



COMUNE DI MASSA
PROVINCIA DI MASSA-CARRARA

**PIANI DI BACINO DI INIZIATIVA
PUBBLICA DEI BACINI ESTRATTIVI
NEL COMUNE DI MASSA**

Allegato 5

**INDICAZIONI PER IL CONTROLLO
DELLE VOLUMETRIE ESTRATTE E DEL
MATERIALE MOVIMENTATO**

Indicazioni per il controllo delle volumetrie estratte e del materiale movimentato

Al fine di effettuare un controllo sulle volumetrie estratte e sull'escavato al monte si prevede un monitoraggio dell'attività estrattiva, tramite un approccio quantitativo. Per perseguire tale fine, il controllo delle volumetrie estratte e accumulate dovrà essere effettuato adottando un approccio multi-temporale, tramite specifici rilievi, diversi in considerazione delle tipologie di attività estrattive presenti sul territorio: cave a cielo aperto e cave in sotterraneo.

- Cave a cielo aperto:

Per quanto concerne le attività estrattive a cielo aperto, dovranno essere eseguiti rilievi aerofotogrammetrici riferiti all'area di cava in lavorazione oltre che ai piazzali di stoccaggio e ai ravaneti. I rilievi saranno finalizzati alla realizzazione minima di:

- Nuvole di punti 3D, ripulite di elementi di disturbo alle analisi volumetriche (es. vegetazione, cavi, macchinari) fedelmente rappresentative di tutti gli elementi caratteristici necessari ad una corretta valutazione dell'escavato al monte;
- Modelli Digitali di Elevazione (DEM) rappresentativi delle quote assolute (s.l.m.) delle aree di interesse;
- Ortofoto di dettaglio di tutte le aree di cava;
- Report delle attività svolte.

Nello specifico, tali rilievi dovranno essere effettuati con un sensore che, in integrazione con il sistema di rilevamento remoto prescelto, consenta di ottenere fotogrammi con una risoluzione a terra (GSD – *Ground Sample Distance*) pari o inferiore a 10 cm/pixel. Il rilievo aerofotogrammetrico dovrà inoltre essere affiancato da uno specifico rilievo topografico da effettuare tramite strumentazione GNSS (*Global Navigation Satellite System*), con facoltativa integrazione con Stazione Totale, per l'acquisizione di adeguati punti di controllo e di verifica addizionale (GCP – *Ground Control Points* e CP – *Check Points*) ben distribuiti su tutte le aree di studio, da utilizzare per il processo di realizzazione degli elaborati sopra indicati. L'accuratezza plano-altimetrica dei punti acquisiti (GCP-CP) dovrà essere inferiore a 5 cm. Nei report allegati, relativi a ciascuna area estrattiva, dovrà poi essere riportato l'errore di posizionamento, in termini di scarto quadratico medio (RMSE - *Root Mean Square Error*) registrato nei modelli 3D sui GCP e sui CP. Inoltre, l'ortofoto e il DEM prodotti dovranno avere una risoluzione spaziale non inferiore a 10 cm/pixel.

Non si esclude la possibilità di utilizzo anche di altre tecniche per la realizzazione dei prodotti sopra indicati (es. *laser scanning*), purché presentino gli stessi livelli minimi di accuratezza plano-altimetrica e risoluzione.

I prodotti finali dovranno essere inoltre georeferenziati in senso assoluto, nel sistema di riferimento indicato dal Comune di Massa.

Per la valutazione delle volumetrie estratte si dovrà procedere ad un confronto multi-temporale, anno per anno (es. confronto 2020-2021; confronto 2021-2022; confronto 2022-2023), dei prodotti ottenuti al fine di analizzare variazioni volumetriche legate all'estrazione e all'accumulo di materiale occorse nel periodo compreso tra i due rilievi. In tale elaborazione si dovrà tener conto dell'errore di disallineamento tra le nuvole di punti ottenute nei diversi periodi, da verificare su almeno tre aree test per ogni cava all'interno delle quali non siano stati documentati cambiamenti. A completamento dell'elaborazione dovranno essere realizzati, per ogni cava, i seguenti elaborati minimi:

- Relazione contenente gli esiti delle elaborazioni eseguite, comprendente anche la stima degli errori di coregistrazione, la stima dei cambiamenti volumetrici significativi e delle relative incertezze;
- Mappa delle aree di cambiamento.

Al netto delle elaborazioni indicate, deve essere prevista la possibilità di ulteriori rilievi di dettaglio qualora vi siano aree che presentano distorsioni o errori non compatibili con le finalità del monitoraggio.

- Cave in sotterraneo:

Per quanto concerne le attività realizzate in sotterraneo, i rilievi dovranno essere eseguiti tramite strumentazione Laser Scanner Terrestre (con immagini fotografiche ad alta risoluzione associate) e riferiti all'area di cava in lavorazione oltre che ai piazzali di stoccaggio e ai ravaneti. I rilievi saranno finalizzati alla realizzazione minima di:

- Nuvole di punti 3D (comprehensive del dato fotografico RGB) ripulite di elementi di disturbo alle analisi volumetriche (es. vegetazione, cavi, macchinari) fedelmente rappresentative di tutti gli elementi caratteristici necessari ad una corretta valutazione delle volumetrie movimentate;
- Visualizzatore foto-realistico con associato dato geometrico puntuale georeferenziato, comprensivo di strumenti di misurazione, per la condivisione del dato ottenuto;
- Report delle attività svolte.

Nello specifico, le scansioni laser relative all'area in sotterraneo e ai piazzali di stoccaggio dovranno essere effettuate in numero e con un passo di campionamento adeguato alle caratteristiche dell'area di indagine (con un minimo di 200 punti per metro quadrato nelle aree accessibili e contigue), in modo da rilevare tutti gli elementi di interesse ai fini dei calcoli volumetrici. Da ogni punto di scansione dovrà essere acquisito un dato fotografico di alta risoluzione che permetta la generazione di una nuvola di punti finale con associato il dato RGB.

Il rilievo Laser Scanner dovrà inoltre essere affiancato da uno specifico rilievo topografico tramite strumentazione GNSS/Stazione Totale per l'acquisizione di adeguati target di riferimento necessari per l'allineamento e la georeferenziazione dell'intero rilievo nel sistema di riferimento definito dal Comune di Massa. L'accuratezza plano-altimetrica assoluta dei target acquisiti dovrà essere inferiore ai 2 cm. Nei report allegati, relativi a ciascuna area estrattiva, dovrà essere riportato l'errore di georeferenziazione ottenuto calcolato sui target e sull'allineamento delle singole scansioni.

Per quanti riguarda i ravaneti, viste le possibili difficoltà di rilievo tramite Laser Scanner Terrestre dovute a posizione ed estensione degli stessi, si prevede la possibilità di eseguire i rilievi adottando le stesse modalità previste per le cave a cielo aperto.

Non si esclude la possibilità di utilizzo anche di altre tecniche per la realizzazione dei prodotti sopra indicati, purché presentino gli stessi livelli minimi di accuratezza plano-altimetrica e dettaglio.

Per la valutazione delle volumetrie estratte si dovrà procedere ad un confronto multi-temporale, anno per anno (es. confronto 2020-2021; confronto 2021-2022; confronto 2022-2023), dei prodotti ottenuti al fine di analizzare variazioni volumetriche legate all'estrazione e all'accumulo di materiale. In tale elaborazione si dovrà tener conto dell'errore di disallineamento tra le nuvole di punti ottenute nei diversi periodi, da verificare su almeno tre aree test per ogni cava all'interno delle quali non siano stati documentati cambiamenti. A completamento dell'elaborazione dovranno essere realizzati, per ogni cava, i seguenti elaborati minimi:

- Relazione contenente gli esiti delle elaborazioni eseguite, comprendente anche la stima degli errori di coregistrazione, la stima dei cambiamenti volumetrici significativi e delle relative incertezze;
- Mappa delle aree di cambiamento.

Al netto delle elaborazioni indicate, deve essere prevista la possibilità di ulteriori rilievi di dettaglio qualora vi siano aree che presentano distorsioni od errori non compatibili con le finalità del monitoraggio.