



ARETHUSA

GEOLOGIA AMBIENTE TERRITORIO E SICUREZZA

committente:

COMUNE DI CASTIGLIONE DELLE STIVIERE

incarico:

**Progetto definitivo per la realizzazione del
Parco Pirossina
(recupero ambientale dell'ex cava in
località Pirossina con realizzazione di area
feste)**

riferimento:

**RT2
Relazione tecnica rilievo aerofotogrammetrico**

ubicazione:

Castiglione delle Stiviere (Mn)

data:

Marzo 2021

a cura di:

Responsabile tecnico: Dott. Ermanno Dolci – OGL n. 333

Relazione a cura di: Geom. Michele Galizia



ISO 9001
LL-C (Certification)



ISO 14001
LL-C (Certification)

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. GENERALITA'	4
3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	5
4. ACQUISIZIONE.....	7
5. GEOREFERENZIAZIONE	9
6. SISTEMA DI RIFERIMENTO DELLE COORDINATE.....	10
7. POST ELABORAZIONE E RESTITUZIONE	11

1. PREMESSA

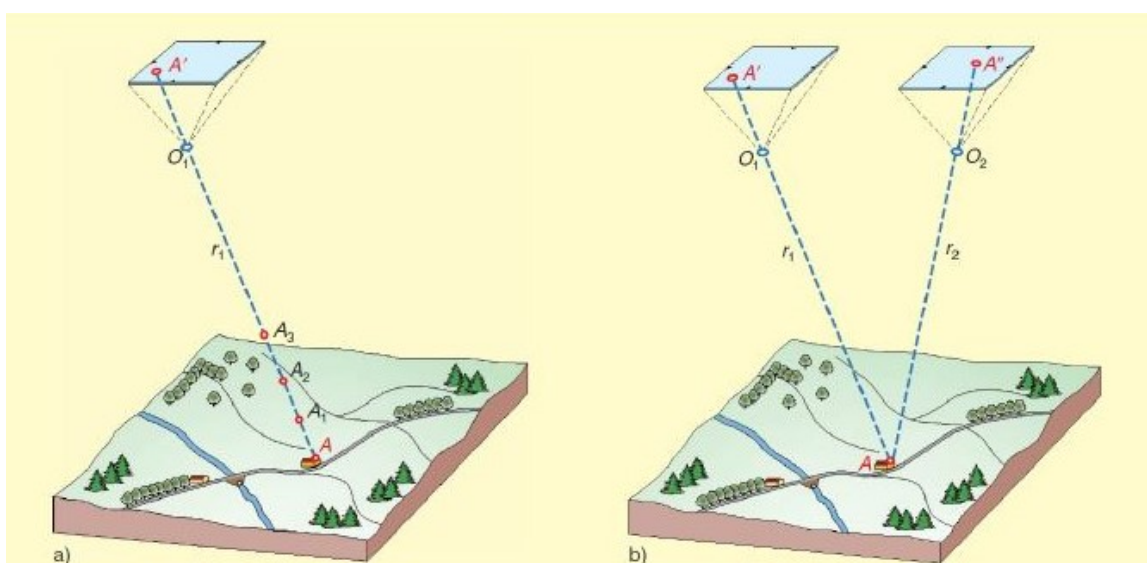
Il rilievo dell'area è stato condotto il 20 novembre 2020, mediante l'esecuzione di una serie di voli aerofotogrammetrici con veicolo APR (droni a pilotaggio remoto), volti alla ricostruzione delle geometrie delle aree, coadiuvati da una serie di operazioni topografiche di appoggio svolte a terra mediante l'uso di GNSS.

Il velivolo utilizzato è stato un drone multicottero, mediante il quale si è proceduto all'acquisizione di fotografie nadirali e oblique a forte sovrapposizione.

Nel presente rapporto di indagine si forniscono i dettagli relativi alla strumentazione ed alla metodologia di rilievo adottata, alla restituzione ed alla presentazione finale degli elaborati.

2. GENERALITA'

La tecnica fotogrammetrica è una metodologia di rilievo classica, basata sull'acquisizione di immagini della stessa area ma da diversi punti di vista e parzialmente sovrapposte. Sfruttando il principio della stereoscopia, a partire dai dati relativi al posizionamento ed orientamento della fotocamera al momento dello scatto, dal tipo di obiettivo utilizzato e dalla risoluzione delle immagini, la ricostruzione matematica della geometria prospettica consente di effettuare una triangolazione ottica dei punti individuati dai pixel delle immagini e ricostruire la geometria tridimensionale delle aree fotografate:



Come indicato in introduzione, la restituzione della geometria delle aree è avvenuta con tecnica fotogrammetrica attraverso una metodologia di acquisizione ed elaborazione fotografie nadirali e oblique scattate secondo uno schema di posizioni tali da risultare in una forte sovrapposizione reciproca.

I seguenti paragrafi mostrano in maggior dettaglio le operazioni di acquisizione, elaborazione e restituzione.

3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'esecuzione dei voli aerofotogrammetrici è avvenuta il 20 novembre 2020; il velivolo utilizzato è un drone a pilotaggio remoto Phantom 4 RTK prodotto dalla compagnia DJI.

DJI ha riprogettato i suoi droni, rivoluzionando i suoi sistemi per garantire un nuovo standard di accuratezza, per fornire dati accurati al centimetro con un numero minimo di punti di controllo a terra. Il modulo RTK, integrato nel drone, raccoglie i dati di posizionamento a livello centimetrico e in tempo reale, ottenendo metadati di immagine con un'elevata accuratezza. Oltre alla sicurezza di un volo ottimizzato, e alla raccolta di dati precisi, Phantom 4 RTK memorizza i dati di osservazione satellitare per rielaborarli in PPK (Cinematico post-processato) tramite l'uso di DJI Cloud PPK Service.



Phantom 4 RTK è stato utilizzato connettendo il suo sistema di posizionamento alla stazione mobile D-RTK 2 (ricevitore GNSS ad alta precisione). D-RTK 2 Mobile Station supporta pienamente i segnali GPS, GLONASS, Beidou e GALILEO, fornisce dati differenziali in tempo reale per ottenere una precisione di posizionamento a livello di centimetro. L'antenna integrata ad alto guadagno offre una migliore ricezione del segnale da più satelliti anche in presenza di ostacoli.





Le caratteristiche del sistema in configurazione pronto volo sono le seguenti:

- Peso 1391 g
- Tempo massimo di volo fino a 1h20m32s
- Velocità di crociera 5 m/s
- Distanza di collegamento radio fino a 100 m
- Risoluzione fotocamera 20 Mpixel
- GSD – Ground Sample Distance (dim. Pixel) 2,74 cm/pixel
- Accuratezza orizzontale di 1cm+1ppm e verticale di 1,5cm+1ppm, e un'accuratezza assoluta orizzontale di 5cm.

4. ACQUISIZIONE

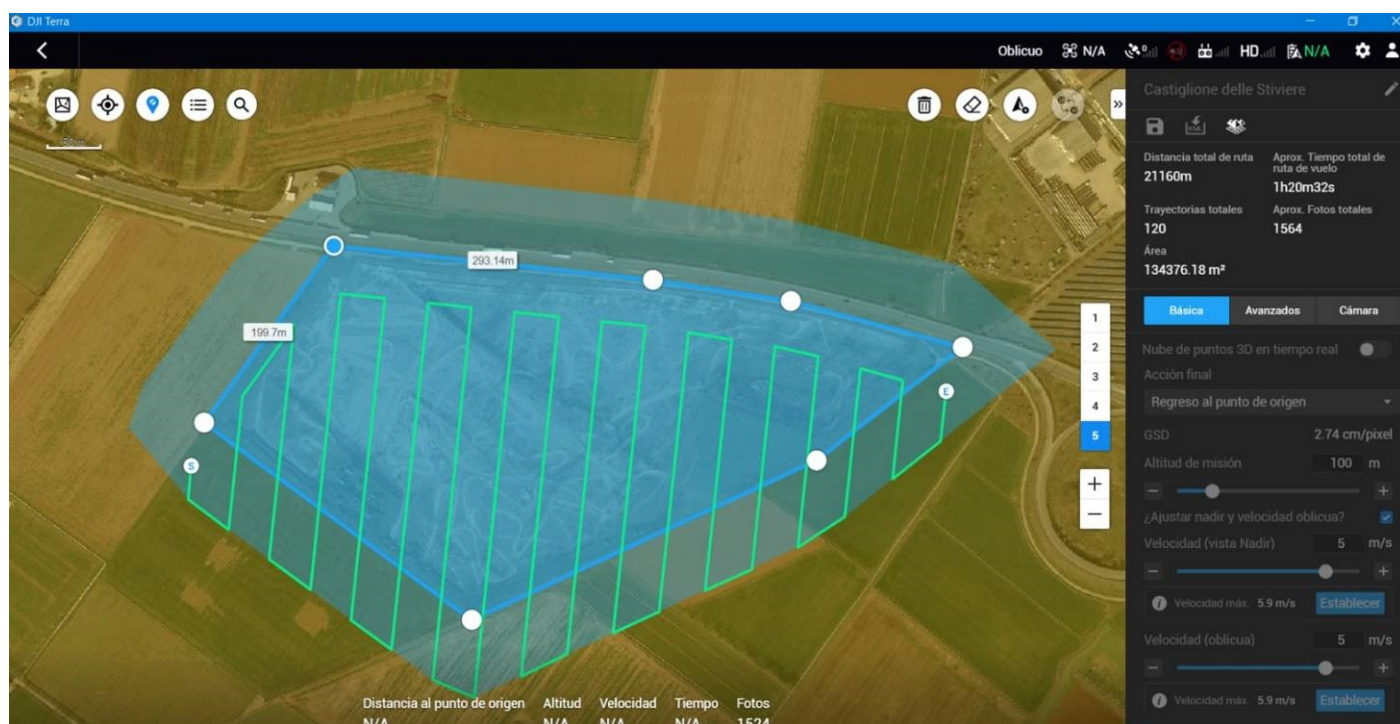
Il rilievo sul sito interessava un'area di dimensioni inferiore ai 0.13 kmq, in fase di pianificazione dei voli, le aree sono state leggermente ampliate al fine di includere le immediate pertinenze per una estensione globalmente rilevata e restituita pari ad oltre 0.1 kmq.

Sono stati realizzati un totale di 5 voli, ognuno dei quali eseguito mediante una serie di strisciate percorse in senso parallelo e perpendicolare alla direzione di massima pendenza del sito. Ogni volo è stato realizzato ad una quota nominale pari a circa 100 m agl (above ground level = quota rispetto al suolo) cui corrisponde un GSD (ground sample distance – dimensione nominale del pixel a terra) pari a circa 2.74 cm/pixel.

L'obiettivo della fotocamera è un grandangolare standard da 24 mm equivalenti.

Al fine di fornire ridondanza e migliorare la qualità della restituzione, la sovrapposizione longitudinale e trasversale tra le fotografie è stata impostata ad un valore pari rispettivamente al 80% (foto lungo la stessa strisciata) e 85% (foto tra strisciate adiacenti) cui corrisponde un totale di circa 1564 immagini globalmente acquisite durante tutti i voli.

La seguente immagine mostra la schermata dei piani di volo, ripresa dal software di controllo e pilotaggio remoto del drone:



La seguente immagine mostra le effettive posizioni di presa dei fotogrammi e della loro sovrapposizione:

Comune Castiglione delle Stiviere (MN)

Progetto definitivo per la realizzazione del Parco Pirossina (recupero ambientale dell'ex cava in località Pirossina con realizzazione di area feste)



5. GEOREFERENZIAZIONE

Per questo lavoro, vista la semplicità di accesso si è deciso di verificare l'appoggio a terra del rilievo secondo la tecnica tradizionale, che prevede la georeferenziazione del blocco fotogrammetrico ubicando, in posizioni opportune, un numero congruo di GCP (Ground Control Point) in forma di bersagli rilevabili dalla fotocamera del drone, le cui coordinate sono state rilevate tramite misure a terra con ricevitore GPS differenziale.

Le seguenti immagini mostrano un esempio di posa e misura del bersaglio di controllo a terra:



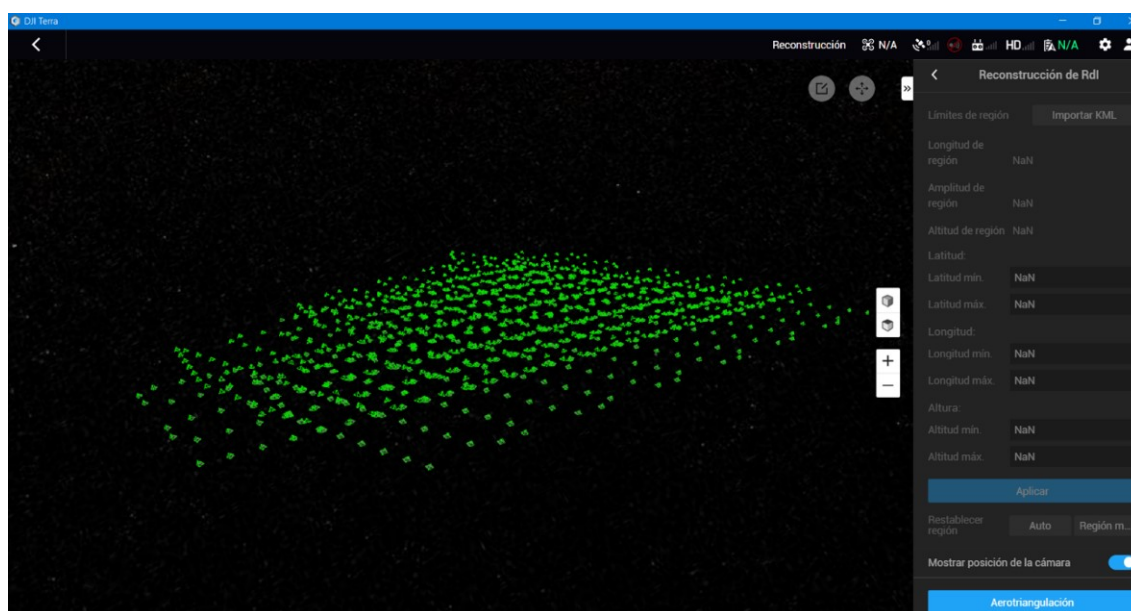
6. SISTEMA DI RIFERIMENTO DELLE COORDINATE

Il sistema di riferimento delle coordinate adottato in fase di rilievo e restituzione è stato ETRF2000, in proiezione UTM Fuso 32. Il sistema ETRF2000 rappresenta un aggiornamento del sistema WGS84, inizialmente adottato dalla costellazione GPS, e modificato negli anni per tenere conto del movimento della crosta terrestre.

Le quote sono state convertite da ellissoidiche ETRF2000 ad ortometriche mediante modello geoidico Italgeo 2005 (riconosciuto come livello medio del mare) fornito dall'IGM.

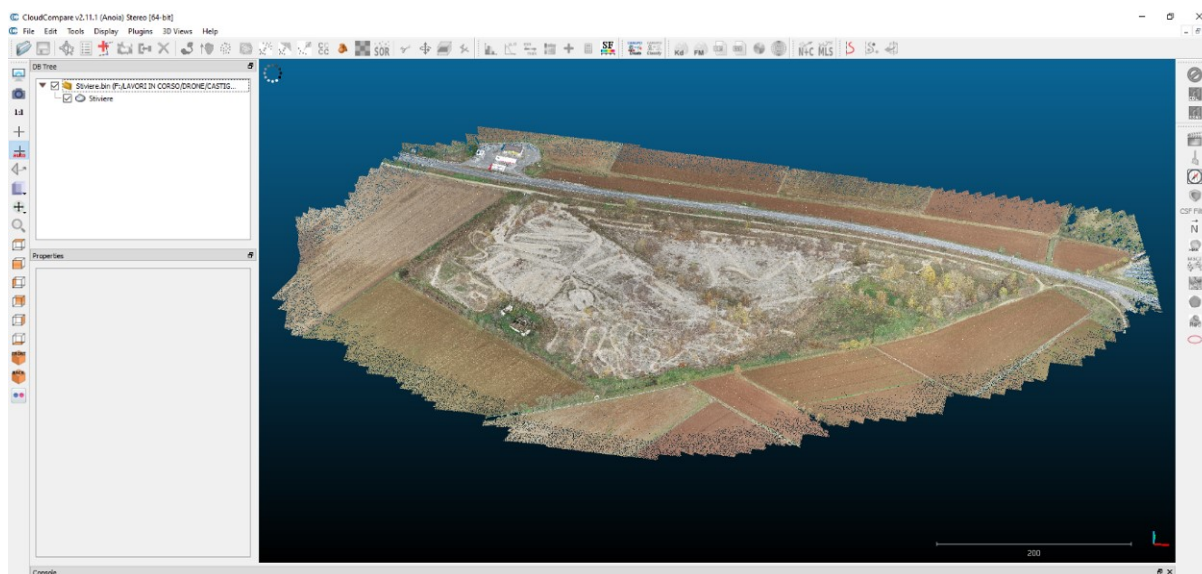
7. POST ELABORAZIONE E RESTITUZIONE

Il rilievo aereo è stato restituito tridimensionalmente mediante apposito software di elaborazione fotogrammetrica (structure from motion DJI Terra), tramite il quale si è proceduto alla ricostruzione dell'orientamento delle prese fotografiche al momento dell'acquisizione, alla correzione delle distorsioni introdotte dal sistema obiettivo/sensore ed alla generazione delle coordinate 3D dei punti omologhi visibili contemporaneamente su più fotografie (principio stereoscopico), per un totale di circa 5'476'329 di punti restituiti su tutta l'area. La seguente immagine mostra una fase della ricostruzione del blocco fotogrammetrico composto dall'insieme delle fotografie orientate, tratto da una schermata del software di post-produzione:



La densa nuvola di punti prodotta dal software fotogrammetrico corrisponde ad un modello digitale di superficie (DSM) in grado di descrivere con notevole accuratezza le aree cartografate. La nuvola è stata quindi sottoposta all'applicazione in sequenza di una serie di filtri morfologici, mediante un software per l'elaborazione dei dati telerilevati, che hanno consentito la rimozione della vegetazione e degli oggetti fuori terra al fine di ottenere il modello digitale del terreno (DTM).

La seguente immagine mostra un esempio della classificazione della nuvola di punti a seguito dell'applicazione della sequenza di filtri:



Il modello così ottenuto è stato infine sottoposto ad operazioni di meshatura ad elementi triangolari irregolari (TIN) e texturizzazione per la creazione del modello 3D fotorealistico su tutta l'area ed all'estrazione dei seguenti prodotti:

- Modello digitale di superficie così come nativamente creato dal modello fotogrammetrico, caratterizzato da un GSD (Ground Sample Distance = dimensione nominale del pixel a terra) pari a 2cm, in formato matrice .tif georeferenziata;
- Ortofoto delle aree in formato jpeg georeferenziati, caratterizzati da un GSD (Ground Sample Distance= dimensione nominale del pixel a terra) pari a 2 cm;
- Piano quotato dell'area, con curve di livello equispaziate ad intervalli di 1 m e in formato digitale per software cad.

Le immagini seguenti mostrano alcuni esempi dei modelli tridimensionali ottenuti dall'elaborazione dei rilievi effettuati:

