

COMUNE DI CARRARA

PROVINCIA DI MASSA CARRARA

PIANO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA DENOMINATA "BELGIA C" N° 120



ESERCENTE:

Cooperativa Cavatori Canalgrande Soc. Coop.

TITOLO:

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

IL TECNICO:

Dott. Ing. Massimo Gardenato
Ingegnere minerario



TAV:

DATA:

Ottobre 2025

FILE:
RelEmissAtm_ -PianoBelgia25.doc



via G.Pascoli, 44 55032 Castelnuovo Garfagnana (LU) - via di Turigliano, 24a 54033 Carrara (MS)
Tel.0585 093077 fax 0585 842512 e-mail: studio@rocnet.net



PIANO DI GESTIONE E MITIGAZIONE DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Premessa

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 piano sono costituite da emissioni diffuse di polveri, che possono essere prodotte durante le operazioni di vagliatura del materiale detritico, di carico e scarico del materiale, abbattimento bancate, movimentazione sui piazzali e rampe.

Identificazione delle sorgenti di emissioni

Le lavorazioni di escavazione del presente piano si svolgeranno nella sia in sotterraneo che nel cantiere a cielo aperto attualmente autorizzato, per cui le emissioni diffuse generate dalle lavorazioni da queste ultime sono legate all'utilizzo dei mezzi per la movimentazione dei materiali quali pale gommate ed escavatori, alla riduzione, selezione, movimentazione e carico materiale detritico in area accumulo temporaneo, al suo riposizionamento ed infine al transito dei mezzi lungo le strade di arroccamento o sui piazzali.

Non esistono emissioni convogliate.

Le altre macchine che sono impiegate nella coltivazione della cava, quali: perforatrici elettroidrauliche, tagliatrici a filo e a catena, impianto cuscini idrici ed ecc. sono equipaggiate con motori elettrici, per cui non genereranno emissioni. Inoltre, la formazione di polveri durante il loro utilizzo è esclusa per l'uso dell'acqua necessaria al raffreddamento dell'utensile in lavoro (filo diamantato, denti segatrici, corona di perforazione ed ecc.).

Nel ciclo di lavorazione applicato nelle cave di marmo la produzione di polveri è saltuaria e rimane limitata all'uso del martello pneumatico manuale, il quale è impiegato per eseguire piccoli fori necessari alla installazione delle macchine elettriche. Come detto il momento predominante di emissioni di polveri nell'ambiente può coincidere con le operazioni di



prelievo, frantumazione, carico e movimentazione del detrito prodotto dalle lavorazioni di scavo e movimentazione del detrito per la realizzazione della strada di arroccamento.

Nel seguito si riporta una analisi dettagliata delle operazioni svolte durante le lavorazioni descritte nel progetto:

- Perforazione: immissione fumi nell'ambiente per utilizzo di pala gommata od escavatore all'aperto. L'operazione consiste nella movimentazione e posizionamento della perforatrice, la quale non produce polveri perché equipaggiata con motore elettrico e con utensile che lavora in condizioni bagnate. Tempi d'installazione: 10-15 min.;
- Tagli orizzontali, inclinati o verticali: immissione fumi nell'ambiente per utilizzo di pala gommata od escavatore all'aperto. L'operazione consiste nella movimentazione e posizionamento della tagliatrice a filo diamantato od a catena, la quale non produce polveri perché equipaggiata con motore elettrico e con utensile che lavora in condizioni bagnate oppure, per il caso delle lavorazioni a secco, con l'ausilio di idonei aspiratori. Tempi d'installazione: 15-20 min.;
- Ribaltamento bancata: immissione fumi nell'ambiente per utilizzo dell'escavatore od in subordine di pala gommata all'aperto impiegati nel ribaltamento bancata. La specifica operazione di ribaltamento non produce polveri perché in precedenza il "letto detritico" è stato innaffiato. Tempi di ribaltamento: 0.5-2 ore;
- Sezionatura bancata: immissione fumi nell'ambiente per utilizzo di pala gommata od escavatore all'aperto nella movimentazione e posizionamento tagliatrice a filo diamantato. La tagliatrice non produce polveri in quanto equipaggiata con motore elettrico e con utensile che lavora in condizioni bagnate. Tempi di installazione: 10-20 min.;
- Movimentazione porzioni bancata: immissione fumi nell'ambiente per utilizzo di pala gommata od escavatore all'aperto nella movimentazione delle porzioni di bancata. L'operazione non produce polveri. Tempi di movimentazione: 10-30 min.;
- Riquadratura blocchi: immissione fumi nell'ambiente per uso della Terna. La riquadratura blocchi a secco non comporta l'emissione in atmosfera di polveri in quanto, considerando la bassa velocità di rotazione dell'utensile e la grossolana granulometria del prodotto da taglio, quest'ultimo si deposita per gravità nelle immediate vicinanze della lama. Tempi di installazione: 10-15 min.;
- Movimentazione di blocchi riquadrati: immissione fumi nell'ambiente esterno per utilizzo di pala gommata od escavatore all'aperto nella movimentazione e trasporto blocchi. L'operazione non produce polveri. Tempi di movimentazione: 10-15 min.;
- Carico blocchi su camion: immissione fumi nell'ambiente esterno per utilizzo di pala gommata. L'operazione non produce polveri. Tempi di movimentazione: 10-15 min.;
- Frantumazione detrito: immissione di fumi nell'ambiente esterno per utilizzo d'escavatore all'aperto nella frantumazione e della pala gommata impiegata nella movimentazione del detrito. Preventivamente il cumulo detritico è innaffiato così da non produrre polveri. Tempi di utilizzo: 4-5 ore;



- Carico detrito su camion: immissione fumi nell'ambiente esterno per utilizzo pala gommata od escavatore all'aperto per carico e movimentazione. Preventivamente si inaffia il cumulo detritico così da non produrre polveri. Tempi: 15-20 min.;

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;
- Attività di vagliatura dei materiali;
- Transito mezzi su piste non asfaltate;
- Numero mezzi meccanici/giorno presenti;
- Ore lavorative - 8 ore lavorative/giorno.



1 - 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 ARPA 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 fatta assumendo i seguenti valori/assunzioni :

- Durata = 250 giorni lavorativi;
- Quantitativo materiale detritico prodotto da volumetrie sostenibili = 287.550 t;
- Quantitativo materiale detritico prodotto da messa in sicurezza delle aree dei cantiere a cielo aperto + scopertura del giacimento = 75.600 t;
- Quantitativo totale = 363.150 t;
- Quantitativi totali annui = 72.630 t;
- Portata camion = 30 t;
- Numero medio di transiti giornalieri = 9-10;
- Numero di transiti all'ora: 1,2;
- 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 (46 t) e quella a vuoto (16 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 = 30 m circa; tale distanza corrisponde alla lunghezza media delle tratte percorse da ciascun camion su strada non asfaltata in disponibilità alla ditta sino a raggiungere il punto di carico.

Applicando le due 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 $E_{TM} = 43,29 \text{ g/h}$.

2 – 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 totale in tutte le aree di gestione del detrito annuo di ca. 72.630 t di materiale inerte da movimentare ogni anno da cui consegue una stima di emissione oraria di PM10 pari a $E_{AAD} = 10,59$ g/h.

3 – Erosione 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 (m^2);

$EF_{i,l,m}$ = fattore di emissione areali dell' i -esimo tipo di particolato (kg/m^2).



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 $H/D \leq 0,2$	
	$EF_i (Kg/m^2)$
PTS	5.1E-04
PM_{10}	2.5E-04
$PM_{2.5}$	3.8E-05

La volumetria massima di stoccaggio temporaneo nelle aree di gestione indicate in planimetria non supererà i 5.000 mc per i due cantieri, che si disporrà in entrambi i casi a forma conica, con un'occupazione nelle varie fasi lavorative variabile in funzione delle lavorazioni stesse. Inoltre si precisa che la superficie del cumulo 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. Nelle planimetrie allegate al progetto l'occupazione areale dei cumuli nelle varie aree avranno dimensioni totali di ca. 1.000 mq. 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 mettere a parco.

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 ($H/D \leq 0,2$) il fattore di emissione areale di PM_{10} utilizzato riferito a ciascuna movimentazione, è pari a $2,5 \times 10^{-4} (kg/m^2)$.



Applicando la formula si è ottenuto il valore di emissione totale di polveri indotta dall'erosione del vento dal singolo cumulo pari a $E_{EV} = 1,25 \text{ g/h}$.

3 – Scotico e sbancamento

L'attività di scotico (rimozione degli strati superficiali del terreno) e sbancamento del materiale superficiale è prevista nel piano ma viene eseguita come lavorazione usuale con tagli al masso con filo e catena, pertanto non si prevede alcun tipo di emissione polverulenta associata a tale attività.

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. Si evidenzia come il contributo del Transito mezzi su strade non asfaltate proveniente dalle operazioni svolte nel cantiere sotterraneo sia presente solo dopo la realizzazione della prima porzione della nuova strada che dai cantieri attualmente lavorati condurrà al punto stabilito per la realizzazione della galleria.

Dunque si ha:

$$E_{TM} (\text{Transito Mezzi}) = 43,29 \text{ g/h}$$

$$E_{AAD} (\text{Attività Deposito Detritico}) = 10,59 \text{ g/h}$$

$$E_{EV} (\text{Erosione Vento}) = 1,25 \text{ g/h}$$

Da cui si ricava il peso orario totale stimato di $E_{tot} = 55,13 \text{ g/h}$



Conclusioni

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.

Nella tabella seguente si riportano i livelli limite in funzione della distanza del recettore 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):

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



Considerando che sia il recettore più vicino si trova ad una distanza superiore a 150 m dal sito, emerge una compatibilità completa delle emissioni derivanti dalle attività svolte nella cava con gli abbattimenti sopra descritti.

Carrara, Ottobre 2025

Il Tecnico
Dott. Ing. Massimo Gardenato

A handwritten signature in black ink is written over a blue circular stamp. The stamp contains the text 'ORDINE DEGLI INGEGNERI', 'MASSIMO GARDENATO', and 'CARRARA'.

COMMITTENTE: Cooperativa Cavatori Canalgrande Soc. Coop

OGGETTO: Piano di gestione e mitigazione delle emissioni in atmosfera - Piano di coltivazione della cava Belgia C n°120

DATA: Ottobre 2025