tipo xxxyyy(01/25), dove:

xxx è il numero del foglio IGM 1:50.000,

yyy è il numero della sezione CTR10k,

01/25 è la numerazione che individua, nell'ambito della sezione, l'immagine in scala 1:2000 secondo lo schema che segue:

SEZIONE 1:10.000 SUDDIVISA IN 25 MAPPE 1:2.000

01	02	03	04	05
06	07	08	09	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

16. RILEVAMENTO LIDAR

La tecnologia del laser scanning consente di acquisire digitalmente oggetti tridimensionali di varie dimensioni sotto forma di nuvole di punti e avrà la finalità di generare una immagine tridimensionale dettagliata della struttura forestale.

Il Lidar utilizzato dovrà rispettare in generale la normativa vigente in termini di sicurezza. La ditta dovrà dichiarare che l'utilizzo di tale sistema non possa arrecare danno di alcun tipo a persona, cosa o animale. Qualora verrà accertata infrazione a quanto detto in precedenza, la ditta sarà ritenuta direttamente responsabile. Il sistema Lidar dovrà quindi possedere i requisiti minimi per garantire il

raggiungimento delle precisioni e delle densità specificate in seguito. Saranno valutate le seguenti caratteristiche del sensore:

Scarto quadratico medio (1 sigma) altimetrico, angolo di scansione, accuratezza verticale e orizzontale, n° di impulsi laser al secondo, densità di punti rilevabili per ettaro, classe di sicurezza per gli occhi. Le modalità di rilievo devono garantire una risoluzione di almeno 5 pt/mq.

La tolleranza altimetrica dovrà essere pari a 25 cm per le quote ellissoidiche e 40 cm per quelle ortometriche (in questo è compresa sia la tolleranza sul dato laser che quella sul geoide);

L'errore massimo totale di classificazione (dato dalla somma degli errori sulle singole classi: terreno, vegetazione, edificato) deve essere inferiore al 5%.

Sia il DSM che il DTM avranno struttura matriciale in formato da concordare con la D.L e un passo di campionamento di 1metro, con precisione minima in quota almeno compresa tra i 30 e i 50 cm. Ai fini della realizzazione delle ortofoto, per la specifica ortorettifica dell'immagine, potrà essere utilizzato un DTM con passo di campionamento 5m, con precisione in quota di 0,50 - 1m.

La fase di acquisizione dovrà essere realizzata in modo che il sensore determini almeno 4 distanze per ogni impulso.

La fase di processamento sarà costituita dalle seguenti attività:

1) Allineamento delle scansioni e registrazione.

E' necessario fare numerose scansioni per ottenere una copertura totale nell'acquisizione in considerazione della morfologia del terreno, numero di oggetti da rilevare e vicinanza degli edifici.

Per poter allineare e ricomporre, in una rappresentazione globale, le nuvole di punti parziali ottenute da ciascuna scansione è necessario che le varie scansioni abbiano delle zone comuni di sovrapposizione (almeno un 30% circa) comprendenti punti facilmente riconoscibili dell'oggetto.

2) Pulitura della nuvola di punti e filtraggio.

3) Semplificazione della nuvola di punti

4) Calcolo volume della biomassa. I risultati ottenuti non dovranno differire per più del 10% con i dati ottenuti con le misure in campo descritte al paragrafo 4.5

5) Analisi e classificazione delle immagini iperspettrali

6) Individuazione delle firme spettrali delle diverse specie arboree

7) Goereferenziazione e ortorettifica delle immagini iperspettrali

8) Individuazione e vettorializzazione delle chiome dei singoli alberi. Dovrà essere fornito un geo database dei singoli alberi in formato ASCII e shp di ESRI indicante le coordinate della pianta, quota della base ed altezza della stessa e la specie, come definita dalla classificazione del dato iperspettrale. Sarà tollerato un errore nella conta degli individui del 10%.

9) Decimazione, riduzione del modello a vari livelli di dettaglio in modo da renderlo utilizzabile in vari contesti di visualizzazione e fruizione, archiviazione dei progressivi processi di riduzione in modo che i dati non vadano persi.

10) Ortorettifica, georeferenziazione e geometrizzazione delle foto in base al DTM.

11) Rilievo in campo e verifica dei risultati ottenuti

Il calcolo del DTM e DSM dovrà essere effettuato con software standard internazionali, di particolare validità cartografica e compatibile con i più comuni formati cartografici.

Per le posizioni planimetriche dei punti memorizzati sono stabilite le tolleranze indicate nel seguito:

Le **coordinate planimetriche** memorizzate (E'_P, N'_P) di un punto P della ortofoto e le coordinate (E_P, N_P) dello stesso punto ricavate, con operazioni topografiche dirette sufficientemente precise che lo colleghino ai vertici della rete di inquadramento o raffitimento più vicini, devono soddisfare la relazione:

$$[(E'_P - E_P)^2 + (N'_P - N_P)^2]^{1/2} \leq 0{,}50 \text{ m}.$$

La **distanza orizzontale** d' fra due punti, calcolata in base alle loro coordinate memorizzate, e la distanza orizzontale d fra gli stessi due punti, misurata direttamente sul terreno con operazioni sufficientemente precise, devono soddisfare le seguenti relazioni:

$|d' - d| \leq (0{,}50 + d'/1000)$ m quando $d' \leq 600$ m;

$|d' - d| \leq 0{,}80$ m quando $d' > 600$ m.

Per le riprese LIDAR dovranno essere fornite anche la frequenza degli impulsi laser, il numero di punti/mq e le accuratezze altimetriche attesi.

Relativamente al rilievo LiDAR, per la valutazione della qualità del rilievo, dovrà essere consegnata 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, chiaramente riportate tutte le eventuali criticità riscontrate nella fase del volo e nelle successive elaborazioni.

In particolare, la relazione dovrà contenere:

- la garanzia scritta sui seguenti punti:
    - che non si sono verificati problemi tecnici durante i voli per l’acquisizione dei dati

  - che le aree rilevate non presentano alcuna discontinuità
- rapporto di volo, i grafici con l'interasse e l'ingombro delle strisciate ed i dati dei voli;
- i risultati dei confronti 3D tra i punti rilevati con LiDAR e le aree-test e opportune analisi statistiche sugli stessi (disponibile anche in formato di foglio di calcolo elettronico);
- 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
  - 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 sull'aeromobile.
- il grafico e il tabulato in formato di foglio di calcolo elettronico con il ricoprimento trasversale tra le varie strisciate;

I grafici e le carte allegati saranno consegnati anche in un formato GIS da concordare con la DL. Si precisa che la Commissione di Collaudo (CC) potrà richiedere specifici documenti quali:

a. la carta delle differenze massime (in valore assoluto) tra le quote dei punti relative a due strisciate nelle zone di ricoprimento e le crossline.

b. la tabella contenente le statistiche del confronto tra tutte le strisciate nelle aree di ricoprimento; in particolare dovranno essere riportati: identificativi delle strisciate, minimo, massimo, media, mediana e deviazione standard delle differenze;

c. la carta raster del numero di misure per ogni cella della griglia corrispondente al prodotto finale.

Al termine delle lavorazioni dovrà essere consegnato sia il dato grezzo LiDAR senza trattamenti di filtraggio o adattamento di alcun tipo, fornito per singola strisciata, conservando la ridondanza delle misure, ripetute ad ogni passaggio, sulle aree-test, sia la nuvola di punti complessiva, quella del terreno, quella della vegetazione, e quella dell'edificato.

Le nuvole di punti dovranno essere fornite in formato TXT.

Inoltre per ogni impulso dovrà essere fornito il tempo di emissione e per ogni eco le coordinate UTM-WGS84-ETRF89, le quote ellissoidiche (espresse in metri e approssimate alla seconda cifra decimale) e il valore dell'intensità.

17. DATI GREZZI

I dati grezzi ricavati dall'acquisizione con tecnologia laser scanning dovranno essere strutturati sotto forma di coordinate di punti x, y, z, forniti per ogni singola strisciata e non dovranno subire trattamenti di filtraggio.

18. RIPRESE LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICHE

Le Riprese aerofotogrammetriche dovranno possedere tutti i requisiti tecnici atti a garantire la perfetta rispondenza del successivo lavoro di restituzione ortofotografica, del DTM e del DSM di precisione alle caratteristiche tecniche richieste nel presente bando.

In particolare la Ditta aggiudicataria descriverà strumenti e procedure di misura con caratteristiche tali da ovviare le eventuali problematiche di instabilità del segnale GPS del sistema (telemetro laser, sistema inerziale, GPS) utilizzato nelle rilevazioni. Qualora si utilizzino camere digitali con sistemi GPS, durante l'esecuzione delle misure con la tecnica di misura differenziale, dovranno essere presenti almeno 2 stazioni GPS a terra. Le stazioni, dotate di ricevitori GPS a doppia frequenza, dovranno essere posizionate ad una distanza massima di 30 km dal sensore, e ricevere il segnale da almeno 5 satelliti; i medesimi intercettati dal sistema GPS dell' aviomobile.

Le coordinate delle stazioni a terra devono essere determinate nella rete geodetica IGM95.

Per ciascuna strisciata dovranno essere riportate, in una relazione allegata, la data del volo, l'ora, la quota relativa ed assoluta e l'asse di volo, la velocità relativa, l'angolo e la frequenza di scansione, i GCP e le relative reti di inquadramento e di raffittimento. Per le riprese con sistema GPS dovranno essere allegate la posizione e le monografie delle stazioni di riferimento GPS. Anche se volato in epoca differente, ogni blocco dovrà avere, rispetto a quelli adiacenti, una zona di sovrapposizione (almeno il 30% circa) sufficiente a garantire la continuità della copertura e a permettere il controllo della corretta georeferenziazione dei dati acquisiti. All'interno di ogni blocco la ditta appaltante dovrà disporre opportune aree test sulle quali verrà certificata la stabilità di calibrazione del sensore. Sempre allo stesso scopo, ogni blocco dovrà essere dotato di strisciate trasversali alla direzione principale di volo indicativamente in testa e in coda.

19. SISTEMA IPERSPETTRALE: CAMERA IPERSPETTRALE

La camera iperspettrale, opportunamente calibrata con misure a terra di aree campione, risulta essenziale per ottenere una accurata classificazione delle tipologie forestali presenti nelle aree oggetto di studio. Al fine della corretta calibrazione del sistema la ditta appaltante dichiarerà di avere la disponibilità di uno spettrometro o di un altro strumento utile alla calibrazione dell' apparato. Saranno valutate le seguenti caratteristiche:

- risoluzione a terra,

- ampiezza dell'intervallo spettrale investigabile per una accurata classificazione della vegetazione,
- n° di bande registrabili,
- possibilità di configurazione delle bande.

20. PROGETTAZIONE DEI TRANSETTI E MISURE DENDROMETRICHE

L'Ente Foreste predisporrà in accordo con la Ditta un piano di campionamento a terra utile alla calibratura degli strumenti e verifica dei dati ottenuti. Saranno individuate all'interno dell'area in oggetto (zona Tempio-Limbara) 8 aree di saggio dove saranno effettuate delle osservazioni e rilievi di dettaglio atti alla definizione dei parametri relativi alla struttura della vegetazione che caratterizza il territorio, caratterizzazione delle specie presenti e numero di individui, altezza della vegetazione, il carico di materiale vegetale (biomassa e necromassa), indice di area fogliare (LAI), area di insidenza. Per le attività in campo saranno messe a disposizione da parte dell' Ente Foreste della Sardegna n.8 unità di personale per il periodo necessario nell'arco della durata dell'appalto.

21. RIEPILOGO MATERIALI DA CONSEGNARE

La consegna del progetto o parti di esso dovrà contenere un file TXT che indichi il contenuto della consegna stessa, la data di predisposizione e ogni altro elemento che serva ad inquadrarlo nello sviluppo temporale e sequenziale dei lavori.

I materiali oggetto della consegna dovranno essere:

a) Grafico delle strisciate, dati dei voli, progetto rete plano-altimetrica dei punti d'appoggio
b) Rapporto di volo su supporto cartaceo e vettoriale
c) Registro delle stazioni GPS permanenti, utilizzate per la correzione differenziale
d) Confronto tra i dati 3D e i dati provenienti dalle aree test, comprensivo del calcolo degli scarti delle misure eseguite e opportuna analisi statistica sugli stessi.
e) Garanzia scritta sui seguenti punti:
    - non si sono verificati problemi tecnici durante i voli e l'acquisizione dei dati
    - i dati non sono influenzati da offset, inclinazioni e curvature del volo e sono stati verificati
    - le aree misurate non presentano alcuna discontinuità

La fornitura del materiale dovrà essere effettuata nel sistema di riferimento Roma 40 Gauss-Boaga e nel sistema di riferimento WGS84 UTM32

- Dati grezzi di acquisizione con il laser scanner sotto forma di coordinate x, y, z in file in formato da concordare con la D.L. Per ogni punto vengono riportati la quota ellissoidica, e il relativo valore di riflettività. Il tracciato dei file ed il taglio saranno concordati con la D.L.
- 1 o 2 DTM (passo 1x1m e passo 5x5m se prodotto); in formato Esri-grid di Arc/info o comunque in un formato compatibile ai SW in dotazione all'amministrazione. Il tracciato dei file ed il taglio saranno concordati con la D.L.
- DSM delle superfici, in formato ASCII raster e ASCII text; passo minimo 1x1m in formato Esri-grid di Arc /info o comunque in un formato compatibile ai SW in dotazione all'amministrazione. Il tracciato dei file ed il taglio saranno concordati con la D.L.
- Dati iperspettrali grezzi
- Dati iperspettrali espressi in valore di radianza geocodificati sul DTM con risoluzione minima 1x1m in formato Esri-grid di Arc/info o comunque in un formato compatibile ai SW in dotazione all'amministrazione. Il tracciato ed il taglio dei file saranno concordati con la D.L.
- Dati iperspettrali espressi in valore di riflettanza geocodificati sul DTM con risoluzione minima 1x1m in formato Esri-grid di Arc/info o comunque in un formato compatibile ai SW in dotazione all'amministrazione, il tracciato ed il taglio dei file saranno concordati con la D.L.
- Immagini delle singole foto in formato ECW con compressione 1;
- Ortofoto digitali in formato tiff non compresso;
- Ortofoto digitali in formato ECW con compressione 1;
- Mosaico delle ortofoto secondo il taglio da definire in formato ECW con compressione 1.
- Monografie dei punti necessari per la triangolazione aerea su supporto digitale;
- Monografie dei punti della rete GPS su supporto digitale;
- Monografie dei punti di appoggio su supporto digitale;
- Database relativo alle specie vegetali censite;
- Geodatabase in formato ASCII e .shp di ESRI delle specie arboree censite così come definito dalla classificazione del dato iperspettrale e descritto nei paragrafi precedenti del presente allegato tecnico.

Comunque la Ditta è tenuta a prendere visione delle strumentazione HW e SW in possesso dell'Amministrazione, fermo restando che la stessa dovrà fornire i prodotti su supporto magnetico, sia su Hard Disk sia su dischi rigidi esterni adeguati in numero e capacità di memoria, compatibili a quelli in uso presso l'Amministrazione al momento della consegna del materiale. Tutti i supporti forniti rimarranno di proprietà dell'amministrazione.

22. PROPRIETÀ DEI DATI E RISERVATEZZA

L'Ente Foreste della Sardegna acquisterà la proprietà piena ed esclusiva di tutto il materiale oggetto della fornitura, e di tutti i diritti che ne derivano. L'impresa stessa assume, inoltre, la responsabilità

piena ed esclusiva nei confronti dei terzi che dovessero rivendicare diritti di autore su parti e elementi del materiale utilizzato.
L'impresa è in ogni caso impegnata all'utilizzazione riservata e alla restituzione del materiale fornito al termine dei lavori e a non diffondere dati sia relativi a questi che al prodotto realizzato.

Il Direttore del Servizio

Giuliano Patteri