

COMUNE DI CARRARA

PROVINCIA DI MASSA CARRARA

PIANO DI COLTIVAZIONE CAVA DENOMINATA "VALBONA" N. 94



REDATTA AI SENSI DELLA L.R. 10/10 E L.R. 35/15

ESERCENTE:

Società Apuana Marmi S.r.l.

TITOLO:

**PIANO DI GESTIONE E MITIGAZIONE
DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA**

II TECNICO:

Dott. Ing. Massimo Gardenato
ingegnere minerario



TAV.:

DATA:

DICEMBRE 2025

FILE:

RelTec_25



via G.Pascoli, 44 55032 Castelnuovo Garf.na (LU) - via di Turigliano, 24a 54033 Carrara (MS)
Tel. 0585 093077 e e-mail: studio@rocnnet.net



PIANO DI GESTIONE E MITIGAZIONE DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Premessa

La presente relazione, completa di allegati cartografici, è stata redatta a supporto della Verifica di assoggettabilità a Via ai sensi dell'art. 48 della L.R. 10/10 per la cava "Valbona" n° 94 esercita dalla Società Apuana Marmi s.r.l..

Nel presente documento si descriverà nel dettaglio questo ciclo produttivo e i necessari interventi di mitigazione che verranno usati per il loro contenimento.

Si precisa come nelle normali operazioni di cava, come per altri siti estrattivi di questo genere, non sono presenti emissioni convogliate.

Le uniche emissioni che possono originarsi durante le attività di lavorazione del previsto progetto sono costituite da emissioni diffuse di polveri, che possono essere prodotte durante le operazioni di carico e scarico del materiale, abbattimento bancate, movimentazione sui piazzali e rampe.

Tipologia delle lavorazioni e descrizione del ciclo produttivo

Il materiale derivante delle lavorazioni di cava è frutto delle seguenti più generali fasi lavorative (cicli di lavorazione):

- Esecuzione di avanzamenti in galleria con tagliatrice a catena da galleria e a cielo aperto con tagliatrice a catena da bancata (lavorazioni ad acqua o a secco con aspiratore)
- Esecuzione perforazioni per passaggio filo diamantato e realizzazione fori per chiodature (esecuzione con macchina perforatrice idraulica che lavora in presenza di acqua);
- esecuzione di tagli al monte con filo diamantato (lavorazioni condotte in presenza acqua per raffreddamento utensile);
- spostamento e/o rovesciamento di porzione di monte su letto di materiale detritico;
- sezionamento in blocchi, semiblocchi (a secco o acqua con filo diamantato);



- movimentazione e carico di blocchi semiblocchi ed informi mediante pala gommata;
- movimentazione e carico materiale detritico verso area di accumulo temporaneo (eventuale riduzione con martellone, movimentazione con pala gommata);
- movimentazione e carico materiale detritico su camion in area accumulo temporaneo.

Le bancate sono isolate al monte mediante tagli concorrenti realizzati passando il filo diamantato in fori predisposti all'uso e/o con utilizzo di tagliatrice a catena.

In dipendenza delle loro dimensioni sono ulteriormente sezionate al monte oppure rovesciate e nel piazzale di lavorazione vero e proprio dove vengono ridotte, a seconda della qualità merceologica apparente e della fratturazione che presentano, in blocchi commerciabili di varia dimensione.

Non vi sono postazioni fisse prevalentemente destinate alla riquadratura in quanto i blocchi vengono generalmente sezionati e riquadrati in prossimità della bancata da cui vengono distaccati stante le dimensioni ridotte dei cantieri di progetto.

Una postazione fissa può essere realizzata temporaneamente per qualche giorno o qualche settimana, ma poi viene sistematicamente adeguata alle necessità di cava laddove è più pratico.

I derivati della lavorazione non destinati alla riquadratura vengono portati nel punto di accumulo temporaneo esterno dove vengono ridotti di dimensioni, caricati su camion e trasportati a valle.

Emissioni in atmosfera

Come già indicato in premessa non sono presenti emissioni convogliate.

Le emissioni che possono originarsi durante le attività di lavorazione della cava sono costituite da emissioni diffuse di polveri, che possono essere prodotte durante le operazioni di:

- Esecuzione di avanzamenti in galleria con tagliatrice a catena da galleria e a cielo aperto con tagliatrice a catena da bancata;
- spostamento e/o rovesciamento di porzione di monte;
- movimentazione e carico di blocchi semiblocchi ed informi;
- riduzione, movimentazione e carico materiale detritico in area accumulo temporaneo;



- transito dei mezzi lungo le strade di arroccamento o sui piazzali.

In realtà le emissioni diffuse originate durante la fase produttiva di coltivazione sono molto scarse in quanto o le operazioni avvengono in presenza di acqua (macchinette a filo diamantato) o, nel caso di tagli a secco i materiali sono direttamente convogliati mediante coclea locale (aspiratore).

Formazioni di polvere localizzata si ha in realtà durante la fase di ribaltamento della bancata a cielo aperto con escavatore in quanto è necessaria la realizzazione di letto detritico non grossolano. In questa fase è prassi, in modo particolare nel periodo estivo, inumidire il letto con acqua al fine di limitare al minimo l'emissione di polveri.

Circa la fase di movimentazione dei mezzi nelle normali operazioni di cava è normale che nei periodi più secchi possa esservi sollevamento di polveri da parte degli stessi. Le emissioni in questo caso sono molto contenute, concentrate nelle aree di movimentazione e limitate nel tempo.

Le azioni di prevenzione e mitigazione sono garantite al meglio dalla costante periodica pulizia dei piazzali attuata secondo i protocolli di gestione dei piazzali (vedasi piano gestione AMD) che prevedono raccolta dei fini presenti.

Altra fase in cui è possibile la formazione di polveri è quella della movimentazione dei blocchi e del detrito durante la fase di movimentazione e caricamento su camion. In questo caso in realtà la formazione è molto limitata in quanto nel caso di movimentazione di blocchi lo spostamento avviene in modo molto lento e graduale causa la grandezza degli stessi e onde evitare che blocchi commerciali di un certo pregio possano essere "rovinati" mediante rotture degli spigoli del blocco stesso. Inoltre il blocco prima di essere movimentato viene lavato al fine della segatura per il successivo taglio.

Per quanto concerne la movimentazione del detrito, a cielo aperto lo stesso viene caricato nelle forme e dimensioni come determinato dal rovesciamento della bancata e viene spostato in altra area per la riduzione, mentre in sotterraneo è ridotto in dimensioni trasportabili mediante pala meccanica nei pressi dell'area di produzione e quindi caricato su camion.

Come detto, sia la bancata (già umida a seguito delle operazioni di taglio) che il letto sul quale viene rovesciata (come descritto sopra inumidito nei periodi più secchi prima del



rovesciamento) sono umidi e pertanto anche in questa fase la formazione di polveri è da ritenersi piuttosto limitata.

Nell'area di accumulo temporaneo del detrito lo stesso verrà ivi accumulato nelle forme e dimensioni provenienti da cava e l'accumulo sarà unicamente funzionale alla fase di riduzione e successivo carico su camion per il trasporto a valle.

Stima fattori di emissione diffusa

Per la valutazione degli impatti in fase di esercizio dei cantieri si è fatto riferimento all'allegato 2 delle Linee Guida del PRQA (Piano Regionale per la Qualità dell'Aria Ambiente), più precisamente al capitolo 6 "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti".

Al fine di valutare gli impatti di cantiere nel modello di calcolo sono state considerate tutte le sorgenti di polvere sopra esposte. Per ogni tipologia di sorgente considerata si illustrano di seguito le stime dei fattori di emissione. Per seguire tale approccio di valutazione è necessario conoscere diversi parametri relativi a:

- sito in esame (umidità del terreno, contenuto di limo nel terreno, regime dei venti);
- attività di cantiere (quantitativi di materiale da movimentare ed estensione delle aree di cantiere);
- mezzi di cantiere (tipologia e n. di mezzi in circolazione, chilometri percorsi, tempi di percorrenza, tempo di carico/scarico mezzi, ecc.).

Mentre alcune di queste informazioni sono desumibili dalle indicazioni progettuali, per altre è stato necessario fare delle assunzioni il più attinenti possibili alla realtà. Le ipotesi cantieristiche assunte per la stima delle emissioni e l'analisi modellistica sono le seguenti:

- Simulazione delle aree di lavorazione previste;
- Aree di movimentazione e stoccaggio dei materiali;
- Attività di scavo e caricamento dei materiali sui camion;
- Transito mezzi su piste non asfaltate;
- Numero mezzi meccanici/giorno presenti;
- Ore lavorative - 8 ore lavorative/giorno.



Transito mezzi su strade non asfaltate

Il transito di automezzi su strada può determinare un'emissione diffusa di polveri che è in funzione del tipo di strada (asfaltata o non asfaltata). Per la stima delle emissioni diffuse dalle strade non asfaltate, le linee guida prevedono di applicare il modello emissivo proposto al paragrafo 13.2.2 "Unpaved roads" dell'AP-42, di seguito riportato:

$$EF_i = k_i * \left(\frac{s}{12}\right)^{a_i} * \left(\frac{W}{3}\right)^{b_i}$$

dove:

i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);

s = contenuto in limo del suolo in percentuale in massa (%);

W = peso medio del veicolo;

EF = Fattore di emissione della strada non asfaltata (g/km);

Ki, ai, bi = coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato (vedi tabella seguente).

	k_i	a_i	b_i
PTS	1.38	0.7	0.45
PM ₁₀	0.423	0.9	0.45
PM ₂₅	0.0423	0.9	0.45

Valori dei coefficienti Ki, ai, bi al variare del tipo di particolato

Il peso medio dell'automezzo W deve essere calcolato sulla base del peso del veicolo vuoto e a pieno carico. Per il calcolo dell'emissione finale, Ei, si deve determinare la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo (numero di km/ora), sulla base della lunghezza della pista (km); è richiesto quindi il numero medio di viaggi al giorno all'interno del sito ed il numero di ore lavorative al giorno. L'espressione finale sarà quindi:

$$E_i = EF_i \times kmh$$

dove:

i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);

kmh = percorso di ciascun mezzo nell'unità di tempo (km/h).

Nelle linee guida si specifica che l'espressione indicata è valida per un intervallo di valori di



limo (Silt) compreso tra l'1,8% ed il 25,2%. Tuttavia, poiché la stima di questo parametro non è semplice e richiede procedure tecniche e analitiche precise, in mancanza di informazioni specifiche suggeriscono di considerare un valore medio all'interno dell'intervallo 12-22%.

La stima delle emissioni polverulente generate da tale attività è stata effettuata utilizzando i seguenti valori/assunzioni:

- Durata = 220 giorni lavorativi;
- Quantitativo medio annuo materiale prodotto = 4.998 mc (13.468 t);
- Peso del camion a pieno carico = 45 t;
- Numero medio di transiti giornalieri = 1,8;
- Numero di transiti all'ora: 0,23;
- K_i , a_i , b_i = 0,423, 0,9 e 0,45; tali coefficienti sono quelli proposti dalle Linee Guida per il particolato PM10;
- s = 12%; la percentuale scelta per il contenuto di silt della superficie stradale (valori suggeriti dalle Linee Guida compresi nell'intervallo tra 12% e 22%) in mancanza di informazioni specifiche;
- W = 30 t; tale parametro è stato stimato considerando il peso medio tra la condizione a pieno carico (45 t) e quella a vuoto (15 t) nella considerazione che in tale fase nella movimentazione vi sia un percorso di arrivo a vuoto e un percorso di partenza con carico o viceversa;
- L = 600 m circa; tale distanza corrisponde alla lunghezza media delle tratte percorse da ciascun camion su strada non asfaltata dal cumulo temporaneo sino all'uscita dell'area in disponibilità della cava

Applicando le formule indicate si è ottenuto il valore di emissione di polveri totale indotto dal transito dei mezzi su strade non asfaltate per il trasporto del materiale scavato impiegato all'interno dell'area che risulta pari a $E_{TM} = 160,97 \text{ g/h}$.

Attività aree deposito materiale detritico

La produzione di polveri legata all'attività di movimentazione, carico e scarico del materiale, viene stimata utilizzando la seguente formula empirica (eq.6: EPA, AP-42 13.2.4):

$$E = k * (0,0016) * \left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3} * \left(\frac{M}{2}\right)^{-1,4}$$

dove:



E = fattore di emissione di particolato (kg/t);

k = parametro dimensionale (dipendente dalla dimensione del particolato stimato);

U = velocità media del vento (m/s);

M = umidità del terreno (%).

Il parametro k varia a seconda della dimensione del particolato come riportato nella tabella seguente e da cui è possibile desumere che per la definizione della produzione di PM10 il valore di k è pari a 0.35.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k) For Equation 1				
< 30 µm 0,74	< 15 µm 0,48	< 10 µm 0,35	< 5 µm 0,20	< 2,5 µm 0,053

Le linee guida propongono la relazione che esprime il fattore di emissione valido nel periodo diurno:

$$E = k * (0,0058) * (M)^{-1,4}$$

Prendendo per l'umidità del materiale un valore di 4%, pari a ca. il valore massimo di quello indicato nel range di contenuto di umidità proposto dal documento EPA, in considerazione che da progetto è prevista la bagnatura del materiale, e applicando l'equazione sopra riportata si stima un fattore emissivo pari a 0,291 g/t . Da progetto si prevede la movimentazione di ca. 13.468 t di materiale inerte da movimentare ogni anno da cui consegue una stima di emissione oraria di PM10 E_{AAD} pari a **0,83 g/h**.

Erosione del vento

Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione. Tale fenomeno è descritto all'interno della AP-42, paragrafo 13.2.5 "Industrial Wind Erosion" e le emissioni da esso determinate, sono trattate tramite la potenzialità di emissione del singolo cumulo in corrispondenza di certe condizioni di vento. Nel presente documento è stato applicato l'approccio delle Linee Guida che considerano, per l'erosione del vento dai cumuli, l'effettiva emissione dell'unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse e calcolano il rateo emissivo orario con la seguente espressione:



$$E_i(Kg/h) = EF_i * a * movh$$

Dove:

i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);

movh = numero di movimentazioni/ora;

a = superficie dell'area movimentata (m²);

EF_{i, l, m} = fattore di emissione areali dell'i-esimo tipo di particolato (kg/m²).

Per il calcolo del fattore di emissione areale si distinguono i cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro. Per semplicità inoltre si assume che la forma di un cumulo sia conica, sempre a base circolare.

Dai valori di: *altezza del cumulo* (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta) *H in m*, e *diametro della base D in m*, si individua il fattore di emissione areale dell'i-esimo tipo di particolato per ogni movimentazione dalla sottostante tabella:

Cumuli alti H/D > 0,2	
	EF _i (Kg/m ²)
PTS	1.6E-05
PM ₁₀	7.9E-06
PM _{2.5}	1.26E-06
Cumuli bassi H/D ≤ 0,2	
	EF _i (Kg/m ²)
PTS	5.1E-04
PM ₁₀	2.5E-04
PM _{2.5}	3.8E-05

Nel progetto la somma massima tra i cumuli di stoccaggio temporaneo è stata stimata in ca. 4.000 m³ totali i quali si disporranno a forma tronco-conica, con un'occupazione nelle varie fasi lavorative variabile in funzione delle lavorazioni stesse. Inoltre, si precisa che la superficie dei cumuli è caratterizzata da una disponibilità finita di materia erodibile che una volta terminata fa sì che il cumulo stesso non generi più emissioni polverulente a meno che non sia nuovamente movimentato. Il numero di movimentazioni orarie che verranno eseguite sul cumulo stesso è stimato in 5, valutato sulla base delle ore lavorative previste e del



materiale da porvi.

Per il calcolo del fattore di emissione areale, EF_i (kg/m^2), viene effettuata una distinzione dei cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro. Date le caratteristiche del cumulo ipotizzato ($H/D > 0,2$) il fattore di emissione areale di PM10 utilizzato riferito a ciascuna movimentazione, è pari a $7,9 \times 10^{-6}$ (kg/m^2).

Applicando la formula si è ottenuto il valore di emissione totale di polveri indotta dall'erosione del vento dei cumuli presenti nei cantieri di cava E_{EV} pari a **0,0395 g/h**.

Scotico e sbancamento

L'attività di scotico (rimozione degli strati superficiali del terreno) e sbancamento del materiale superficiale non è prevista nel piano, pertanto non si prevede alcun tipo di emissione polverulenta associata a tale attività. Si precisa che le volumetrie stimate per la rimozione del detrito già esistente/ravaneto nel cantiere a cielo aperto, proprio per la loro natura granulometrica e la vicinanza alle area di accumulo temporaneo del detrito sono stati calcolati come contributo nelle fasi precedenti.

Valutazione della significatività delle emissioni

Nel seguito si riporta la valutazione della significatività delle emissioni diffuse precedentemente quantificate. In particolare, la procedura di valutazione della compatibilità ambientale delle emissioni di polveri diffuse è stata effettuata sulla base dell'Appendice C all'Allegato 2 della DGP 213 del 03/11/2009 che fornisce valori di soglia di emissione di PM10 in relazione alla distanza del recettore più prossimo alla sorgente.

Le emissioni di polveri, precedentemente calcolate, sono riportate di seguito espresse in g/h per ciascuna operazione considerata nell'analisi.

Dunque si ha:

E_{TM} (Transito Mezzi) = 160,97 g/h

E_{AAD} (Attività Deposito Detritico) = 0,83 g/h

E_{EV} (Erosione Veno) = 0,0395 g/h

Da cui si ricava il peso orario totale stimato di $E_{tot} = 161,84$ g/h.



Soglie di valutazione delle emissioni per il PM10

Mediante l'impiego dei modelli di dispersione è possibile valutare gli effetti delle emissioni di polveri diffuse in termini di concentrazioni al suolo. Questi valori possono quindi essere confrontati con i limiti di qualità dell'aria per il PM10. La proporzionalità tra concentrazioni ed emissioni, che si verifica in un certo intervallo di condizioni meteorologiche ed emissive molto ampio, permette allora di valutare quali emissioni specifiche (e globali) corrispondono a concentrazioni paragonabili ai valori limite per la qualità dell'aria. Attraverso queste si possono determinare delle emissioni di riferimento al di sotto delle quali non sussistono presumibilmente rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria. Si ricorda che i limiti di legge per il PM10 (riferiti al 2005) sono relativi alle concentrazioni medie annue ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ed alle medie giornaliere ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) il cui valore può però essere superato per 35 volte in un anno; quindi occorre riferirsi alla distribuzione dei valori medi giornalieri ed al 36° valore più elevato (all'incirca il suo 90° percentile) per valutare il superamento di questo limite. Sia i dati rilevati direttamente dalle reti di rilevamento della qualità dell'aria, sia le simulazioni modellistiche, indicano che il rispetto del limite per le medie giornaliere comporta anche quello della media annua.

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<79	Nessuna azione
	79 ÷ 158	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 158	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<174	Nessuna azione
	174 ÷ 347	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 347	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<360	Nessuna azione
	360 ÷ 720	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 720	Non compatibile (*)
>150	<493	Nessuna azione
	493 ÷ 986	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 986	Non compatibile (*)

(*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività compreso tra 250 e 200 giorni/anno

Nella tabella precedente si riportano i livelli limite in funzione della distanza del ricettore più



prossimo dall'attività di cava, calcolati per un numero di giorni di attività compreso tra 200 e 250 giorni/anno ed un periodo di emissione giornaliero pari a 10 ore (valore cautelativo rispetto alle 8 ore di produzione giornaliera dell'attività estrattiva oggetto di valutazione):

Considerando che il recettore più vicino si trova ad una distanza di alcune centinaia di metri dal sito di gestione ove i camion terminano il loro percorso, emerge una compatibilità completa delle emissioni derivanti dalle attività svolte nella cava.

Sistemi di mitigazione delle emissioni

Al fine di ridurre le emissioni di polveri delle singole attività descritte, si ritiene opportuno inumidire i cumuli temporanei tramite bagnamento, soprattutto nei periodi più secchi dell'anno, così da limitare la dispersione di polveri dovute all'attività di deposito detritico e all'erosione dal vento. Si precisa che queste soluzioni vengono già adottate da tempo nel comprensorio carrarese come buona prassi.

Al fine di prevenire il trascinarsi di materiali fuori di cava da parte dei mezzi che escono è prassi eseguire le seguenti procedure:

- Il sorvegliante di cava dopo ogni carico di blocchi sull'automezzo controlla le ruote ed il pianale del mezzo per verificarne lo stato di pulizia e dà indicazioni al conducente del mezzo al fine di provvedere alla eventuale pulizia del pianale con mezzi manuali.
- Le ruote, qualora particolarmente imbrattate, saranno pulite manualmente con uso di attrezzi manuali.

Carrara, Dicembre 2025

Il Tecnico
Dott. Ing. Massimo Gardenato