



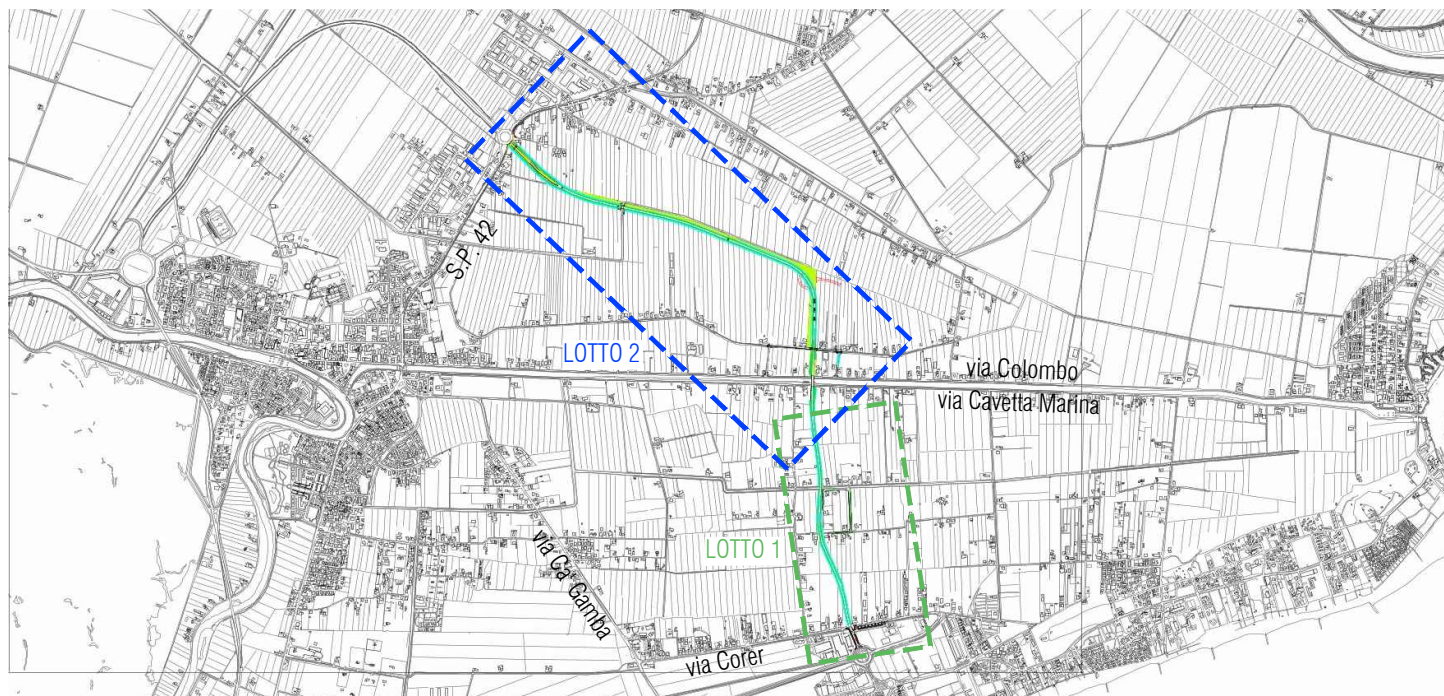
REGIONE DEL VENETO

GIUNTA REGIONALE




SEGRETERIA REGIONALE ALLE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ

DIREZIONE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO

VENETO STRADE S.P.A.



LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL RACCORDO NORD DI JESOLO DELLA S.R. n° 43 "DEL MARE" Stralcio 2

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Ing. Gabriella Manginelli		PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA CUP - D21B24000030002			INTERVENTO 431 - PTR 09/11	
IL COORDINATORE DEL PROGETTO Ing. Silvia Casarin		ELABORATO Q.003	TITOLO ELABORATO STUDIO IMPATTO AMBIENTALE STIMA EMISSIONI POLVERI IN FASE DI CANTIERE			
RESP. INTEGRAZ. SPECIALISTICHE E PROGETTISTA arch. Andrea Gabatel 		DATA EMISSIONE Settembre 2025	NOME FILE 1370.0.F.Q.003.1.F.0_Stima polveri cant			
		2	09/2025	INTEGRAZIONI VOLONTARIE		
		1	07/2025	EMISSIONE PER RICHIESTA INTEGRAZIONI		
		0	03/2025	PRIMA EMISSIONE		
GRUPPO DI PROGETTAZIONE Lotto 1: ing. Alberto Novarin  Studio Novarin Lotto 2: Proteco Engineering srl 			RIFERIMENTI INTERNI CODICE ELABORATO 1370.0.F.Q.003.1.F.0 NOME FILE 1370.0.F.Q.003.1.F.0_Stima polveri cant REVISIONE 1		INVIO <input type="checkbox"/> IN PROGRESS <input checked="" type="checkbox"/> PER APPROVAZIONE PREVENUTO IN DATA	

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRÀ ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO DI VENETO STRADE S.P.A. VENEZIA, OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARÀ PUNITO A NORMA DI LEGGE
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF VENETO STRADE S.P.A. VENEZIA. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW



INDICE

1	PREMESSA	1
2	INDIVIDUAZIONE DEI FATTORI DI EMISSIONE E DELLE MISURE MITIGATIVE	2
2.1	Metodologia di calcolo	2
2.2	Misure operative di mitigazione	5
2.3	Ricettori	6

1 PREMESSA

In questo documento si approfondisce la tematica dell'emissione delle polveri prodotte durante le attività di cantiere.

L'obiettivo è quello di realizzare una stima delle polveri emesse durante la fase di lavorazione per programmare eventuali attività da non sovrapporre durante il cronoprogramma (si veda elaborato: 1370.0.F.M.002.0.D.1_PSC_Cronoprogramma).

L'emissione delle polveri prodotte dalle attività di cantiere è analizzata e stimata utilizzando la metodologia "Linee Guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti" predisposta da ARPA Toscana. Tali linee guida propongono metodi di stima delle emissioni di polveri principalmente basati su dati e modelli dell'Agenzia di protezione ambientale degli Stati Uniti (US-EPA: AP-42 "*Compilation of Air Pollutant Emission Factors*").

Tramite una complessa elaborazione numerica effettuata con metodi statistici e tecniche di modellazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera, dette Linee Guida propongono specifiche soglie emissive, in relazione ai parametri indicati dall'Allegato V alla Parte quinta del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., in maniera tale da poter valutare l'impatto sulla qualità dell'aria di determinate attività, modulare opportunamente eventuali misure di mitigazione (bagnatura, inscatolamento, ecc.), disporre l'eventuale monitoraggio nelle aree contermini alle lavorazioni.

In particolare, le Linee Guida analizzano le sorgenti di particolato dovute alle attività di trattamento di materiali polverulenti e per ciascuna sorgente vengono individuate le variabili da cui dipendono le emissioni ed il metodo di calcolo, in taluni casi semplificato rispetto al modello originale ed adattato dove possibile alla realtà locale. I valori ottenuti tramite l'applicazione della metodologia proposta devono essere confrontati con delle soglie di emissione al di sotto delle quali l'attività di trattamento di materiali polverulenti può essere ragionevolmente considerata compatibile con l'ambiente.

Nel presente documento si analizzano a livello teorico i potenziali fattori di emissione di polveri in atmosfera durante la fase di cantierizzazione, proponendo quindi le opportune misure di mitigazione.

2 INDIVIDUAZIONE DEI FATTORI DI EMISSIONE E DELLE MISURE MITIGATIVE

Durante una fase di cantierizzazione sono diverse le sorgenti che generano emissioni diffuse di polveri; in particolare si devono tenere in considerazione alcune attività che generalmente si possono raggruppare in:

- Scotico e sbancamento del materiale superficiale;
- Scavi di sbancamento;
- Carico mezzi;
- Scarico mezzi;
- Transito di mezzi su strade non asfaltate.

2.1 Metodologia di calcolo

Le Linee Guida di cui alla Premessa forniscono alcuni fattori di emissione variabili a seconda del tipo di attività ed alle dimensioni del particolato. Per il calcolo delle emissioni polverulente, dovute alle attività di cui ai primi quattro punti, si utilizza la seguente formula.

$$E_i(t) = \sum AD_l(t) * EF_{i,l,m}(t) \quad (1)$$

Dove:

- i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);
- l = processo;
- m = controllo;
- t = periodo di tempo (ora, mese, anno, ecc.);
- E_i rateo emissivo (kg/h) dell' i -esimo tipo di particolato
- AD_l = attività relativa all' l -esimo processo (ad es. kg materiale lavorato/ora);
- $EF_{i,l,m}$ = fattore di emissione (kg/t).

Nella tabella seguente si riportano i fattori di emissione proposti dalle Linee Guida per le attività considerate con relativo codice identificativo SCC (*Source Classification Codes*); tali valori sono disponibili sul database FIRE¹.

Operazioni	Quantità	Unità di misura	Particolato	Cod. attività (FIRE, AP-42)
Scotico e sbancamento materiale superficiale	5,7	kg/km	PTS	13.2.3 "Heavy construction operations" AP-42
Carico	0,0075	kg/tonn	PM10	SCC 3-05-010-37 Truck Loading: Overburden
Scarico	0,0005	kg/tonn	PM10	SCC 3-05-010-42 Truck Unloading: Bottom Dump - Overburden
Sbancamento	0,00039	kg/tonn	PM10	SCC 3-05-027-60 Sand Handling, Transfer and Storage

Tabella 1 - Fattori di emissione per tipo di attività di cantiere.

Il fattore di emissione per l'attività di scotico è assegnato per le polveri totali (PTS); per riferirsi al

¹ The Factor Information REtrieval data system, FIRE; è il database contenete i fattori di emissione stimati e raccomandati dall'US-EPA per gli inquinanti normati e pericolosi.

PM10 è stata cautelativamente considerata l'emissione come costituita completamente dalla frazione PM10; il PM2.5 è invece convenzionalmente considerato pari al 60% del PM10.

Per il calcolo delle emissioni polverulente riconducibili al transito dei mezzi su strade non asfaltate, invece, le Linee Guida prevedono di applicare il modello emissivo proposto al paragrafo 13.2.2 “*Unpaved roads*” dell'AP-42, di seguito riportato:

$$EF_i(\text{kg/km}) = k_i (s/12)^{a_i} (W/3)^{b_i} \quad (2)$$

dove:

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

s = contenuto in limo (*silt*10) del suolo in percentuale in massa (%);

W = peso medio del veicolo (Mg);

k_i , a_i e b_i sono coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato ed i cui valori sono forniti nella seguente tabella.

Particolato	k_i	a_i	b_i
PM10	0,423	0,9	0,45
PM2.5	0,0423	0,9	0,45

Tabella 2 - Valori dei coefficienti k_i , a_i e b_i al variare del tipo di particolato.

I fattori di emissione calcolati con la formula (2) per l' i -esimo tipo di particolato sono quelli riportati nella seguente tabella (peso medio veicolo = 18 tonnellate; contenuto di silt = 22%²).

Particolato	Quantità	Unità di misura
PM10	1,6347	kg/km
PM2,5	0,1635	kg/km

Tabella 3 - Fattori di emissione per tipo di particolato.

Per il calcolo dell'emissione finale si deve determinare la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo (numero di km/ora, kmh), sulla base della lunghezza della pista (km); è richiesto quindi il numero medio di viaggi al giorno ed il numero di ore lavorative al giorno:

$$E_i(\text{kg/h}) = EF_i \text{ kmh} \quad (3)$$

È stato stimato il numero di viaggi dei camion di rifornimento al giorno dai siti di rifornimento, indicati nel Piano di gestione delle terre e rocce da scavo (codice elaborato: 1370.0.F.C.002.0.F.0_Gestione terre e rocce), alla pista di cantiere che inizia alla rotatoria sulla SP42.

² In mancanza di informazioni specifiche, le Linee Guida suggeriscono di considerare un valore all'interno dell'intervallo 12- 22%; cautelativamente, in ragione della significativa incidenza sulle emissioni di tale parametro, in questo caso è stato utilizzato il valore massimo (22%)

Sito di rifornimento	Tempo - Distanza	N. viaggi/ora
Jesolo, via Bugatti	1' – 700 m	4 viaggi/ora
Jesolo, via Cristofori	10' – 9 km	2 viaggi/ora
Noventa, via Copernico	25' – 22 km	1 viaggio/ora
Torre di Mosto, via Boccafossa	15' – 13 km	2 viaggi/ora
Cessalto, via dei Gelsi	30' – 24 km	1 viaggio/ora

Ne risulta una stima complessiva di 2 viaggi all'ora, che in una giornata lavorativa di 9 ore fanno circa 18 viaggi. Questa è una stima di movimentazione mezzi che sarà concordata con il cronoprogramma e affinata nelle fasi successive. Si tiene presente, altresì, che la pista di cantiere non sarà altro che l'ingombro della futura infrastruttura lunga circa 4 km.

Per prevenire emissione di polveri, tale movimentazione di mezzi pesanti lungo la viabilità ordinaria sarà attenzionata tramite la bagnatura delle ruote in uscita dall'area cantierata ed il ricoprimento dei mezzi con teli di cui sia verificata l'integrità e l'efficienza per prevenire ulteriori perdite di materiale. Lungo le piste di cantiere non asfaltate, invece, sarà opportuno prendere in considerazione la bagnatura dei materiali polverulenti.

Nella bagnatura si consiglia di mantenere un rapporto di umidità pari a 2 tra la strada bagnata e quella asciutta, tenendo presente che, secondo le LL.GG. di US-EPA (AP-42), mantenendo un rapporto di umidità ≥ 2 , l'efficienza di abbattimento delle polveri risulta superiore al 75%, come si può osservare nel grafico seguente.

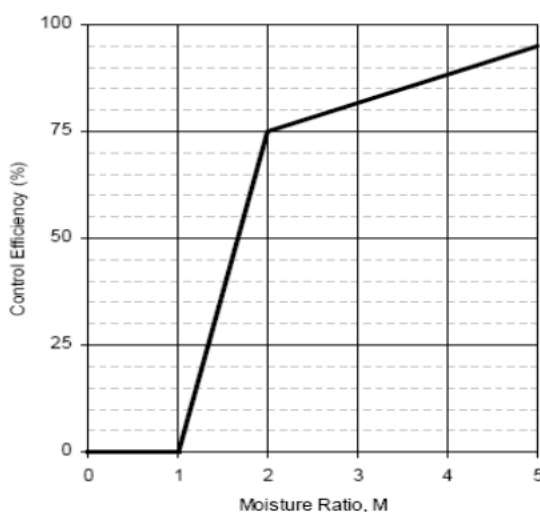


Figura 1 - Andamento dell'efficienza di abbattimento delle emissioni in funzione del contenuto di umidità del suolo (fonte: US EPA, 2006).

Sarà necessario effettuare un campionamento del suolo (1 campione asciutto e 1 campione bagnato) per analizzare e stabilire il rapporto di umidità.

2.2 Misure operative di mitigazione

Le seguenti operazioni di bagnatura rappresentano, quindi, un metodo che favorisce l'aumento di umidità, nonché la principale misura di mitigazione, che dovrà essere applicata ragionevolmente, sia con sistemi manuali, sia mediante idonee attrezzature (autobotti, pompe di irrigazione, fog cannon, ecc.):

- irrorare preventivamente e con la dovuta frequenza le aree oggetto di scavo e movimento terra; l'operazione deve essere eseguita in maniera tale da evitare che le acque fluiscano verso un corpo idrico, trasportandovi dei sedimenti;
- effettuare una bagnatura preventiva dei materiali in stoccaggio, del materiale prima del carico sull'autocarro, in presenza di condizioni meteo avverse (vento forte) e per materiale con elevata componente in fine aereodisperdibile;
- irrorare, prima di procedere alla loro rimozione, i materiali di risulta;
- pulizia ad umido degli pneumatici degli autoveicoli in uscita dal cantiere tramite impianti di lavaggio ruote;
- agglomerazione delle polveri mediante innaffiamento, controllato e costante, soprattutto in presenza di vento sfavorevole, di piste di servizio e depositi di inerti, anche se in accumuli temporanei;
- bagnatura periodica della superficie di cantiere e preventiva delle aree da scavare o demolire.

Ulteriori operazioni che prevengono l'emissione di polveri in atmosfera sono:

- ove necessario predisporre eventuali recinzioni opaca antipolvere in PVC caricato al perimetro delle aree di lavorazione eventualmente vicine a ricettori sensibili, in modo da confinare all'interno del cantiere la sedimentazione delle polveri e di trattenere il particolato aerodisperso, evitando la diffusione di polveri all'esterno dell'area di lavoro;
- ottimizzazione del numero di viaggi per l'approvvigionamento e trasporto dei materiali con componente aereodisperdibile;
- limitazione della velocità massima di transito degli automezzi. Nelle aree di cantiere dovrà essere imposta e fatta rispettare una velocità dei mezzi modesta e comunque adeguata alla situazione reale dei piani di transito; a tale scopo si ipotizza una velocità dei mezzi non superiore ai 30 km/h;
- eventuale uso di prodotti stabilizzanti eco-compatibili (es. a base di sali di calcio e magnesio) sulle aree non pavimentate soggette a transito dei mezzi d'opera;
- le aree di stoccaggio di materiali inerti polverulenti devono essere localizzate al riparo dal vento e lontane dalle aree di transito dei veicoli di trasporto;

- eliminazione delle polveri che si depositano su reti e macchinari e possono diffondere in atmosfera;
- manutenzione delle piste di cantiere che devono risultare integre e sempre agibili (assenza di buche, dossi, ecc.);
- evitare la contemporaneità di lavorazioni che incrementano sia la dispersione delle polveri prodotte sia i fumi di scarico dei macchinari impiegati.

2.3 Ricettori

Nelle modalità operative da condurre durante le attività di cantiere bisogna tenere in considerazione la vicinanza delle aree di cantieramento con i recettori presenti nell'ambito, già individuati nello studio di dispersione degli inquinanti atmosferici (si veda Figura 2).



Figura 2 - Localizzazione dei recettori considerati nello studio atmosferico (fonte: 1370.0.F.Q.003.0.F.1_Studio inquinanti atm).

Relativamente al PM₁₀, le linee guida di ARPA Toscana individuano dei valori di soglia delle emissioni al variare della distanza tra eventuali ricettori e sorgente ed al variare della durata annua (in giorni/anno) delle attività che producono tale emissione. La seguente tabella è rappresentativa dei valori limite con cui confrontare i dati di emissione calcolati.

Proposta di soglie assolute di emissione di PM ₁₀ al variare della distanza dalla sorgente ed al variare del numero di giorni di emissione (i valori sono espressi in g/h)						
Intervallo di distanza [m]	Giorni di emissione all'anno					
	>300	300 - 250	250 - 200	200 - 150	150 - 100	<100
0 - 50	145	152	158	167	180	208
50 - 100	312	321	347	378	449	628
100 - 150	608	663	720	836	1.038	1.492
>150	830	908	986	1.145	1.422	2.044

Tabella 4 - Proposta di soglie assolute di emissione di PM₁₀ al variare della distanza dalla sorgente e al variare del numero di giorni di emissione (i valori sono espressi in g/h). Fonte: Linee guida ARPAT.

Quando un'emissione è compresa tra la metà del valore soglia e la soglia, la possibilità del superamento dei limiti è soprattutto legata alle differenze tra le condizioni reali e quelle adottate per le simulazioni; pertanto, in tali situazioni appare preferibile una valutazione diretta dell'impatto o una valutazione modellistica specifica che dimostri con strumenti e dati adeguati la compatibilità dell'emissione. Tale procedura è esemplificata nella seguente tabella delle Linee guida ARPAT.

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM ₁₀ (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.

Tabella 5 - Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività superiore tra 250 e 200 giorni/anno. Fonte: Linee guida ARPAT.