



LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI PRODUZIONE, MANIPOLAZIONE, TRASPORTO, CARICO O STOCCAGGIO DI MATERIALI POLVERULENTI

Antongiulio Barbaro, Franco Giovannini, Silvia Maltagliati

AFR Modellistica Previsionale

Introduzione

Le presenti linee guida introducono i metodi di stima delle emissioni di particolato di origine diffusa prodotte dalle attività di trattamento degli inerti e dei materiali polverulenti in genere e le azioni ed opere di mitigazione che si possono attuare, anche ai fini dell'applicazione del D.Lgs. n° 152/06 (Allegato V alla Parte 5a, Polveri e sostanze organiche liquide, Parte I: Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti).

I metodi di valutazione proposti nel lavoro provengono principalmente da dati e modelli dell'US-EPA (AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors¹) ai quali si rimanda per la consultazione della trattazione originaria, in particolare degli algoritmi di calcolo, e qualora sorgessero dubbi interpretativi.

Nel Capitolo 1 sono analizzate 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.

Nel Capitolo 2 sono presentate delle soglie di emissione al di sotto delle quali l'attività di trattamento di materiali polverulenti può essere ragionevolmente considerata compatibile con l'ambiente. Tale conclusione deriva dall'analisi effettuata tramite l'applicazione di modelli di dispersione; i risultati indicano che al di sotto dei valori individuati non sussistono presumibilmente rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria di PM10 dovuti alle emissioni dell'attività in esame. I modelli e le tecniche di stima delle emissioni si riferiscono oltre che al PM10 anche a PTS (polveri totali sospese) e PM2.5. Per queste frazioni granulometriche tuttavia non sono state sviluppate analoghe valutazioni e identificazioni di eventuali soglie emissive.

Per facilitare l'applicazione dei metodi di stima delle emissioni proposti e di seguito descritti, nonché la fornitura delle informazioni necessarie e la predisposizione di una adeguata documentazione, in allegato sono riportate delle "Istruzioni specifiche per il calcolo delle emissioni di PM10 in attività di trattamento di materiali polverulenti", contenenti i passi

¹ Il documento AP-42 è disponibile all'indirizzo (01/2009): <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/index.html>
I fattori di emissione e modelli emissivi dell'US-EPA sono ripresi ed utilizzati anche da AUS-EPA (Australia), si vedano le sintesi riportate in (01/2009):
http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/mining.pdf
http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/ffugitive.pdf

necessari da seguire per effettuare le stime. Inoltre, sempre al fine di facilitare l'applicazione e uniformare i metodi e le valutazioni, sono state redatte due Appendici:

L'Appendice A (Immagini e termini) contiene una serie di immagini relative alle attività ed ai macchinari impiegati nelle lavorazioni di inerti e nei cantieri, ed un breve glossario di alcuni termini tecnici in lingua inglese che possono essere di aiuto nell'identificazione delle lavorazioni e dei rispettivi fattori di emissione.

L'Appendice B (Esempio di applicazione) contiene invece un esempio dettagliato di applicazione dei metodi qui descritti ad una attività di estrazione e trattamento di inerti; l'esempio può essere considerato propedeutico alla stesura delle valutazioni secondo le indicazioni qui presentate.

Indice

Introduzione	2
Indice	4
1 STIMA DELLE SORGENTI DI EMISSIONE DI POLVERI	5
1.1 PROCESSI RELATIVI ALLE ATTIVITÀ DI FRANTUMAZIONE E MACINAZIONE E ALL'ATTIVITÀ DI AGGLOMERAZIONE DEL MATERIALE	6
1.2 SCOTICO E SBANCAMENTO DEL MATERIALE SUPERFICIALE	19
1.3 FORMAZIONE E STOCCAGGIO DI CUMULI	20
1.3.1 SISTEMI DI CONTROLLO O DI ABBATTIMENTO	23
1.4 EROSIONE DEL VENTO DAI CUMULI	23
1.5 TRANSITO DI MEZZI SU STRADE NON ASFALTATE	25
1.5.1 SISTEMI DI CONTROLLO O ABBATTIMENTO	27
1.5.2 SISTEMI DI CONTROLLO O ABBATTIMENTO PER TRANSITO DI MEZZI SU STRADE ASFALTATE	30
1.6 UTILIZZO DI MINE ED ESPLOSIVI	31
2 VALORI DI SOGLIA DI EMISSIONE PER IL PM10	33
BIBLIOGRAFIA	40
ISTRUZIONI SPECIFICHE PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI DI PM10 IN ATTIVITÀ DI TRATTAMENTO DI MATERIALI POLVERULENTI	43

1 STIMA DELLE SORGENTI DI EMISSIONE DI POLVERI

Le sorgenti di polveri diffuse individuate si riferiscono essenzialmente ad attività e lavorazioni di materiali inerti quali pietra, ghiaia, sabbia ecc.; i metodi ed i modelli di stima proposti possono essere utilizzati anche per valutazioni emissive di attività simili con trattamento di materiali diversi, all'interno di cicli produttivi non legati all'edilizia ed alle costruzioni in generale. Le operazioni esplicitamente considerate sono le seguenti (in parentesi vengono indicati i riferimenti all'AP-42 dell'US-EPA):

1. Processi relativi alle attività di frantumazione e macinazione del materiale e all'attività di agglomerazione del materiale (AP-42 11.19.2)
2. Scotico e sbancamento del materiale superficiale (AP-42 13.2.3)
3. Formazione e stoccaggio di cumuli (AP-42 13.2.4)
4. Erosione del vento dai cumuli (AP-42 13.2.5)
5. Transito di mezzi su strade non asfaltate (AP-42 13.2.2)
6. Utilizzo di mine ed esplosivi (AP-42 11.9)

Queste operazioni sono state valutate e caratterizzate secondo i corrispondenti modelli US-EPA o gli eventuali fattori di emissione proposti nell'AP-42, con opportune modifiche/specificazioni/semplificazioni in modo da poter essere applicati ai casi di interesse. Occorre segnalare che:

- Nella trattazione viene riportato il codice identificativo delle attività considerate come sorgenti di emissioni dell'AP-42, denominato SCC (*Source Classification Codes*), in modo da facilitarne la ricerca nella fonte bibliografica, in particolare in FIRE².
- I fattori di emissione ed i modelli emissivi sono classificati dall'US-EPA in relazione alla loro attendibilità/incertezza con dei punteggi (*emission factor rating*) compresi tra A (maggiore attendibilità) ed E (maggiore incertezza). In particolare per attività

² FIRE: "The Factor Information REtrieval data system, FIRE", è il database contenente i fattori di emissione stimati e raccomandati dall'US-EPA per gli inquinanti normati e pericolosi. Di FIRE esiste una versione software che può essere usata in locale (dopo download) ed una versione Web; <http://cfpub.epa.gov/oraweb/> (12/2008); i fattori di emissione sono comunque disponibili in file di vari formati scaricabili dal sito web.

con emissioni diffuse come quelle qui esaminate, il livello di incertezza è da considerare elevato.

- Molti dei fattori di emissione qui presentati sono stati elaborati e sono applicabili in un contesto di stima delle emissioni a fini inventariali o di censimento; in vari casi, secondo l'US-EPA, la loro applicabilità alle specifiche situazioni ed attività sul territorio con fini di regolamentazione è sconsigliata o richiede un'analisi dettagliata ed approfondita. Nel presente contesto, in assenza di metodi e/o strumenti alternativi di stima, viene invece adottata la linea di impiegare comunque questi fattori.³ S'intende quindi che tutte le considerazioni e le azioni conseguenti ad una tale applicazione devono essere anche valutate rispetto a questa scelta.
- In generale per tutte le varie lavorazioni le stime devono essere riferite all'unità oraria considerando un livello di attività media sul periodo di lavoro.
- Sempre in termini generali, per le attività e lavorazioni le cui emissioni sono descritte tramite modello emissivo e questo sia utilizzabile con le informazioni disponibili, il suo utilizzo è preferibile rispetto a quello dei fattori di emissione presenti in FIRE.
- In Appendice A sono riportate alcune foto relative ai processi ed alle attività d'interesse con lo scopo di aiutare l'identificazione di questi, e quindi la scelta dei fattori di emissione.

Di seguito sono trattate le emissioni di PM₁₀ (PTS e PM_{2.5}) in termini di rateo emissivo, generalmente orario, nonché descritti i possibili sistemi di abbattimento o mitigazione applicabili.

1.1 PROCESSI RELATIVI ALLE ATTIVITÀ DI FRANTUMAZIONE E MACINAZIONE E ALL'ATTIVITÀ DI AGGLOMERAZIONE DEL MATERIALE (AP-42 11.19.2)

Per il calcolo delle emissioni vengono forniti i relativi fattori per processi senza abbattimento e con abbattimento in base alla dimensione del particolato. Il calcolo del rateo emissivo totale si esegue secondo la formula:

³ In tal modo viene assicurata l'uniformità della valutazione tecnica delle emissioni.

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

i particolato (PTS, PM₁₀, PM_{2.5})

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. *materiale lavorato/h*)

$EF_{i,l,m}$ fattore di emissione

I fattori di emissione sono presentati nel paragrafo 11.19.2 “*Crushed stone processing and pulverized mineral processing*” dell’AP-42 (US-EPA).⁴

Le diverse possibili, ma non esaustive, fasi di lavorazione relative alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione sono riportate per chiarezza negli schemi a blocchi (flowchart) dei processi (Figura 2 e Figura 3).

Le emissioni da processi di frantumazione sono caratterizzate in base alla pezzatura del materiale prodotto:

1. *frantumazione primaria*: 75 – 300mm
2. *frantumazione secondaria*: 25 – 100mm
3. *frantumazione terziaria*: 5 – 25mm

Per la frantumazione primaria non è definito uno specifico fattore di emissione.⁵

Il prodotto finale di tutti i processi di frantumazione citati arriva alla macinazione, da cui si produce un materiale di pezzatura inferiore a 5 mm.

Nell’attività di agglomerazione il materiale processato ha dimensioni comprese tra 1 e 75 mm.

⁴ Per le attività ed i trattamenti di sabbia e ghiaia, occorre fare riferimento al paragrafo 11.19.1 “*Sand and Gravel processing*” dell’AP-42; tuttavia per i fattori di emissione di gran parte delle operazioni viene indicato di riferirsi a quelli del paragrafo 11.19.2 (vengono escluse alcune fasi specifiche, ad esempio l’impiego di sistemi di essiccazione, Sand Dryer, SCC3-05-027-20)

⁵ Si osserva che nella documentazione dell’AP-42 sono riportate stime di emissione anche per alcuni casi di frantumazione primaria. Probabilmente a causa dell’esiguità dei casi e/o delle insufficienti informazioni raccolte, l’US-EPA non ha utilizzato questi dati per la definizione di un fattore emissivo da assegnare all’attività. Sono comunque presenti in FIRE numerosi fattori di emissione per la frantumazione primaria di materiali e minerali relativi a diversi processi produttivi.

Per l'esecuzione dei calcoli si richiede di utilizzare degli schemi a blocchi e riportare su di essi (si veda anche l'esempio in allegato) i seguenti elementi:

1. i bilanci di massa dei processi in Mg/h , indicando il flusso di materiale di ingresso e in uscita a ciascun processo,
2. i flussi di materiale trasportati all'interno del sito industriale dagli automezzi e quelli dovuti allo spostamento del materiale all'interno del sito, in Mg/h ; siano questi ottenuti con automezzi oppure per mezzo di nastri trasportatori,
3. la pezzatura del materiale in uscita a ciascun in mm .

Nel caso non siano disponibili i dati specifici, in particolare quelli dei flussi di materiale trattato in ogni processo o le dimensioni della pezzatura, è opportuno inserire nelle stime valori conservativi ed indicare l'origine dei dati adottati e le eventuali motivazioni che hanno indirizzato verso tale scelta.

Si raccomanda di verificare che i flussi di massa riportati nei processi siano congruenti con i flussi trasportati dagli automezzi e dai nastri trasportatori. A questo scopo si suggerisce di indicare all'interno degli schemi a blocchi il tipo di trasporto (automezzi, nastri trasportatori o altro) ed i flussi trasportati in Mg/h per ogni processo.

In Tabella 1 riferendosi agli schemi delle Figure 2 e 3 si fornisce l'elenco dei processi per ciascuna attività e le relative unità di misura richieste per il calcolo delle emissioni. Per ciascun processo viene riportata la denominazione originale (in inglese), il codice SCC adottato nella nomenclatura dell'AP-42 (cui riferirsi per individuare la fonte), e viene inoltre riportato il calcolo dell'efficienza di rimozione riferita ai sistemi di abbattimento o mitigazioni applicabili, stimata in base ai fattori di emissione proposti dall'US-EPA (vedi formula 2). Gli abbattimenti o le mitigazioni considerate comprendono la bagnatura e l'umidificazione del materiale, il convogliamento dell'aria di processo in sistemi di abbattimento delle polveri, quali i filtri a maniche, e la copertura ed inscatolamento delle attività o dei macchinari. Si sottolinea che l'efficienza della bagnatura con acqua è valutata in relazione al contenuto di umidità del materiale che deve essere compreso tra 0.5% e 3.0%, inteso come rapporto tra massa del contenuto di acqua e massa totale del materiale.

L'efficienza di rimozione è definita come:

$$\text{efficienza di rimozione \%} = 100 - \left(\frac{EF_{\text{con abbattimento}}}{EF_{\text{senza abbattimento}}} * 100 \right) \quad (2)$$

Si segnala inoltre che:

- Le attività di “scarico camion” (alla tramoggia od alla griglia) sono state associate al SCC 3-05-020-31 “*Truck unloading*” relativo al “Stone Quarrying – Processing”; si ricorda che per altri materiali sono disponibili scelte alternative.
- Le operazioni relative al “carico camion” del materiale processato sono state associate al SCC 3-05-020-32 “*Truck Loading Conveyor*”, ovvero si è ipotizzato che tale operazione avvenga mediante un convogliatore o nastro trasportatore. Anche in questo caso sono presenti differenti fattori di emissione per lo stesso tipo di attività, effettuato con materiali e metodiche o macchinari differenti; ad esempio relativamente al settore “Construction Sand and Gravel” è presente “*Bulk loading*” SCC 3-05-025-06, per il settore “Coal Mining, Cleaning, and Material Handling” è presente “*Truck Loading: Overburden*” SCC 3-05-010-37, corrispondente alla fase di carico del materiale superficiale rimosso dallo scotico.
- Per le operazioni relative al “carico camion” del materiale estratto cui corrisponde SCC 3-05-020-33, non è disponibile un fattore di emissione. Può essere eventualmente utilizzato quello del SCC 3-05-010-37 “*Truck Loading: Overburden*” presente per il settore “Coal Mining, Cleaning, and Material Handling”, corrispondente alla fase di carico del materiale superficiale rimosso dallo scotico.

Per tutte le diverse fasi e operazioni d’interesse occorre individuare il corrispondente caso all’interno dell’elenco dei fattori di emissione; in caso di mancanza del fattore di emissione o nel caso in cui la lavorazione o l’operazione non sia censita, occorre determinare o scegliere un fattore di emissione alternativo, tenendo presente la similitudine tra le attività considerate, la corrispondenza in termini di materiale trattato, e adottando un criterio di norma conservativo. Ovviamente la scelta deve essere indicata e giustificata nella documentazione redatta. Considerazioni analoghe valgono per quanto riguarda le azioni di mitigazione delle emissioni; in particolare l’efficienza della bagnatura non è definita per tutte le operazioni/processi ed in alcuni casi deve quindi essere valutata o ipotizzata e giustificata.

Nelle Tabelle 2 e 3 sono riportati i valori dei fattori di emissione rispettivamente di PM_{10} e $PM_{2.5}$ relativi ai processi descritti. Si noti che per i processi di agglomerazione i fattori di

emissione sono disponibili solo per il processo a secco in quanto si considera che non si verifichino emissioni durante il processo a umido.



Figura 1: In alto: operazione di carico su camion del materiale estratto SCC 3-05-020-33; in basso a sinistra un esempio di SCC 3-05-020-32 “*Truck Loading Conveyor*” (crushed stone) e a destra di SCC 3-05-01-038 “*Truck Loading Coal*”.

Si nota infine che il calcolo delle emissioni è richiesto nelle unità di misura del Sistema Internazionale; viene quindi utilizzato il megagrammo ($1 \text{ Mg} = 1000 \text{ kg}$) equivalente al *metric tonne* ($1 \text{ metric tonne} = 1000 \text{ kg}$). Occorre fare attenzione perché nell'applicazione dell'AP-42 sono talvolta utilizzate le unità del sistema anglosassone, ovvero il *pound* o *libbra* (*lb*) $1 \text{ lb} = 0.45 \text{ kg}$, lo *short tonne*, $1 \text{ tonn} = 907 \text{ kg}$, il *miglio*, $1 \text{ mi} = 1.609 \text{ km}$, la *yard*

$1\text{ yd} = 0.91\text{ m}$, il piede *foot* $1\text{ ft} = 0.30\text{ m}$. In FIRE, frequentemente il fattore di emissione è espresso come *lb/tonn* di materiale trattato, corrispondente a 0.50 kg/Mg di materiale trattato; altre volte il fattore di emissione viene riferito al volume di materiale trattato e quindi in *lb/(cubic yards)* corrispondente a 0.59 kg/m^3 .

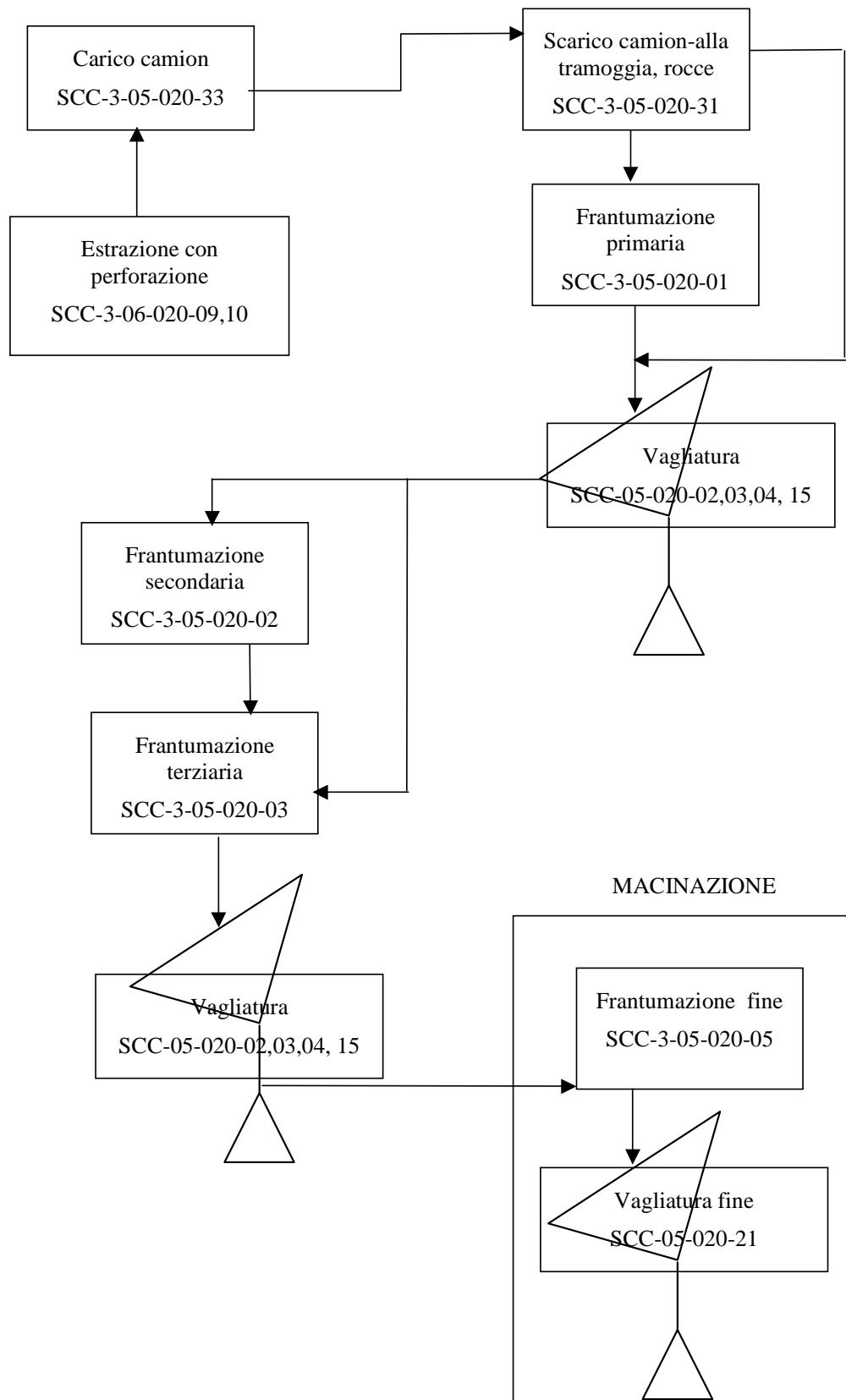


Figura 2: Processi di frantumazione e macinazione

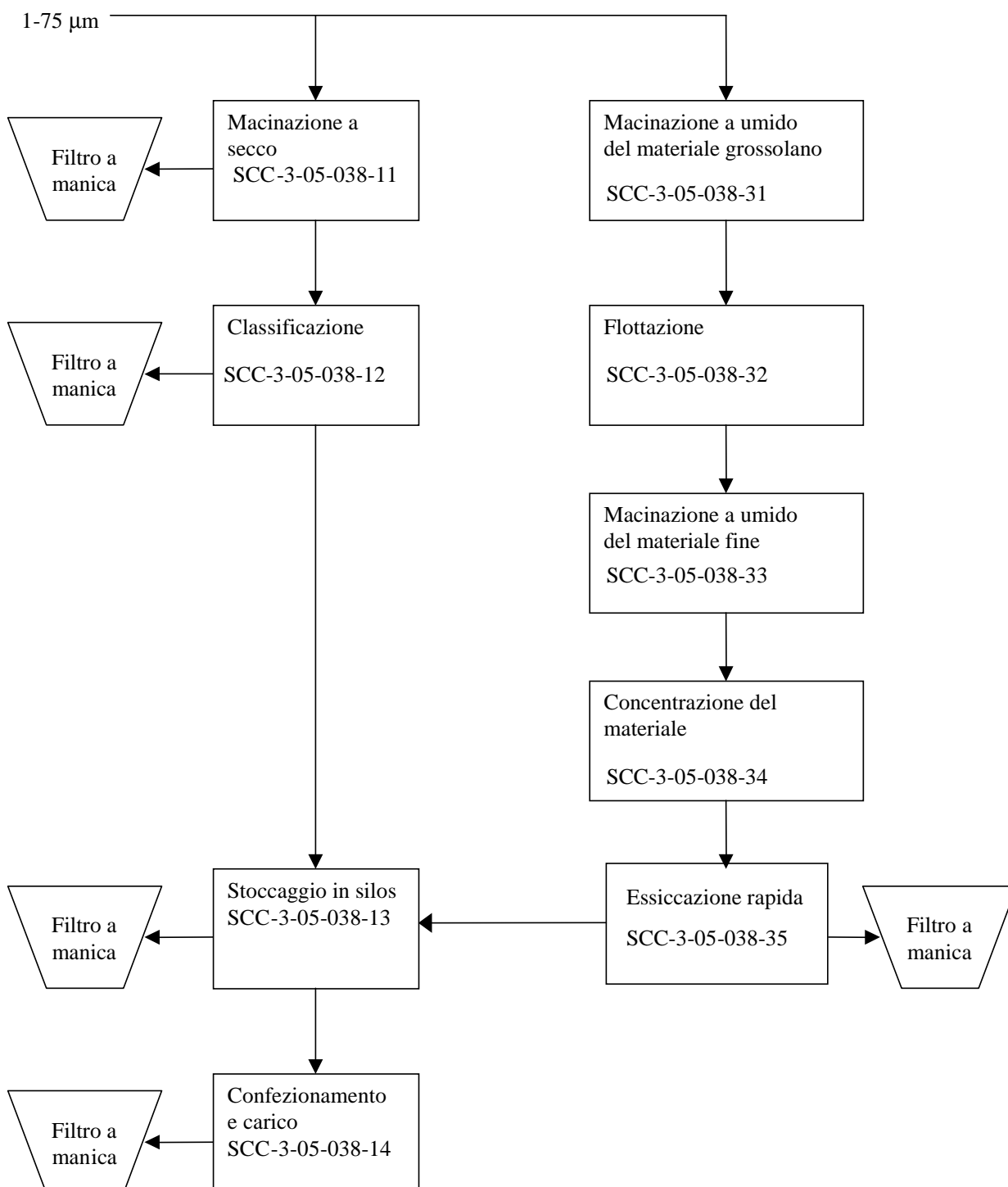


Figura 3: Processi di agglomerazione

Tabella 1: Processi relativi alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione.

Attività di frantumazione e macinazione	Codice SCC	Unità di misura	Abbattimento o mitigazione
estrazione con perforazione (drilling unfragment stone)	3-05-020-10	<i>Mg/h</i>	Bagnatura con acqua ⁶
frantumazione primaria 75 – 300mm (primary crushing)	3-05-020-01	<i>Mg/h</i>	
frantumazione secondaria 25 – 100mm (secondary crushing)	3-05-020-02	<i>Mg/h</i>	
frantumazione terziaria 5 – 25mm (tertiary crushing)	3-05-020-03	<i>Mg/h</i>	
frantumazione fine (fine crushing)	3-05-020-05	<i>Mg/h</i>	
vagliatura (screening)	3-05-020-02, 03, 04,15	<i>Mg/h</i>	
vagliatura fine < 5mm (fine screening)	3-05-020-21	<i>Mg/h</i>	Copertura o inscatolamento
nastro trasportatore – nel punto di trasferimento (conveyor transfer point)	3-05-020-06	<i>Mg/h</i>	
scarico camion - alla tramoggia, rocce (truck unloading-fragmented stone)	3-05-020-31	<i>Mg/h</i>	Bagnatura con acqua ⁷
scarico camion - alla griglia (truck unloading and grizzly feeder)			
carico camion - dal nastro trasportatore, rocce frantumate (truck loading-conveyor, crushed stone)	3-05-020-32	<i>Mg/h</i>	
carico camion (truck loading)	3-05-020-33	<i>Mg/h</i>	

Continua **Tabella 1**

⁶ Contenuto di umidità del materiale compreso tra 0.5% e 3.0% in massa.

⁷ Contenuto di umidità del materiale compreso tra 0.5% e 3.0% in massa.

Attività di agglomerazione⁸	Codice SCC	Unità di misura	Abbattimento o mitigazione
macinazione a secco (grinding, dry mode)	3-05-038-11	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche
classificazione (classifiers, dry mode)	3-05-038-12	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche
essiccazione rapida (flash drying)	3-05-038-35	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche
stoccaggio in silos (product storage)	3-05-038-13	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche
confezionamento e scarico (product packaging and bulk loading)	3-05-038-14	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche

⁸ Nelle Tabelle 1, 2 e 3 non sono state inserite alcune attività presenti in Figura 3 poiché relative a processi ad umido per i quali si suppone l'assenza di emissioni.

Tabella 2: Processi relativi alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione, fattori di emissione per il PM10

Attività di frantumazione e macinazione (tab. 11.19.2-1)	Codice SCC	Fattore di emissione senza abbattimento (kg/Mg)	Abbattimento o mitigazione	Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)	Efficienza di rimozione %
estrazione con perforazione (drilling unfragment stone)	3-05-020-10	4.E-05	Bagnatura con acqua		
frantumazione primaria 75 – 300mm (primary crushing)	3-05-020-01				
frantumazione secondaria 25 – 100mm (secondary crushing)	3-05-020-02	0.0043		3.7E-04	91
frantumazione terziaria 5 – 25mm (tertiary crushing)	3-05-020-03	0.0012		2.7E-04	77
frantumazione fine (fine crushing)	3-05-020-05	0.0075		6.E-04	92
vagliatura (screening)	3-05-020-02, 03, 04,15	0.0043		3.7E-04	91
vagliatura fine < 5mm (fine screening)	3-05-020-21	0.036		0.0011	97
nastro trasportatore – nel punto di trasferimento (conveyor transfer point)	3-05-020-06	5.5E-04	Copertura o inscatolamento	2.3E-05	96
scarico camion - alla tramoggia, rocce (truck unloading-fragmented stone)	3-05-020-31	8.E-06	Bagnatura con acqua	-	-
scarico camion - alla griglia (truck unloading and grizzly feeder)					
carico camion - dal nastro trasportatore, rocce frantumate (truck loading-conveyor, crushed stone)	3-05-020-32	5.E-05		-	-
carico camion (truck loading)	3-05-020-33				

Continua **Tabella 2**

Attività di agglomerazione	Codice SCC	Fattore di emissione senza abbattimento (kg/Mg)	Abbattimento o mitigazione	Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)	Efficienza di rimozione %
macinazione a secco (grinding, dry mode)	3-05-038-11	3.4	Filtro a maniche	0.0169	99.5 ⁹
classificazione (classifiers, dry mode)	3-05-038-12	1.04	Filtro a maniche	0.0052	99.5
essiccazione rapida (flash drying)	3-05-038-35	1.5	Filtro a maniche	0.0073	99.5
stoccaggio in silos (product storage)	3-05-038-13	0.16	Filtro a maniche	8.E-04	99.5
confezionamento e scarico (product packaging and bulk loading)	3-05-038-14		Filtro a maniche		

⁹ Il fattore di emissione senza abbattimento è calcolato da quello con abbattimento invertendo la formula (2) con l'efficienza di rimozione impostata secondo la tabella stessa.

Tabella 3: Processi relativi alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione, fattori di emissione di PM_{2.5}

Attività di frantumazione e macinazione	Codice SCC	Abbattimento o mitigazione	Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)
estrazione con perforazione (drilling unfragment stone)	3-05-020-10	Bagnatura con acqua	
frantumazione primaria 75 – 300mm (primary crushing)	3-05-020-01		2.5E-05
frantumazione secondaria 25 – 100mm (secondary crushing)	3-05-020-02		5E-05
frantumazione terziaria 5 – 25mm (tertiary crushing)	3-05-020-03		3.5E-05
frantumazione fine (fine crushing)	3-05-020-05		2.5E-05
vagliatura (screening)	3-05-020-02, 03, 04,15		2.5E-05
vagliatura fine < 5mm (fine screening)	3-05-020-21	Copertura o inscatolamento	6.5E-06
nastro trasportatore – nel punto di trasferimento (conveyor transfer point)	3-05-020-06	Bagnatura con acqua	
scarico camion - alla tramoggia, rocce (truck unloading-fragmented stone)	3-05-020-31		
scarico camion - alla griglia (truck unloading and grizzly feeder)			
carico camion - dal nastro trasportatore, rocce frantumate (truck loading-conveyor, crushed stone)	3-05-020-32		
carico camion (truck loading)	3-05-020-33	Abbattimento o mitigazione	Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)
Attività di agglomerazione¹⁰	Codice SCC	Filtro a maniche	0.006
macinazione a secco (grinding, dry mode)	3-05-038-11	Filtro a maniche	0.002
classificazione (classifiers, dry mode)	3-05-038-12	Filtro a maniche	0.0042
essiccazione rapida (flash drying)	3-05-038-35	Filtro a maniche	3E-04
stoccaggio in silos (product storage)	3-05-038-13	Filtro a maniche	

¹⁰ Nelle Tabelle 1, 2 e 3 non sono state inserite alcune attività presenti in Figura 3 poiché relative a processi ad umido per i quali si suppone l'assenza di emissioni.

1.2 SCOTICO E SBANCAMENTO DEL MATERIALE SUPERFICIALE

L'attività di scotico (rimozione degli strati superficiali del terreno) e sbancamento del materiale superficiale viene effettuata di norma con ruspa o escavatore e, secondo quanto indicato al paragrafo 13.2.3 "Heavy construction operations" dell'AP-42, produce delle emissioni di PTS¹¹ con un rateo di 5.7 kg/km. Per utilizzare questo fattore di emissione occorre quindi stimare ed indicare il percorso della ruspa nella durata dell'attività, esprimendolo in km/h. In altri settori (ad esempio "Mineral Products Industry: Coal Mining, Cleaning, and Material Handling" paragrafo 11.9) alle attività di rimozione degli strati superficiali sono associati altri fattori di emissione. Nella Tabella 4 sono riportate le relazioni presenti in FIRE, con il relativo codice SCC, che si riferiscono a trattamento del materiale superficiale.

Tabella 4 fattori di emissione per il PM10 relativi alle operazioni di trattamento del materiale superficiale

SCC	operazione	Fattore di emissione in kg	note	Unità di misura
3-05-010-33	Drilling Overburden	0.072		kg per ciascun foro effettuato
3-05-010-36	Dragline: Overburden Removal	$\frac{9.3 \times 10^{-4} \times (H / 0.30)^{0.7}}{M^{0.3}}$	H è l'altezza di caduta in m, M il contenuto percentuale di umidità del materiale	kg per ogni m ³ di copertura rimossa
3-05-010-37	Truck Loading: Overburden	0.0075		kg per ogni Mg di materiale caricato
3-05-010-42	Truck Unloading: Bottom Dump - Overburden	0.0005		kg per ogni Mg di materiale scaricato
3-05-010-45	Bulldozing: Overburden	$\frac{0.3375 \times s^{1.5}}{M^{1.4}}$	s è il contenuto di silt (vedi § 1.5), M il contenuto di umidità del materiale, espressi in percentuale	kg per ogni ora di attività
3-05-010-48	Overburden Replacement	0.003		kg per ogni Mg di materiale processato

¹¹ Il fattore di emissione è assegnato per le polveri totali (PTS); per riferirsi al PM10 si può cautelativamente considerare l'emissione come costituita completamente dalla frazione PM10, oppure considerarla solo in parte costituita da PM10. In tal caso occorre esplicitare chiaramente la percentuale di PM10 considerata. In mancanza di informazioni specifiche, osservando i rapporti tra i fattori di emissione di PM10 e PTS relativi alle altre attività oggetto del presente lavoro, si può ritenere cautelativo considerare una componente PM10 dell'ordine del 60% del PTS.

1.3 FORMAZIONE E STOCCAGGIO DI CUMULI

Un'attività suscettibile di produrre l'emissione di polveri è l'operazione di formazione e stoccaggio del materiale in cumuli.

Il modello proposto nel paragrafo 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles" dell'AP-42 calcola l'emissione di polveri per quantità di materiale lavorato in base al fattore di emissione:

$$EF_i (kg/Mg) = k_i (0.0016) \frac{\left(\frac{u}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} \quad (3)$$

i particolato (PTS, PM₁₀, PM_{2.5})

EF_i fattore di emissione

k_i coefficiente che dipende dalle dimensioni del particolato (vedi Tabella 5)

u velocità del vento (m/s)

M contenuto in percentuale di umidità (%)

La quantità di particolato emesso da questa attività quindi dipende dal contenuto percentuale di umidità M : valori tipici nei materiali impiegati in diverse attività, corrispondenti ad operazioni di lavorazione di inerti, sono riportati in Tabella 13.2.4-1 del suddetto paragrafo 13.2.4 dell'AP-42.

Tabella 5 Valori di k_i al variare del tipo di particolato

	k_i
PTS	0.74
PM10	0.35
PM2.5	0.11

L'espressione (3) è valida entro il dominio di valori per i quali è stata determinata, ovvero per un contenuto di umidità di 0.2-4.8 % e per velocità del vento nell'intervallo 0.6-6.7 m/s.

Si osserva che, a parità di contenuto di umidità e dimensione del particolato, le emissioni corrispondenti ad una velocità del vento pari a 6 m/s (più o meno il limite superiore di impiego

previsto del modello) risultano circa 20 volte maggiori di quelle che si hanno con velocità del vento pari a 0.6 m/s (più o meno il limite inferiore di impiego previsto del modello). Alla luce di questa considerazione appare ragionevole pensare che se nelle normali condizioni di attività (e quindi di velocità del vento) non si crea disturbo con le emissioni di polveri, in certe condizioni meteorologiche caratterizzate da venti intensi, le emissioni possano crescere notevolmente tanto da poter da luogo anche a disturbi nelle vicinanze dell'impianto.

Poiché le emissioni dipendono dalle condizioni meteorologiche, esse variano nel tempo e per poter ottenere una valutazione preventiva delle emissioni di una certa attività occorre riferirsi ad uno specifico periodo di tempo, ipotizzando che in esso si verifichino mediamente le condizioni anemologiche tipiche dell'area in cui avviene l'attività. L'intervallo di tempo da considerare è di almeno un anno. Quindi, utilizzando le frequenze di intensità del vento nel periodo è possibile calcolare una emissione complessiva e anche quella media relativa ad un sottoperiodo giornaliero specificato.

A titolo di esempio si può considerare la distribuzione statistica delle medie orarie della velocità del vento della stazione meteorologica di Empoli-Riottoli.¹² Tale distribuzione è rappresentata in Figura 4 e riportata nella successiva Tabella 6 distinguendo i dati relativi ai singoli periodi diurno e notturno. Si osserva così che circa l'85% delle ore diurne corrisponde a velocità del vento minori o uguali a 5 m/s e meno dell'8% delle ore diurne corrisponde a valori di velocità superiori ai 6 m/s .

Utilizzando l'espressione (3), ipotizzando attività uniformi nell'arco dell'anno e nel periodo diurno, questa distribuzione del vento comporta che all'85% di ore con velocità del vento minori o uguali a 5 m/s corrisponde una quantità di emissioni pari al 58% del totale, e che alle ore con valori di velocità del vento superiori ai 6 m/s , corrispondenti a meno dell'8% delle ore, corrisponde circa il 26% delle emissioni. La limitazione dell'attività nelle ore di vento intenso può quindi corrispondere, a fronte di una minima interferenza con le stesse attività, ad una importante riduzione, anche complessiva, delle emissioni di particolato.

¹² La stazione di Empoli-Riottoli (il cui anemometro è posto a circa 10 m di altezza) per la sua collocazione in ambiente rurale fornisce una buona descrizione dell'andamento del vento in assenza di ostacoli rilevanti; la distribuzione ha valore locale, ma la frequenza relativa dei valori elevati di velocità del vento, essendo questi prodotti nella quasi totalità dei casi da condizioni non locali, bensì geostrofiche, può avere validità spaziale molto più estesa. La distribuzione prende in considerazione 5 anni di dati orari, quindi pur non avendo valenza climatologica è senz'altro sufficientemente rappresentativa dei fenomeni.

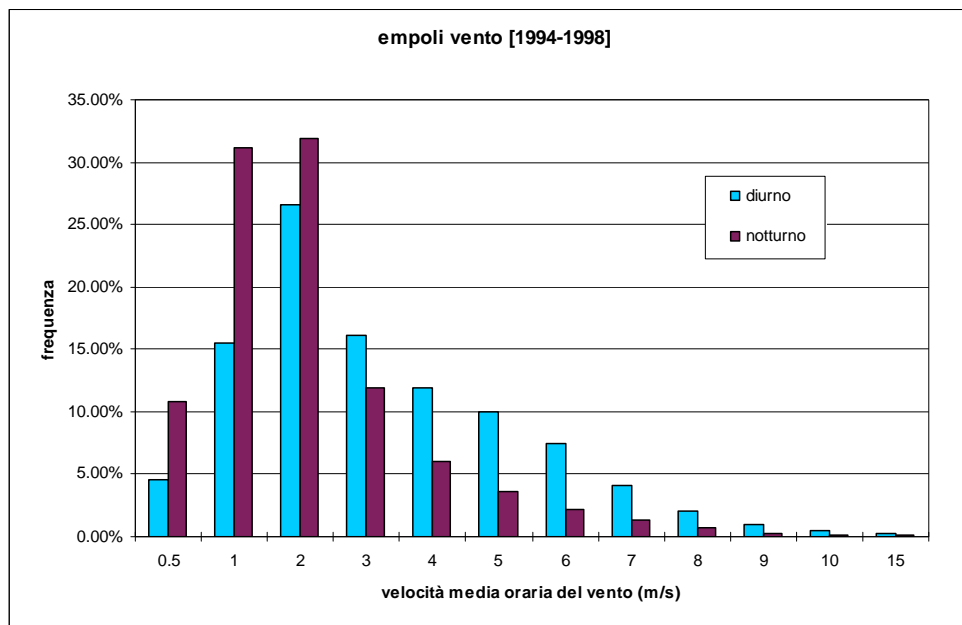


Figura 4: Distribuzione della frequenza di velocità media oraria del vento della stazione di Empoli-Riottoli negli anni 1994-1998.

Tabella 6 Distribuzione di frequenza delle medie orarie della stazione di Empoli-Riottoli negli anni 1994-1998

Classe di velocità del vento (m/s)	diurno	notturno
≤0.5 m/s	4.58%	10.83%
(0.5; 1]	15.57%	31.16%
(1; 2]	26.58%	31.85%
(2; 3]	16.08%	11.91%
(3; 4]	11.92%	5.99%
(4; 5]	9.97%	3.56%
(5; 6]	7.45%	2.19%
(6; 7]	4.12%	1.29%
(7; 8]	2.01%	0.68%
(8; 9]	0.99%	0.28%
(9; 10]	0.45%	0.16%
≥10	0.26%	0.09%

In assenza di dati anemometrici specifici del sito di interesse, si ritiene che ai fini di una stima globale delle emissioni dovute a questo tipo di attività, sia utilizzabile la distribuzione di frequenze della velocità del vento della stazione di Empoli-Riottoli e quindi l'espressione per il calcolo può essere semplificata riducendosi a:

$$E_{i,diurno} = k_i \cdot (0.0058) \cdot \frac{1}{M^{1.4}} \quad E_{i,notturmo} = k_i \cdot (0.0032) \cdot \frac{1}{M^{1.4}} \quad (3')$$

1.3.1 Sistemi di controllo o di abbattimento

Per ridurre le emissioni dovute a questo tipo di attività, si possono ipotizzare varie azioni mitiganti, oltre a quella già anticipata relativa all'evitare la lavorazione in condizioni di vento elevato.

1. Trattamento della superficie tramite bagnamento (*wet suppression*) con acqua.
2. Copertura dei cumuli. Varie tecniche di copertura sono descritte in dettaglio nel BREF (EIPPCB, 2006: *Emissions from storage*).
3. Costruzione di barriere protettive come ad esempio innalzamento di muri.

Le varie tecniche sono descritte in dettaglio nel BREF (EIPPCB, 2006: *Emissions from storage*).

1.4 EROSIONE DEL VENTO DAI CUMULI

Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione. Nell'AP-42 (paragrafo 13.2.5 "Industrial Wind Erosion") queste emissioni sono trattate tramite la potenzialità di emissione del singolo cumulo in corrispondenza di certe condizioni di vento. La scelta operata nel presente contesto è quella di presentare l'effettiva emissione dell'unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse. In particolare si fa riferimento alla distribuzione di frequenze dei valori della velocità del vento già utilizzata nel precedente paragrafo.

Il rateo emissivo orario si calcola dall'espressione:

$$E_i (kg/h) = EF_i \cdot a \cdot movh \quad (5)$$

i particolato (PTS, PM₁₀, PM_{2.5})

$EF_i (kg/m^2)$ fattore di emissione areale dell' i -esimo tipo di particolato

a superficie dell'area movimentata in m^2

$movh$ numero di movimentazioni/ora

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. Nel caso di cumuli non a base circolare, si ritiene sufficiente stimarne una dimensione lineare che ragionevolmente rappresenti il diametro della base circolare equivalente a quella reale. Dai valori di:

1. altezza del cumulo (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta) H in m ,
2. 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:

Tabella 7 Fattori di emissione areali per ogni movimentazione, per ciascun tipo di particolato

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	2.5 E-04
PM _{2.5}	3.8 E-05

Ovviamente qualora siano disponibili i dati specifici richiesti, è possibile effettuare la stima diretta impiegando le espressioni riportate nell'AP-42. I sistemi di mitigazione sono analoghi a quelli citati nel precedente paragrafo (1.3.1).

1.5 TRANSITO DI MEZZI SU STRADE NON ASFALTATE

Per il calcolo dell'emissione di particolato dovuto al transito di mezzi su strade non asfaltate si ricorre al modello emissivo proposto nel paragrafo 13.2.2 "Unpaved roads" dell'AP-42. Il rateo emissivo orario risulta proporzionale a (i) il volume di traffico e (ii) il contenuto di limo (*silt*) del suolo, inteso come particolato di diametro inferiore a $75 \mu m$. Il fattore di emissione lineare dell' i -esimo tipo di particolato per ciascun mezzo $EF_i (kg/km)$ per il transito su strade non asfaltate all'interno dell'area industriale è calcolato secondo la formula:

$$EF_i (kg/km) = k_i \cdot (s/12)^{a_i} \cdot (W/3)^{b_i} \quad (6)$$

i particolato (PTS, PM_{10} , $PM_{2.5}$)

s contenuto in limo 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 Tabella 8:

Tabella 8 Valori dei coefficienti k_i , a_i e b_i e al variare del tipo di particolato

	k_i	a_i	b_i
PTS	1.38	0.7	0.45
PM_{10}	0.423	0.9	0.45
$PM_{2.5}$	0.0423	0.9	0.45

Il peso medio dell'automezzo W deve essere calcolato sulla base del peso del veicolo vuoto e a pieno carico. Si ricorda che la relazione (6) è valida per veicoli con un peso medio inferiore a $260 Mg$ e velocità media inferiore a $69 km/h$. 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 all'interno del sito ed il numero di ore lavorative al giorno:

$$E_i (kg / h) = EF_i \cdot kmh \quad (7)$$

Nel caso non sia disponibile il numero di viaggi al giorno è opportuno ricorrere a stime con valori conservativi. Per esempio il numero di viaggi al giorno si può ottenere dal rapporto tra la quantità di materiale in entrata al processo iniziale (ad esempio la tramoggia) ed il peso medio dell'automezzo utilizzato per il trasporto nell'arco di una giornata lavorativa di 8 ore; questo calcolo va poi ripetuto per gli altri eventuali processi che richiedono o vengono effettuati con mezzi di trasporto in movimento su piste.

Si specifica che l'espressione (6) è valida per un intervallo di valori di limo (*silt*) compreso tra l'1.8% ed il 25.2%. Poiché la stima di questo parametro non è semplice e richiede procedure tecniche e analitiche precise¹³, in mancanza di informazioni specifiche si suggerisce di considerare un valore all'interno dell'intervallo 12-22%. Si osserva che la scelta del valore del parametro risulta incidere significativamente sulle emissioni: a parità degli altri parametri, raddoppiare il valore del silt corrisponde a quasi raddoppiare l'emissione (più precisamente a moltiplicarla per un fattore 1.9).

Nel calcolo delle emissioni dovute al transito di veicoli su strade non asfaltate nei calcoli aventi fini inventariali si può considerare anche l'effetto dovuto alla mitigazione naturale delle precipitazioni (pioggia) secondo l'espressione:

$$E_{EXT,i} (kg / h) = E_i [(365 - gp) / 365] \quad (8)$$

$E_{EXT,i}$ rateo emissivo per i-esimo tipo di particolato estrapolato per la mitigazione naturale

gp numero di giorni nell'anno con almeno 0.254 mm di precipitazione

E_i rateo emissivo calcolato con l'eq. (7)

¹³ Si ricorda che l'AP-42 in Appendice C.1 e C.2 propone un metodo per il calcolo del contenuto di "silt"- limo; in tale metodo, basato sulla metodologia ASTM (American Society for Testing and Materials), si ricorre all'utilizzo di un vaglio di 200 mesh.

Ad esempio, considerando un valore di 60 giorni di precipitazioni (corrispondente ad un numero di giorni minimo per il territorio della Regione Toscana) si ottiene:

$$E_{EXT,i}(kg/h) = E_i \cdot 0.84 \quad (8')$$

Si deve notare che il calcolo della mitigazione naturale viene effettuato su base annuale quindi non è applicabile alle stime di emissione su base oraria. Per queste si può assumere che in presenza di precipitazioni l'emissione sia assente.

1.5.1 Sistemi di controllo o abbattimento

- 1) Restrizione del limite di velocità dei mezzi all'interno del sito industriale. Questa misura è consigliata sia all'interno dell'AP-42 che nel BREF (paragrafo 4.4.6.12) relativo alle emissioni da stoccaggi (*Emissions from storage*). Si consiglia l'installazione di cunette per limitare la velocità dei veicoli sotto un limite di velocità da definire, per esempio 30 km/h.
- 2) Trattamento della superficie – bagnamento (*wet suppression*) e trattamento chimico (*dust suppressants*). I costi sono moderati, ma richiedono applicazioni periodiche e costanti. Inoltre bisogna considerare un sistema di monitoraggio per verificare che il trattamento venga effettuato. Esistono due modi per il calcolo indicativo dell'efficienza di rimozione del bagnamento con acqua del manto stradale:
 - a) L'utilizzo di Figura 4, in cui l'efficienza di controllo è calcolata in base al rapporto del contenuto di umidità M tra strada trattata (bagnata) e non trattata (asciutta). M è calcolabile secondo le indicazioni di appendice C.1 e C.2 dell'AP-42. Come è prevedibile più il terreno è asciutto minore è l'efficienza di rimozione. In base all'andamento sperimentale della curva mostrata in figura si considera un valore di riferimento dell'efficienza di controllo del 75%.

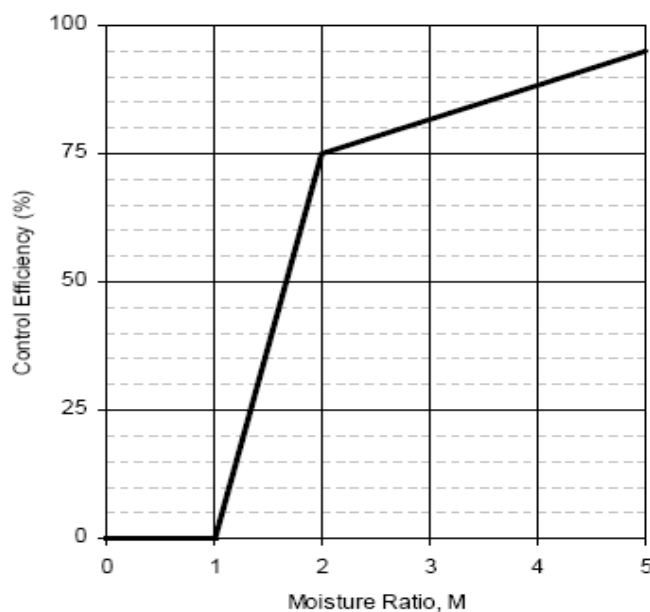


Figura 4: Andamento dell'efficienza di abbattimento delle emissioni in funzione del contenuto di umidità del suolo

b. La formula proposta da Cowherd et al (1998):

$$C(\%) = 100 - (0.8 \cdot P \cdot trh \cdot \tau) / I \quad (9)$$

- C efficienza di abbattimento del bagnamento (%)
- P potenziale medio dell'evaporazione giornaliera (mm/h)
- trh traffico medio orario (h^{-1})
- I quantità media del trattamento applicato (l/m^2)
- τ Intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni (h)

L'efficienza media della bagnatura deve essere superiore al 50% e, come è evidente dall'espressione (9), per raggiungere l'efficienza impostata si può agire sia sulla frequenza delle applicazioni sia sulla quantità di acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario e al potenziale medio di evaporazione

giornaliera. Riguardo quest'ultimo, considerando la difficoltà a reperire dati reali¹⁴, si assume come riferimento il valore medio annuale del caso-studio riportato nel rapporto EPA (1998a) $P = 0.34 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. Per esemplificare il calcolo si riportano nelle Tabelle 9, 10 e 11, i valori dell'intervallo di tempo tra due applicazioni successive $t(h)$, considerando diverse efficienze di abbattimento a partire dal 50% fino al 90%, per un intervallo di valori di traffico medio all'ora trh : inferiore a 5, tra 5 e 10 e superiore a 10.

L'uso di sostanze chimiche, come polimeri a base d'acqua, richiede un'applicazione meno frequente, ma bisogna considerare che può produrre una variazione nel contenuto di particolato della strada con un aumento del contenuto di limo. L'efficienza effettiva di questo tipo di controllo dipende da molti fattori ed è in generale difficile da stimare. In caso di utilizzo di sostanze chimiche si richiede di fornire i dati riportati nella scheda tecnica del prodotto utilizzato. Da passate campagne di misurazione effettuate dall'US-EPA risulta che l'efficienza per il PM_{10} si aggira intorno all'80% con applicazioni regolari effettuate ad intervalli compresi tra 2 settimane ed 1 mese.

Tabella 9 Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive $\tau(h)$ per un valore di $trh < 5$

Quantità media del trattamento applicato I (l/m^2)	Efficienza di abbattimento				
	50%	60%	75%	80%	90%
0.1	5	4	2	2	1
0.2	9	8	5	4	2
0.3	14	11	7	5	3
0.4	18	15	9	7	4
0.5	23	18	11	9	5
1	46	37	23	18	9
2	92	74	46	37	18

¹⁴ Ritchie ("Modeling Soil Water Redistribution during Second-Stage Evaporation", Soil Science Society of America Journal 67:377-386 (2003), A. A. Suleiman, a and J. T. Ritchie) riporta 0.3-0.8 mm/h per terreni tra sabbiosi ed argillosi.

Tabella 10 Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive $\tau(h)$ per trh tra 5-10

Efficienza di abbattimento Quantità media del trattamento applicato I (l/m ²)	50%	60%	75%	80%	90%
0.1	4-2	3-1	2-1	1	1
0.2	7-4	6-3	4-2	3-1	1
0.3	11-5	9-4	5-3	4-2	2-1
0.4	15-7	12-6	7-4	6-3	3-2
0.5	18-9	15-7	9-5	7-4	4-2
1	37-18	30-15	18-9	15-7	7-4
2	74-37	59-30	37-18	30-15	15-7

Tabella 11 Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive $\tau(h)$ per un valore di $trh > 10$

Efficienza di abbattimento Quantità media del trattamento applicato I (l/m ²)	50%	60%	75%	80%	90%
0.1	2	1	1	1	1
0.2	3	3	2	1	1
0.3	5	4	2	2	1
0.4	7	5	3	3	1
0.5	8	7	4	3	2
1	17	13	8	7	3
2	33	27	17	14	7

1.5.2 Sistemi di controllo o abbattimento per transito di mezzi su strade asfaltate

Un metodo generalmente usato e semplice è la pulizia automatica delle ruote con un sistema automatico di irrigazione. Nel BREF (paragrafo 4.4.6.13 *Emissions from storage*) viene riportata questa metodologia che consiste nel costruire una viabilità interna al sito tale che il mezzo è costretto a passare attraverso un sistema di irrigazione automatico che provvede a pulire le ruote dalla polvere. Ciò comporta la verifica circa la necessità di un successivo trattamento delle acque.

1.6 UTILIZZO DI MINE ED ESPLOSIVI

Le emissioni di polvere diffuse dovute all'utilizzo di mine sono trattate nel paragrafo 11.9 (*Western Surface Coal Mining*) dell'AP-42 (US.EPA). Il modello si riferisce a cave di carbone, ma può essere utilizzato per fornire un ordine di grandezza delle emissioni di questa attività. Il fattore di emissione proposto è:

$$EF_i(kg/Mg) = k_i \cdot a \quad (10)$$

i particolato (PTS, PM₁₀, PM_{2.5})

$EF_i(kg/Mg)$ fattore di emissione dell' i -esimo tipo di particolato

a superficie del fronte di esplosione in m^2

k_i , è un coefficiente che varia a seconda del tipo di particolato ed i cui valori sono forniti nella Tabella 12.

Tabella 12 Valori del coefficiente k_i per il calcolo delle emissioni per cave che utilizzano mine

	k_i
PTS	0.00022
PM ₁₀	$0.52 \cdot 0.00022$
PM _{2.5}	$0.03 \cdot 0.00022$

L'eq. (10) è valida per una profondità della volata $\leq 21m$ e una estensione del fronte di esplosione compreso tra 700 e 8000 m^2 .

Anche le demolizioni di edifici e manufatti per mezzo di esplosivi (implosioni) costituiscono una fonte di emissione di particolato. Al riguardo si possono fare alcune considerazioni:

- In generale l'evento implosivo ha una durata estremamente limitata nel tempo (dell'ordine di qualche minuto), mentre sono le successive operazioni di rimozione dei detriti che hanno maggiore durata temporale; le emissioni di queste fasi possono essere trattate facendo riferimento alle attività precedentemente esaminate.

-
- Durante la fase di implosione si ha una emissione significativa di particolato; tuttavia gli studi disponibili indicano che l’impatto in termini di qualità dell’aria è molto limitato: si hanno infatti concentrazioni estremamente elevate di PM10 sottovento alla sorgente per tempi molto ridotti, e la situazione ritorna in poche ore su livelli di concentrazione analoghi a quelli precedenti l’evento (Beck C.M. et al. 2003).
 - Allo stato attuale delle conoscenze l’importanza di queste emissioni appare circoscritta ai singoli eventi e, in relazione al numero di eventi che possono verificarsi, di eventuale rilevanza inventariale.

2 VALORI DI SOGLIA DI EMISSIONE PER IL PM10¹⁵

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 (e quelli futuri per il PM2.5). 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.

Le stime valgono per una serie di condizioni meteorologiche ed emissive; qualora la situazione reale si discosti fortemente da quella simulata è evidente che le soglie non possono essere ritenute di sufficiente salvaguardia ed occorrono valutazioni specifiche, generalmente tramite modelli di dispersione in atmosfera che rispettino la complessità delle condizioni.

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 limite¹⁶. 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. Per il PM2.5, il futuro limite ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è riferito esclusivamente alla media annua delle concentrazioni.¹⁷

Nell'ipotesi di terreno piano, facendo riferimento ad una meteorologia tipica del territorio pianeggiante della Provincia di Firenze, considerando concentrazioni di fondo dell'ordine dei $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un'emissione di durata di pari a 10 ore/giorno, per il rispetto dei limiti di concentrazione

¹⁵ Si veda il contenuto di "Emissioni di polveri diffuse: un approccio modellistico per la valutazione dei valori di emissione di PM10 compatibili con i limiti di qualità dell'aria", Franco Giovannini, AFR "Modellistica previsionale", U.O. PCAI, ARPAT - Dipartimento provinciale di Firenze

¹⁶ DM n. 60 del 2 aprile 2002.

per il PM10 sono stati individuati alcuni valori di soglia delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente ed al variare della durata annua (in giorni/anno) delle attività che producono tale emissione. Queste soglie $E_T(d, ng)$ (in cui d rappresenta la distanza dalla sorgente e ng il numero di giorni di attività nell'anno) sono riportate nella successiva tabella.

Tabella 13 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)

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	1038	1492
>150	830	908	986	1145	1422	2044

Se si utilizzano in emissione i valori $E_T(d, ng)$ riportati in Tabella 13 all'interno di una simulazione con i dati meteorologici disponibili, si può ottenere il raggiungimento del valore limite relativo al 36° valore più elevato delle concentrazioni medie giornaliere, pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per operare praticamente occorre definire delle situazioni che non comportino questa eventualità, ovvero condizioni di emissione per le quali si ha la ragionevole certezza che tale evento non si verifichi. Il criterio proposto è quello di impiegare un fattore di cautela (pari a 2) per definire tali soglie effettive. In pratica quando un'emissione risulta essere inferiore alla metà delle soglie presentate in Tabella 13, tale emissione può essere considerata a priori compatibile con i limiti di legge per la qualità dell'aria (nei limiti di tutte le assunzioni effettuate che hanno determinato le soglie predette). Quando l'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 nelle successive Tabelle.

¹⁷ Direttiva 2008/50/CEE del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

Tabella 14 Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività superiore a 300 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<73	Nessuna azione
	73 ÷ 145	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 145	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<156	Nessuna azione
	156 ÷ 312	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 312	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<304	Nessuna azione
	304 ÷ 608	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 608	Non compatibile (*)
>150	<415	Nessuna azione
	415 ÷ 830	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 830	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 15 Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività compreso tra 300 e 250 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<76	Nessuna azione
	76 ÷ 152	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 152	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<160	Nessuna azione
	160 ÷ 321	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 321	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<331	Nessuna azione
	331 ÷ 663	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 663	Non compatibile (*)
>150	<453	Nessuna azione
	453 ÷ 908	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 908	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 16 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

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.

Tabella 17 Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività compreso tra 200 e 150 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<83	Nessuna azione
	83 ÷ 167	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 167	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<189	Nessuna azione
	189 ÷ 378	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 378	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<418	Nessuna azione
	418 ÷ 836	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 836	Non compatibile (*)
>150	<572	Nessuna azione
	572 ÷ 1145	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1145	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 18 Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività tra 150 e 100 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<90	Nessuna azione
	90 ÷ 180	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 180	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<225	Nessuna azione
	225 ÷ 449	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 449	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<519	Nessuna azione
	519 ÷ 1038	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1038	Non compatibile (*)
>150	<711	Nessuna azione
	711 ÷ 1422	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1422	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 19 Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività inferiore a 100 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<104	Nessuna azione
	104 ÷ 208	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 208	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<364	Nessuna azione
	364 ÷ 628	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 628	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<746	Nessuna azione
	746 ÷ 1492	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1492	Non compatibile (*)
>150	<1022	Nessuna azione
	1022 ÷ 2044	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 2044	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.

Nella definizione dei precedenti valori di soglia assumono rilevanza anche la forma e le dimensioni della sorgente; in pratica le valutazioni effettuate sono adeguate per sorgenti che possono essere ricondotte ad aree con emissioni uniformi aventi dimensioni lineari inferiori ai 100 m.

Quando ci si discosta da tali condizioni è preferibile effettuare valutazioni dirette mediante modelli di dispersione. In alternativa, per trattare situazioni caratterizzate da sorgenti più estese, si può ipotizzare di suddividerle in parti aventi dimensioni coerenti con quanto sopra espresso.

Rimangono allora da definire le modalità con le quali si possono analizzare situazioni emissive composte da più sorgenti contemporanee.

Per poter trattare situazioni con più sorgenti occorre in primo luogo porre una condizione di limitazione per l'utilizzo dei valori di soglia precedentemente riportati: occorre infatti che le sorgenti non circondino completamente il recettore, perché in tal caso le valutazioni effettuate non risulterebbero certamente cautelative.

Considerando le situazioni geometriche utilizzate nelle simulazioni si può osservare che la condizione estrema in termini di copertura dell'orizzonte ovvero di angolo (piano) sotto il quale il recettore “vede” la sorgente, corrisponde ad un angolo massimo di 180° (o π in radianti).

Per poter utilizzare i risultati delle simulazioni effettuate e le relative soglie in presenza di più sorgenti appare allora necessario che l'angolo complessivo sotto cui le sorgenti sono viste dal recettore non risulti superiore a 180° (ovvero π).

In presenza di più sorgenti occorre quindi verificare l'esistenza di tale condizione (si veda la Figura 5); se questa non è verificata non possono essere impiegate le soglie precedentemente determinate ed occorre provvedere a stime dirette attraverso simulazioni modellistiche specifiche.

Se invece tale condizione è rispettata si può procedere nel seguente modo:

Detta S_i la i -esima sorgente cui corrisponde una emissione media oraria E_i , ipotizziamo che S_i sia posta alla distanza d_i da un dato recettore, così che ad essa corrisponderebbe una soglia emissiva E_{Ti} . Supponendo siano presenti n sorgenti, affinché nel complesso siano rispettate le soglie di emissione occorre che sia:

$$\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_{Ti}} < 1$$

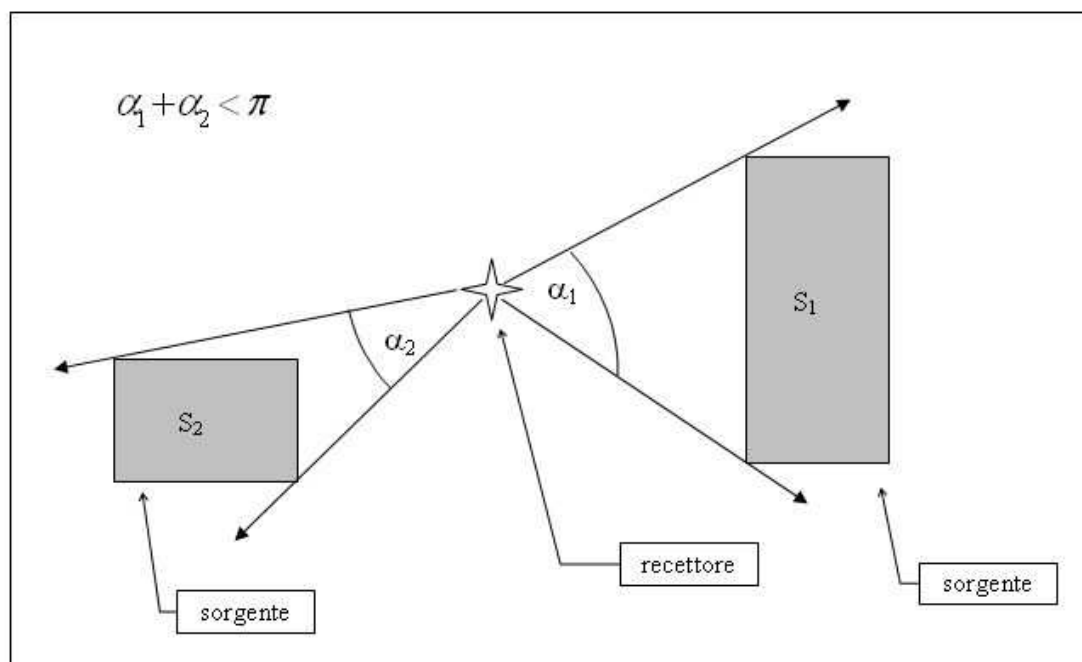


Figura 5: esempio di angoli sotto cui vengono viste le sorgenti da parte di un recettore e condizione richiesta affinché sia utilizzabile la metodologia ipotizzata di verifica delle soglie di emissione in presenza di più sorgenti.

Inoltre, nel caso in cui i tempi delle attività e quindi delle conseguenti emissioni risultino corrispondenti ad un numero di giorni diversificato per ogni sorgente, le soglie E_{Ti} dovranno essere riferite ai periodi di attività, ovvero dovranno essere scelte opportunamente dalle tabelle precedentemente riportate.

BIBLIOGRAFIA

- Cowherd, C, Muleski G, E and Kinsey, J.S. 1998. *Control of open fugitive dust sources*. EPA-450/3-88-008. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency
- EIPPCB, 2006. *Best Available Techniques Reference Document on the Emission from Storage*. Seville: European IPCC Bureau. (<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/pages/FActivities.htm>, dicembre 2008)
- USA-EPA, 1998a. *Technical Background Document on Control of Fugitive Dust at Cement Manufacturing Facilities*. Draft. Pennsylvania Avenue, NW: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste.
(<http://yosemite.epa.gov/ee/epa/ria.nsf/vwRef/S.98.31?OpenDocument> febbraio 2009)
- USA-EPA, 1998b. *Western Surface Coal Mining*. AP-42, Vol.I, Ch. 11.9, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards.
(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/index.html> febbraio 2009)
- USA-EPA, 2004. *Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing*. AP-42, Vol.I, Ch. 11.19.2, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards.
(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/index.html> febbraio 2009)
- USA-EPA, 2006. *Unpaved Roads*. AP-42, Vol.I, Ch. 13.2.2, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S.

Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html> febbraio 2009)

USA-EPA, 1995. *Heavy Construction Operations*. AP-42, Vol.I, Ch. 13.2.3, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html> febbraio 2009)

USA-EPA, 2006. *Aggregate Handling and Storage Piles*. AP-42, Vol.I, Ch. 13.2.4, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html> febbraio 2009)

USA-EPA, 2006. *Industrial Wind Erosion*. AP-42, Vol.I, Ch. 13.2.5, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html> febbraio 2009)

USA-EPA, 1993. *Procedures for Sampling Surface/Bulk Dust Loading*. AP-42, Vol.I, Appendix C.1, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c1.pdf>, dicembre 2008)

USA-EPA, 1993. *Procedures for Laboratory Analysis of Surface/Bulk Dust Loading Samples*. AP-42, Vol.I, Appendix C.2, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (http://www.epa.gov/ttn/chief/old/ap42/appendix_c/final/appc2_1995.pdf, dicembre 2008)

SKM, 2005. *Improvement of NPI Fugitive Particulate Matter Emission Estimation Techniques*.

Australia: Sinclair Knight Merz. (<http://www.npi.gov.au/handbooks/pubs/pm10may05.pdf>, dicembre 2008).

Beck C.M., Geyh A., Srinivasan A. Breysse P.N. et al. 2003; *The impact of a building implosion on airborne particulate matter in an urban community*, Journal of the Air & Waste Management Association; Oct 2003; 53, 10; 1256-1264.

ALLEGATO

ISTRUZIONI SPECIFICHE PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI DI PM10 E PM2.5 IN ATTIVITÀ DI TRATTAMENTO DI MATERIALI POLVERULENTI

ISTRUZIONI SPECIFICHE PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI DI PM10 IN ATTIVITÀ DI TRATTAMENTO DI MATERIALI POLVERULENTI

Per fornire gli elementi necessari alla stima delle emissioni di polveri in maniera tale da permettere un efficace e proporzionato percorso di adeguamento dell'attività di trattamento di materiali polverulenti al dispositivo del D.Lgs. n° 152/06 (Allegato V alla Parte 5a, Polveri e sostanze organiche liquide, Parte I: Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti), sono applicabili i fattori di emissione e gli algoritmi di calcolo precedentemente discussi e presentati. Tali strumenti sono validamente impiegabili anche in altri contesti di valutazione preventiva degli impatti. Affinché le informazioni presentate in tali contesti siano comprensibili, chiare e tecnicamente corrette si ritiene necessario fornire delle indicazioni specifiche sui loro contenuti (come vengono calcolate le emissioni) e sul formato con cui queste debbono venire proposte (quali dati presentare affinché sia valutabile e verificabile la correttezza di quanto dichiarato). Di seguito vengono quindi specificati i passi e gli accorgimenti da adottare nella valutazione e nella sua resa. Occorre:

1. descrivere le attività presenti indicando il tipo di materiale utilizzato o trattato (sabbia, argilla, ghiaia, pietra, ecc.);
2. definire le ore/giorno e i giorni/anno presunti di attività (il periodo di attività se stagionale o temporaneo, distinzione tra periodo diurno e notturno).
3. individuare le sorgenti emissive presenti nel sito industriale legate alle lavorazioni effettuate (fare riferimento a quelle trattate nel Capitolo 1). Qualora non sia possibile identificare un adeguato fattore di emissione per una sorgente oppure non si abbia corrispondenza con alcuna attività prevista (ad es. le attività di ripristino di una cava) occorre individuare la tipologia di attività o processo che più le assomiglia (riportarne anche una descrizione dettagliata) ed utilizzare il relativo fattore di emissione. In caso di incertezza utilizzare fattori di emissione cautelativi oppure porre il quesito all'autorità competente. In ogni caso

l'ente competente deve poter comprendere le approssimazioni o le scelte effettuate in modo da approvarle o meno ed eventualmente proporre delle modifiche.

4. predisporre uno schema a blocchi (sulla base di quelli riportati nelle Figure 2 e 3 oppure nell'Appendice B "Esempio di applicazione"), nel quale siano riportati tutti i processi, i controlli applicati, le tipologie di movimentazione (camion, nastri trasportatori, ruspe, ecc.) e i punti dei processi in cui sono effettuati tali spostamenti di materiale, le dimensioni del materiale (*mm*) e i flussi trattati nei processi (*Mg/h*). Si suggerisce di introdurre nello schema a blocchi dei codici o delle lettere identificativi in corrispondenza dei processi e/o del passaggio da un processo all'altro (si veda al riguardo l'esempio sviluppato in Appendice B).

Al termine della fase descrittiva si consiglia di produrre una scheda tecnica di riepilogo contenente le informazioni principali, ovvero:

- i. l'attività considerata,
- ii. il riferimento specifico per il calcolo dell'emissione o la scelta del fattore di emissione,
- iii. i parametri eventualmente necessari per il calcolo,
- iv. le mitigazioni previste e la loro efficienza
- v. il fattore di emissione risultante
- vi. l'emissione media oraria associata all'attività.

(si veda l'esempio in Appendice B)

5. per il calcolo delle emissioni dovute ad attività di frantumazione e macinazione e ad attività di agglomerazione, §1.1, si può utilizzare la relazione (1) in cui si impostano i fattori di emissione dalle Tabelle 2 e 3 oppure quelli estratti dall'AP-42 (indicare esplicitamente quale fattore è impiegato in modo da rendere certa l'identificazione) o da FIRE (indicare il codice SCC).
6. Analogamente per il calcolo delle emissioni dovute a scotico e sbancamento di materiale superficiale, §1.2, si scelgono i fattori/formule della Tabella 4 e si definiscono chiaramente i parametri utilizzati ed i valori che quantificano l'attività.

7. per il calcolo delle emissioni dovute a formazione e stoccaggio di cumuli, §1.3, si possono utilizzare le relazioni (3') in relazione al periodo di attività previsto (se prevalentemente diurno o notturno), ed in cui occorre impostare il contenuto di umidità (m in %). Il valore di m deve essere compreso nell'intervallo [0.25%; 5%]; nel caso si disponga di una stima o misura diretta di m inserire tale valore, altrimenti inserire un dato (all'interno dell'intervallo assegnato) coerente con il materiale trattato ed i valori riportati nella Tabella 13.2.4-1 del § 13.2.4 dell'AP-42. Il fattore di emissione così calcolato si utilizza nella relazione (1) impostando la quantità oraria o giornaliera (riportata al valore orario tramite il numero di ore lavorative al giorno) di materiale stoccato. Qualora siano disponibili i valori di velocità del vento (frequenze delle medie orarie) misurati su di un periodo di alcuni anni in un sito considerato rappresentativo rispetto a quello in esame, si può impiegare la relazione (3) considerando eventualmente le frequenze delle velocità limitatamente al periodo giornaliero di attività.
8. per il calcolo delle emissioni dovute all'erosione del vento dai cumuli, §1.4, si utilizza l'espressione (5) in cui si imposta il fattore di emissione areale individuato in Tabella 6 in base a: altezza del cumulo (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta) H in m , diametro della base D in m , superficie dell'area movimentata a in m^2 , numero di movimentazioni/ora ($movh$).
9. per il calcolo delle emissioni dovute al transito di mezzi su strade non asfaltate, §1.5, si utilizza l'eq. (7) in cui si impostano il fattore di emissione del singolo mezzo e il percorso medio orario. Il fattore di emissione è calcolato dall'espressione. (6) in cui si impostano: peso veicolo medio in Mg (dato dal peso veicolo vuoto e a pieno carico), e il contenuto in limo (*silt*) del suolo (in %). Nel caso sia prevista la mitigazione per mezzo della bagnatura con acqua si può far riferimento alle Tabelle 9-10-11 per individuare la frequenza delle applicazioni o calcolarla direttamente con l'espressione (9). Qualora si utilizzino sostanze chimiche si deve riportare la scheda tecnica del prodotto in modo che sia possibile verificare il dosaggio da applicare. Per quanto riguarda il contenuto in limo del suolo (%), si deve utilizzare un valore compreso nell'intervallo [1.8%; 25%]. Nel caso si disponga di una misura diretta o una stima specifica si utilizzi tale valore, altrimenti inserire un valore

(interno all'intervallo assegnato) coerente con il terreno ed il territorio in cui si svolge l'attività.

10. per il calcolo delle emissioni dovute all'utilizzo di mine si utilizza l'espressione (10) e la Tabella 11 impostando la superficie del fronte di esplosione (m^2).
11. il valore di emissione oraria totale, calcolata come sommatoria delle emissioni di tutte le sorgenti, può essere confrontato con il valore di soglia di emissione riportato nelle Tabelle 14-19 del Capitolo 2. Poiché la distanza degli eventuali recettori assume un ruolo fondamentale nella definizione dell'impatto potenziale indicato in queste Tabelle, è buona norma presentare una documentazione cartografica (aggiornata e leggibile, in scala 1:5000 o 1:2000) che indichi la presenza dei possibili recettori nelle vicinanze dell'area di attività.
12. Nel caso l'attività sia suddivisa in più aree o zone, in relazione alle distanze tra queste ed all'esistenza di eventuali barriere fisiche e alla presenza e posizione dei diversi recettori, queste potranno essere considerate concorrere insieme all'impatto oppure separatamente. Nel primo caso per riferirsi alle soglie di emissione si può adottare il criterio indicativo proposto nel Capitolo 2.

RINGRAZIAMENTI - ACKNOWLEDGEMENTS

Questo lavoro è stato prodotto come parte di una specifica convenzione tra il Dipartimento ARPAT di Firenze e la Provincia di Firenze.

Il nucleo iniziale di questo lavoro è stato sviluppato nell'ambito di un tirocinio volontario presso il Dipartimento ARPAT di Firenze dalla Dott.ssa in Ingegneria Chimica Hyun-mi Palatella.

Aprile 2009

LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI PRODUZIONE, MANIPOLAZIONE, TRASPORTO, CARICO O STOCCAGGIO DI MATERIALI POLVERULENTI

APPENDICE A

IMMAGINI E TERMINI



In questa parte viene proposta una serie di immagini tratte dal web relative alle varie fasi e lavorazioni, attrezzature, strutture e macchinari utilizzati nelle attività di interesse.

Inoltre vengono riportate alcune descrizioni e definizioni attinenti a queste attività che possono essere di aiuto anche nell'interpretazione dei termini tecnici legati ai fattori di emissione. Queste descrizioni-definizioni sono liberamente tratte dal "Dizionario enciclopedico scientifico e tecnico inglese-italiano, italiano-inglese" McGraw-Hill Zanichelli 1990. La predisposizione di un glossario, anche corredato da immagini, di cui questa parte costituisce un esempio embrionale, esula dalle finalità del lavoro, ma costituirebbe senz'altro un utile strumento informativo volto a favorire l'uniformità di valutazione e di impiego delle tecniche di stima proposte.

IMMAGINI



In alto: operazione di carico su camion del materiale estratto” SCC 3-05-020-33; in basso due esempi di SCC 3-05-020-32 “*Truck Loading Conveyor*”.



A sinistra: Bulk Loading, “Construction Sand and Gravel” SCC 3-05-025-06; a destra: Truck Load-out, “Asphalt Concrete” SCC 3-05-002-14



Bagnatura



Bagnatura piste di cantiere



Drilling SCC 3-05-020-10



Dragline Overburden Removal SCC 3-05-010-36



Bulldozing Overburden 3-05-010-45



Truck Loading: Overburden SCC 3-05-010-37



Primary Crushing (blast over size reduce) SCC 3-05-020-01



Secondary crushing SCC 3-05-020-02



Secondary crushing mobile SCC 3-05-020-02



Mobile plant for secondary (SCC 3-05-020-02) and tertiary crushing (SCC 3-05-020-03)



Inscatolamento delle attività e dei macchinari



Lavaggio ruote



Inscatolamento delle attività e dei macchinari



Essiccatore (Sand dryer) SCC 3-05-027-20



Unloading Bottom dump truck



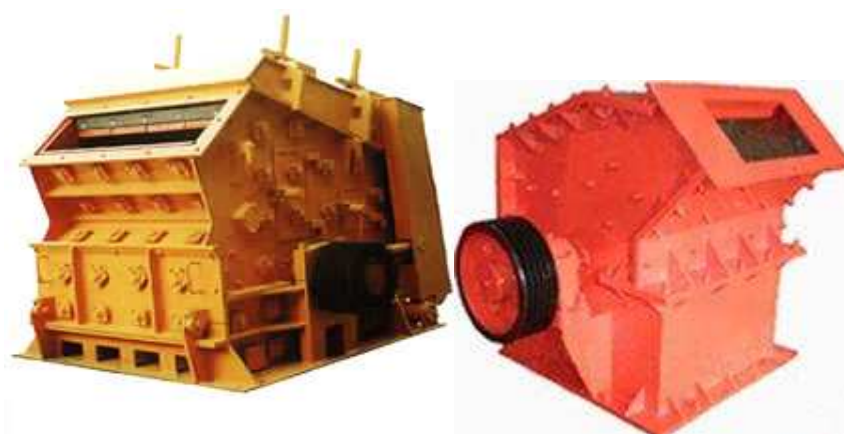
Demolizione con implosione del Velodromo di Roma (2008)



Demolizione con implosione degli edifici di Punta Perotti a Bari (aprile 2006)



Sfangatrice e Griglia a dischi



Impact Crusher e Fine Crusher

TERMINI

Bulk Transport: trasporto alla rinfusa; conveying, hoisting, or elevating systems for movement of solids such as grain, sand, gravel, coal, or wood chips.

Overburden: copertura; material of any nature that overlies a deposit of useful materials, ores, coal ecc.; loose soil, sand or gravel that lies above the bedrock.

Dragline: escavatore a benna trascinata; an excavator operated by pulling a bucket of ropes toward the jib from which it is suspended.

Grinding: macinazione; reducing a material to relatively small particles.

Classifier: classificatore; any apparatus for separating mixtures of materials into their constituents according to size and density.

Crushing: minerale tritato, e sua quantità; the quantity of ore pulverized or crushed at a single operation in processing.

Screening: crivellatura, vagliatura; the separation of a mixture of grain of various sizes into two or more size-range portions by means of a porous or woven-mesh screening media.

Grizzly: griglia; a coarse screen used for rough sizing and separation of ore, gravel or soil.

LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI PRODUZIONE, MANIPOLAZIONE, TRASPORTO, CARICO O STOCCAGGIO DI MATERIALI POLVERULENTI

APPENDICE B

ESEMPIO DI APPLICAZIONE



In questa Appendice viene proposto un esempio di stima delle emissioni utilizzando le tecniche e le indicazioni presentate nelle Linee Guida.

L'applicazione esemplificativa oltre a definire quali fattori di emissione possono essere scelti nelle situazioni esaminate, ha lo scopo di mostrare come questi devono essere utilizzati. L'obiettivo è soprattutto quello di indicare quali e quante informazioni è necessario ottenere e fornire affinché tutto il percorso di stima possa essere chiaro, adeguato e conseguentemente condiviso.

L'esempio specifico non ha alcun valore assoluto e non è assicurata alcuna verosimiglianza tra quanto riportato e le possibili attività reali; l'attività ipotizzata è semplicemente un esercizio volto a mostrare come effettuare la stima, come interpretare i risultati, ed evidenziare quali difficoltà possono intervenire.

L'esempio è sviluppato in termini analitici e di estremo dettaglio in modo da costituire una guida su come occorre procedere nella stima. La presentazione dei risultati e delle informazioni può variare da caso a caso in mancanza di una codifica formale (che non può che venire dalle autorità che svolgono la funzione di amministrazione attiva, ovvero che rilasciano le eventuali autorizzazioni) ma deve comunque contenere tutti gli elementi necessari ad effettuare verifiche e controlli sulle stime da parte degli enti preposti.

ESEMPIO

Informazioni sull'attività

Cava di inerti (sabbia e ghiaia) con impianto di selezione e frantumazione; la fase di trattamento (selezione e frantumazione) viene svolta sia sul materiale estratto direttamente che su quello proveniente dall'esterno.

In Figura E1 è schematizzata la geometria dell'impianto

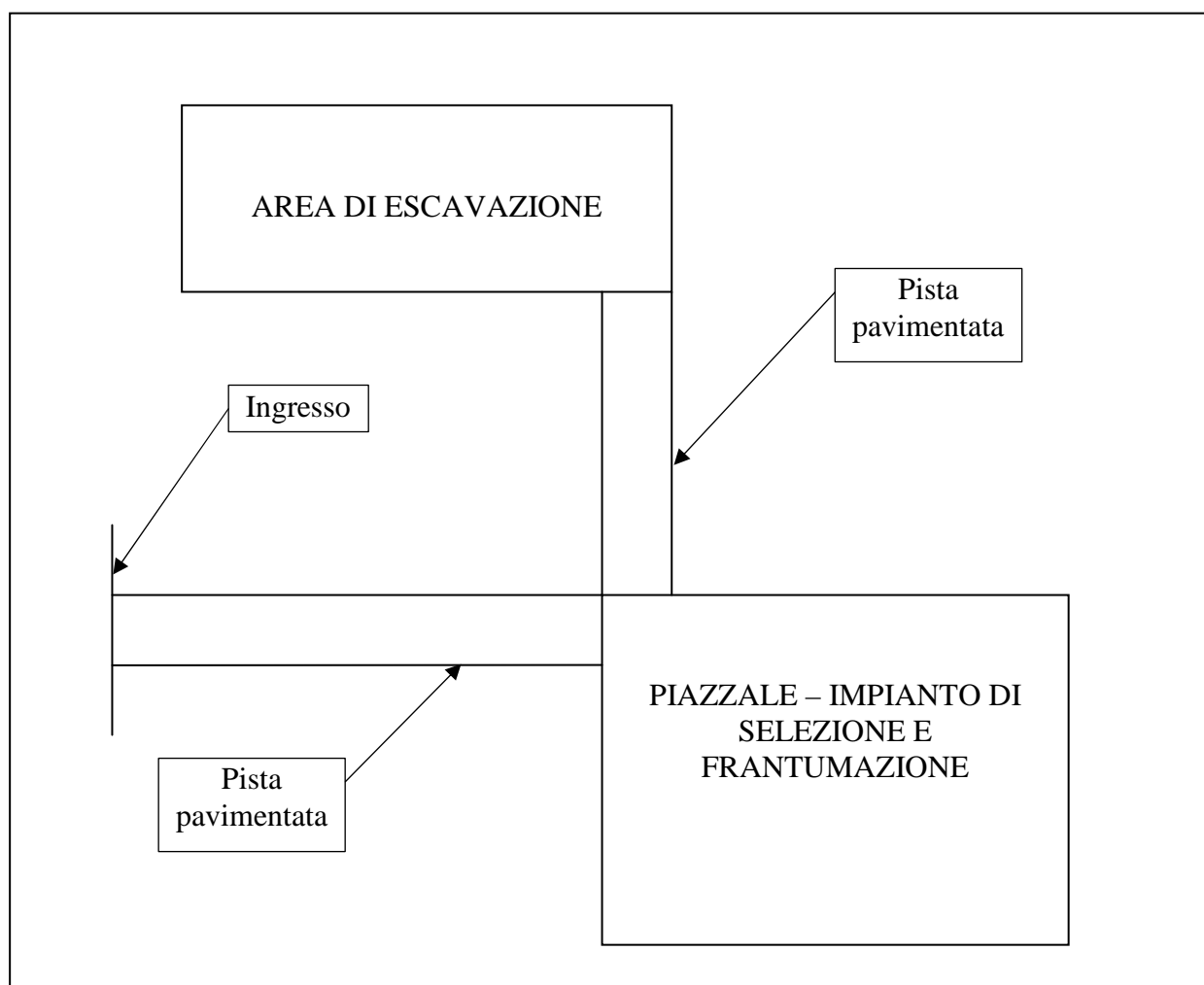


Figura E1: rappresentazione schematica delle aree di attività dell'impianto esempio.

Secondo quanto rappresentato in Figura E1, l'attività si svolge su due aree distinte (l'area di escavazione ed il piazzale delle lavorazioni) collegate attraverso delle piste asfaltate. A causa della distanza tra le due aree le emissioni di queste saranno considerate separatamente.

Area di escavazione

Le attività svolte consistono nella “scopertura del cappellaccio” o materiale superficiale non produttivo, nel suo allontanamento, nell'estrazione del materiale da avviare all'impianto di produzione e nel suo trasporto.

La rimozione del materiale superficiale avviene mediante ruspa cingolata, la quale lo accumula temporaneamente sul luogo; successivamente questo materiale viene allontanato trasferendolo su camion e scaricandolo in un'area specifica, in modo da poter essere eventualmente impiegato successivamente per il ripristino dell'area stessa. Quindi la ruspa effettua lo sbancamento del materiale da trattare ed il suo trasferimento ai camion che provvedono al trasporto presso il piazzale delle lavorazioni.

Nella fase di scotico la ruspa rimuove circa $12 \text{ m}^3/\text{h}$ di “materiale sterile” effettua quindi il lavoro su di un tratto lineare di 7 m/h (7×0.52 [profondità scavo] $\times 3.19$ [larghezza ruspa] = $12 \text{ m}^3/\text{h}$). Questa è la grandezza che interessa nel caso si utilizzi per tale operazione il fattore di emissione delle operazioni di scotico previsto in “13.2.3 Heavy construction operation”, pari a 5.7 kg/km di PTS. Ipotizzando una frazione di PM10 dell'ordine del 60% del PTS, si ottiene un fattore di emissione per il PM10 pari a 3.42 kg/km . L'emissione oraria stimata per questa fase è allora di $7 \times 10^{-3} \text{ km/h} \times 3.42 \text{ kg/km} = 0.02394 \text{ kg/h} = 24 \text{ g/h}$.¹

Nella stessa ora di attività la ruspa effettua anche lo sbancamento di 30 m^3 di materiale, il quale viene caricato su dumper e trasportato all'impianto.

Per la fase di sbancamento o estrazione non è presente uno specifico fattore di emissione; considerando che il materiale estratto è bagnato, si considera cautelativamente il fattore di emissione associato al SCC 3-05-027-60 *Sand Handling, Transfer, and Storage* in “Industrial Sand and Gravel”, pari a $1.30 \times 10^{-3} \text{ lb/tons}$ di PTS equivalente a $3.9 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$ di PM10 avendo considerato il 60% del particolato come PM10. Ipotizzando una densità del materiale pari a 1.7 Mg/m^3 , si trattano 51.0 Mg/h , e quindi si ha una emissione oraria pari a 20 g/h .

La fase di caricamento del materiale estratto corrisponde al SCC 3-05-025-06 *Bulk Loading* “Construction Sand and Gravel” per cui FIRE indica un fattore di emissione (molto incerto) pari a $2.40 \times 10^{-3} \text{ lb/tons}$, ovvero $1.20 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$ di materiale caricato.²

Ipotizzando sempre una densità del materiale pari a 1.7 Mg/m^3 , si ha una emissione oraria di 61 g/h .

Il materiale superficiale accantonato viene caricato su camion e tale operazione può corrispondere al SCC 3-05-010-37 *Truck loading overburden* (si veda Tabella 4) cui è assegnato un fattore di emissione di $7.5 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$; ipotizzando una densità pari a 1.5 Mg/m^3 , i 12 m^3 rimossi corrispondono a 18.0 Mg e l'emissione oraria della fase di carico risulta complessivamente di 135 g/h .

¹ In alternativa in FIRE, SCC 3-05-010-30 *Topsoil removal* in “Coal Mining, Cleaning, and Material Handling” indica un fattore di emissione per il PTS pari a 0.03 kg/Mg di materiale rimosso, il quale produce una emissione oraria di PM10 (ipotizzato il 60% del PTS) per questa fase pari a 324 g/h ; si osserva che questa stima è oltre 10 volte superiore a quella inserita nel testo.

² Considerando che il materiale viene lasciato cadere sul dumper, si potrebbe pensare di utilizzare in alternativa anche il fattore proposto per “Dragline: Overburden Removal” (si veda la Tabella 4) per determinare il quale occorre definire l'umidità percentuale del materiale e l'altezza di caduta; impostando un'altezza minima di caduta di 1.5 m (si veda AP-42 paragrafo 11.9, Tab. 11.9-3) si ottiene un valore di $1.77 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$ con l'umidità al 5%, ed un valore di 1.44×10^{-3} impostando l'umidità al 10%. Si osserva quindi che queste scelte alternative non producono variazioni tali da modificare l'ordine di grandezza dell'emissione.

Questo materiale superficiale è allontanato lungo una pista non pavimentata di una lunghezza media di 50 m; si ipotizza che il contenuto di “silt” del materiale che costituisce la pista sia pari al 14%; il dumper ha un peso di 16 Mg a vuoto e può portare un carico di 24 Mg, per cui il peso medio durante il trasporto è pari a 28 Mg. Poiché ogni ora vengono accantonati 18 Mg di materiale sterile, occorrono 0.75 carichi per smaltire il materiale, ovvero il dumper effettua 3 corse ogni 4 ore. Inserendo questi dati nell’espressione (6) “Unpaved road”, si ottiene un fattore di emissione di 1.328 kg/km. Poiché ogni viaggio risulta mediamente di 100 m, si ha una emissione di 0.133 kg per viaggio e quindi si assegna una emissione di 133 g/viaggio \times (0.75) viaggi/h = 100 g/h.

Quindi il materiale sterile viene scaricato, si può scegliere in questo caso il fattore di emissione relativo al SCC 3-05-010-42 *Truck Unloading: Bottom Dump – Overburden* (vedi Tabella 4), pari a 5×10^{-4} kg/Mg. L’emissione media oraria risulta di 9 g/h.

I camion con il materiale da portare all’impianto prima di raggiungere la pista asfaltata che collega le due aree, devono percorrere mediamente un tratto di 40 m su pista non pavimentata. Con gli stessi parametri utilizzati in precedenza, tenuto conto che si ha un trasporto di $30 \text{ m}^3/\text{h} \times 1.7 \text{ Mg}/\text{m}^3 = 51 \text{ Mg}/\text{h}$, si hanno $(51 \text{ Mg}/\text{h})/(24 \text{ Mg}/\text{camion}) = 2.13 \text{ camion}/\text{h}$. Ognuno dei camion percorre $(40 \times 2) = 80$ m di pista, quindi il percorso complessivo risulta di 170 m. Impiegando il fattore di emissione precedentemente utilizzato, pari a 1.328 kg/km si ottiene una emissione complessiva di questa fase pari a 226 g/h.

Infine seguendo quanto riportato nel paragrafo 1.4 si stima l’emissione dovuta all’erosione del vento sui cumuli di materiale superficiale accantonato. Si ipotizza che ogni nuovo scarico di materiale costituisca un cumulo di 24 Mg ovvero un volume di 16 m^3 (avendo ipotizzato che il materiale superficiale avesse una densità di $1.5 \text{ Mg}/\text{m}^3$). Impostando un’altezza del cumulo di 2 m e ipotizzandolo conico ne risulta un diametro di 5.6 m, e di conseguenza una superficie laterale di circa 30 m^2 . Il rapporto tra altezza del cumulo e diametro è superiore a 0.2 quindi il cumulo è considerato “alto” e il fattore di emissione risulta pari a $7.9 \times 10^{-6} \text{ kg}/\text{m}^2$ (si veda la Tabella 7). L’emissione oraria attribuita al fenomeno vale secondo l’espressione (5):

$$7.9 \times 10^{-6} \text{ kg}/\text{m}^2 \times (30 \text{ m}^2) \times 0.75 \text{ movimenti}/\text{h} = 178 \times 10^{-6} \text{ kg}/\text{h} = 0.2 \text{ g}/\text{h}.$$

Il valore ottenuto può essere trascurato nel presente contesto.

Nel complesso le attività dell’area producono una emissione media oraria di PM10 di circa 580 g/h; il dettaglio è riportato nella Tabella E1.

Tabella E1: emissioni orarie stimate per le attività dell’area di escavazione

Fase	Emissione oraria media in g/h
Scotico materiale superficiale [A]	24
Carico materiale superficiale su camion [B]	135
Trasporto del materiale superficiale [C]	100
Scarico materiale superficiale [D]	9
Erosione del vento dai mucchi di materiale superficiale [E]	<1
Sbancamento materiale di produzione [F]	20
Carico materiale di produzione [G]	61
Trasporto materiale di produzione [H]	226
totale	575

Impianto di selezione e frantumazione

Lungo la pista asfaltata arrivano all'impianto con i camion 30 m^3 , pari a 51 Mg/h di materiale prodotto nella cava (2.13 camion/h), ed inoltre 70 m^3 , corrispondenti a 119 Mg di materiale da trattare (circa 5 camion/h) provenienti dall'esterno.

Si assumono trascurabili le emissioni dovute ai motori dei camion così come quelle dovute al risollevarsi di polveri durante il transito sulle piste asfaltate.³

La successione delle operazioni con indicate le quantità di materiale trattato sono sintetizzate nei punti successivi (e riportate nello schema di Figura E2):

- Il materiale corrispondente a 100 m^3 ovvero 170 Mg arriva alla tramoggia iniziale;
- da questa passa alla griglia a dischi in cui viene bagnato, e nella quale avviene la separazione tra quello di grossa pezzatura (dimensione minima 80 mm), il quale viene inviato alla frantumazione primaria (pari al 35% , ovvero 60 Mg), e quello di pezzatura più fine (massimo 80 mm) che va alla sfangatrice (pari al 65% , ovvero 110 Mg).
- Il trasporto tra griglia e mulino di frantumazione o sfangatrice avviene in entrambi i casi mediante nastri trasportatori.
- Dalla sfangatrice, i fanghi in misura di 25 Mg vengono inviati al trattamento con l'idrociclone, mentre i rimanenti 85 Mg continuano il processo con nastro trasportatore verso la vagliatura.
- I 60 Mg avviati alla frantumazione primaria escono triturati e vanno con nastro trasportatore alla successiva vagliatura.
- Alla vagliatura si separa direttamente un prodotto di 42 Mg che va stoccato con nastro trasportatore, mentre il rimanente di 103 Mg viene trasferito con nastro trasportatore alla frantumazione secondaria-terziaria.
- Da questa (frantumazione secondaria) con nastro trasportatore il materiale è portato alla vagliatura fine, e da questa passa allo stoccaggio tramite nastri trasportatori in parti di 63 Mg (pezzatura media) e 40 Mg (pezzatura fine).
- Dall'idrociclone vengono recuperati 25 Mg di prodotto nei fanghi; questi sono inviati con nastro trasportatore allo stoccaggio formando un cumulo di prodotto fine e molto umido.

Seguendo anche quanto riportato in Figura E2, è di seguito esemplificato il calcolo delle emissioni. Alla tramoggia [1] vengono scaricati 170 Mg/h di materiale; di questi 51 Mg provenienti dalla cava sono molto bagnati. In mancanza di un fattore di emissione maggiormente attinente si sceglie di utilizzare quello relativo al SCC 3-05-020-31 *Truck unloading* (in Stone Quarrying - Processing), pari a $8 \times 10^{-6} \text{ kg/Mg}$, portando ad una stima complessiva di circa 1 g/h .

In uscita dalla griglia [2] tutto il materiale è bagnato. I due nastri trasportatori [3 e 4] alimentano con 60 Mg la frantumazione primaria e con 110 Mg la sfangatrice. Per questa movimentazione si sceglie il fattore di emissione associato al SCC 3-05-020-06 (Vedi Tabella 2 o Tab. 11.19.2-1 in 11.19.2.2 Crushed Stone Processing nell'AP-42) considerando la mitigazione dovuta alla bagnatura del materiale che porta a $2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$. Questo produce una emissione dovuta al primo nastro [3] di circa 1 g/h , e dal secondo nastro [4] per circa 3 g/h .⁴

³ Quest'ultime sono trascurabili purché venga effettuata una regolare pulitura delle superfici pavimentate.

⁴ In alternativa per il trasporto con i nastri poteva essere impiegato il fattore di emissione relativo al SCC 3-05-025-03 *Material Transfer and Conveying* (in Construction Sand and Gravel) pari a $3.2 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$, per il quale non era tuttavia disponibile la correzione da attuare considerando il materiale bagnato.

Per quanto riguarda la frantumazione primaria [5] non è disponibile il fattore di emissione specifico⁵, ma considerando anche la limitata pezzatura del materiale si sceglie di utilizzare quello disponibile per la frantumazione secondaria, tenuto conto tuttavia che il materiale è bagnato. Di conseguenza si utilizza il fattore 3.7×10^{-4} (si veda la Tabella 2) ottenendo quindi una emissione complessiva di 22 g/h. In uscita dalla frantumazione si ha ancora la movimentazione con nastro trasportatore [8] che porta ad una emissione pari a quella in ingresso di 1 g/h.

In uscita dalla sfangatrice ([6] la cui emissione è considerata nulla) il materiale è molto umido e nel trasporto tramite nastro [9] si ha ancora una emissione stimata in 2 g/h.

Alla vagliatura [11] (SCC 3-05-020-02, 03, 04) arriva un totale di 145 Mg/h di materiale bagnato; il fattore di emissione è quello con la mitigazione (si veda la Tabella 2) corrispondente a 3.7×10^{-4} kg/Mg che porta ad una emissione complessiva di 54 g/h. Questo materiale in uscita è in parte (42 Mg) trasferito con nastro [13] a formare un cumulo [19], per una emissione totale pari a 2.3×10^{-2} g/Mg \times 42 Mg/h = 1 g/h, ed in parte (103 Mg) avviato con nastro [12] alla frantumazione secondaria-terziaria [14] per una emissione di 2 g/h.

Questo materiale (103 Mg/h) viene trattato nella frantumazione secondaria-terziaria [14] (SCC 3-05-020-02, 03) con un fattore di emissione (mitigato) di 3.7×10^{-4} kg/Mg per una emissione complessiva pari a 38 g/h. In uscita il nastro trasportatore [16] (con emissione analoga all'ingresso ovvero 2 g/h) porta il materiale alla vagliatura fine [15] (SCC 3-05-020-21, si veda la Tabella 2) con mitigazione dovuta alla bagnatura del materiale; in questa fase si ha una emissione di 103 Mg/h \times 0.0011 kg/Mg = 113 g/h.

Due nuovi nastri trasportatori [17 e 18] trasferiscono il materiale in uscita allo stoccaggio in due cumuli [20 e 21] di pezzatura differente. Per entrambi si stima una emissione (SCC 3-05-020-06) di 1 g/h. Sul cumulo di materiale fine ($\phi < 5$ mm) si aggiunge anche il materiale recuperato dai fanghi in uscita dall'idrociclone [7 e 10] di cui si considera nulla l'emissione nel trattamento [7] e si stima una emissione nel trasporto [10] pari a 1 g/h.

Rimangono infine da valutare le emissioni dovute alle attività di prelievo e movimentazione del materiale dei cumuli [19, 20 e 21]. Per questo si ricorre a quanto indicato nel paragrafo 1.3 e corrispondente al 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles" dell'AP-42, individuando un fattore di emissione di 2.26×10^{-4} kg/Mg di materiale movimentato (avendo utilizzato la formula relativa alle attività del periodo diurno, considerando una umidità del materiale del 4.8%). Ipotizzando che tutto il materiale lavorato sia movimentato, ma che l'emissione di PM10 sia relativa soltanto a quello di dimensioni minori (cumulo di materiale fine) si ottiene una emissione oraria media pari a 15 g/h.

Per quanto riguarda l'erosione del vento si fa ancora riferimento solo al cumulo del materiale più fine: si ipotizza che quanto prodotto in una ora di attività costituisca un singolo cumulo pari a 65 Mg; ipotizzando la densità di 1.7 Mg/m^3 , il volume occupato risulta di 38 m^3 . Da questo imponendo l'altezza a 4 m e supponendo la forma conica si ottiene un diametro di 6 m. Il cumulo è quindi classificato come alto ed ha una superficie laterale di 47 m^2 . Se si ipotizzano nel complesso 3 movimentazioni orarie che interessano il 30% della superficie, l'emissione stimata risulta di: $7.9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \times (14 \text{ m}^2) \times 3 \text{ movimenti/h} = 332 \times 10^{-6} \text{ kg/h} = 0.3 \text{ g/h}$; anche in questo caso l'emissione è trascurabile.

⁵ In alternativa possono essere impiegati i fattori di emissione presenti in FIRE relativi alla frantumazione primaria di differenti materiali e minerali.

Tabella E2: emissioni orarie stimate per le attività dell'impianto di selezione e frantumazione

attività	riferimento	Parametri e mitigazione	Fattore di emissione	quantità	Emissione media oraria
[1] scarico materiale alla tramoggia	SCC 3-05-020-31		$8 \times 10^{-6} \text{ kg/Mg}$	170 Mg	1 g/h
[2] tramoggia e griglia		Materiale bagnato			0
[3] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	60 Mg	1 g/h
[4] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	110 Mg	3 g/h
[5] frantumazione primaria	SCC (3-05-020-01) 3-05-020-02	Materiale bagnato	$3.7 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	60 Mg	22 g/h
[6] sfangatrice		Materiale bagnato			0
[7] idrociclone		Materiale bagnato			0
[8] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	60 Mg	1 g/h
[9] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	85 Mg	2 g/h
[10] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	25 Mg	1 g/h
[11] vagliatura	SCC 3-05-020-02, 03, 04	Materiale bagnato	$3.7 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	145 Mg	54 g/h
[12] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	103 Mg	2 g/h
[13] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	42 Mg	1 g/h
[14] frantumazione secondaria	SCC 3-05-020-02, 03	Materiale bagnato	$3.7 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	103 Mg	38 g/h
[15] vagliatura fine	SCC 3-05-020-21	Materiale bagnato	0.0011 kg/Mg	103 Mg	113 g/h
[16] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	103 Mg	2 g/h
[17] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	63 Mg	1 g/h
[18] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	40 Mg	1 g/h
[19] movimentazione cumuli		Materiale bagnato			0
[20, 21] movimentazione cumuli	§ 1.3, relazione (3') periodo diurno	Materiale bagnato (m=4.8%)	$2.26 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	65 Mg	15 g/h
[22] movimentazione cumuli		Materiale bagnato			0
[23] erosione del vento cumuli	§ 1.4, relazione (5) Tabella 7	Cumulo alto,	$7.9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2$	movh=3, a=14 m ²	<1 g/h
totale					258 g/h



Discussione dei risultati ed osservazioni

In questa parte si propone una analisi critica dei risultati ottenuti nelle stime e si cerca di inquadrarli rispetto alle soglie di emissione presentate nel Capitolo 2.

Complessivamente si osserva che per le attività svolte nell'area di estrazione è stata stimata una emissione media oraria di circa 580 g/h, mentre l'emissione media oraria valutata per le attività dell'impianto è risultata di circa 250 g/h.

Si ipotizza che le attività lavorative si svolgano su di un periodo di 220 giorni all'anno, e che nell'area sia presente un gruppo di recettori sensibili (abitazioni civili) posti a Nord dell'area di escavazione ad un distanza di circa 180 m dai bordi di questa.

Dai valori in Tabella 16 si ottiene che per emissioni inferiori a 493 g/h non è richiesto alcun intervento né valutazione suppletiva. Questo sarebbe il caso se l'emissione fosse quella dovuta esclusivamente all'impianto di selezione e frantumazione; invece le attività di escavazione comportano una emissione superiore a tale soglia.

Inoltre, sommando i valori di emissione stimati per le due aree si ottiene un risultato (833 g/h) vicino ai 986 g/h oltre i quali si presume la non compatibilità ambientale dell'emissione (si veda la Tabella 16).

Il proponente o esercente l'attività deve quindi valutare se sia preferibile attuare delle mitigazioni oppure proporre di effettuare un monitoraggio per il PM10 secondo i criteri del DM 60/02 relativi alle misure almeno indicative (copertura dell'anno con un campione equamente distribuito nelle stagioni di almeno il 15% dei giorni, circa 60 giorni). In alternativa può valutare se sono presenti (o possono essere raccolti) dati meteorologici specifici del sito che permettano di effettuare una valutazione delle ricadute di PM10 per mezzo di idonei modelli di dispersione.

Evidentemente, sia nel caso del monitoraggio del PM10, sia nel caso della valutazione modellistica, i risultati non sono noti a priori e quindi potrebbero portare comunque alla necessità di attuare delle mitigazioni.

Analizzando il dettaglio delle emissioni riportato nella Tabella E1, si osserva che ben 326 g/h, ovvero il 57% del totale, provengono dalla stima associata al trasporto del materiale sulle piste. In genere infatti, per i fattori di emissione in gioco, questa è una delle attività cui corrispondono le maggiori stime di emissione. Su questa è possibile intervenire con mitigazioni, ad esempio effettuando la bagnatura periodica (si veda in dettaglio quanto riportato nel paragrafo 1.5.1) oppure ricorrendo a prodotti specifici.

Nel presente esempio si ammette per semplicità di scegliere questo secondo tipo di intervento che garantisce una efficienza dell'80%.

In tal modo quindi l'emissione associata alla voce "trasporto del materiale superficiale" risulta adesso pari a 20 g/h anziché i 100 g/h della precedente stima, mentre quella relativa al "trasporto del materiale di produzione" risulta di 45 g/h, anziché i precedenti 226 g/h.

L'emissione complessiva delle attività dell'area di escavazione è adesso pari a 314 g/h.

Le emissioni delle singole aree di attività risultano adesso entrambe inferiori al corrispondente valore di soglia, mentre la loro somma (248+314=562) si mantiene superiore, seppur di poco, ai 493 g/h della soglia. In altre parole non sarebbe soddisfatto il criterio indicativo proposto nel Capitolo 2 per valutare più sorgenti in contemporanea (la somma dei rapporti rispetto alla soglia produce un valore superiore ad 1).

Per valutare se le due emissioni possono o meno essere considerate distinte occorre considerare la distanza tra queste e quella dai recettori, l'orografia del territorio e la presenza di eventuali ostacoli fisici tra le sorgenti e tra queste ed i recettori, nonché l'entità dell'emissione complessiva rispetto alla soglia.

Al riguardo è bene ricordare che le soglie utilizzate sono riferite ad una distanza dal recettore di 150 m, e la loro validità è poi estesa ad ogni distanza superiore a questa. Le concentrazioni continuano invece a decadere con l'allontanarsi dalla sorgente.

In ogni caso in presenza di incertezza (si pensi anche a quella assai elevata relativa ai fattori di emissione utilizzati), risulta buona norma avere una valutazione modellistica che accerti il rispetto o meno dei limiti di qualità dell'aria per il PM10 in presenza delle emissioni dovute all'attività.

Nel presente esempio, nel caso le emissioni debbano considerarsi congiuntamente, anche la precedente configurazione emissiva comporterebbe la necessità di provvedere ad un adeguato monitoraggio. Questo potrebbe invece essere non necessario qualora si adottassero ulteriori azioni di mitigazione.

Nella Tabella E3 sono riportati in dettaglio i valori di stima relativi ad una nuova configurazione emissiva la quale soddisfa ora il criterio relativo alla soglia di emissione (ovvero l'emissione complessiva è inferiore a 493 g/h).

In questa, viene scelto di ridurre l'attività dell'impianto passando da 119 Mg/h a 79 Mg/h di materiale proveniente dall'esterno, ed inoltre attuando la misura più drastica di riduzione delle emissioni per quanto riguarda la fase "[15] vagliatura fine", ovvero l'inscatolamento dell'impianto che viene valutato avere una efficienza dell'ordine del 50%.

In tal modo l'emissione complessiva delle due aree è ora portata a 468 g/h, quindi al di sotto della soglia.

Tabella E3: dettaglio delle emissioni medie orarie per entrambe le attività (dopo le mitigazioni)

attività	riferimento	Parametri e mitigazione	Fattore di emissione	quantità	Emissione media oraria
[A] Scotico materiale superficiale	13.2.3 AP-42	60% PTS	$0.6 \times 5.7 \text{ kg/km}$	7 m/h	24 g/h
[B] Carico materiale superficiale su camion	SCC 3-05-010-37		$7.5 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$	18 Mg	135 g/h
[C] Trasporto del materiale superficiale	§ 1.5, relazione (6) 13.2.2 "Unpaved road" AP-42	Prodotti specifici (efficienza 80%) Silt =14%, m=28 Mg	$0.2 \times 1.328 \text{ kg/km}$	100 m 0.75 viaggi/h	20 g/h
[D] Scarico materiale superficiale	SCC 3-05-010-42		$5.4 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	18 Mg	9 g/h
[E] Erosione del vento	§ 1.4, relazione (5) Tabella 7	Cumulo alto,	$7.9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2$	movh=0.75, a=30 m ²	<1 g/h
[F] Sbancamento materiale di produzione	SCC 3-05-027-60	60% PTS	$3.9 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	51 Mg	20 g/h
[G] Carico materiale di produzione	SCC 3-05-025-06		$1.2 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$	51 Mg	61 g/h
[H] Trasporto materiale di produzione	§ 1.5, relazione (6) 13.2.2 "Unpaved road" AP-42	Prodotti specifici (efficienza 80%) Silt =14%, m=28 Mg	$0.2 \times 1.328 \text{ kg/km}$	80 m 2.13 viaggi/h	45 g/h
[1] scarico materiale alla tramoggia	SCC 3-05-020-31		$8 \times 10^{-6} \text{ kg/Mg}$	130 Mg	1 g/h
[2] tramoggia e griglia		Materiale bagnato			0
[3] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	46 Mg	1 g/h
[4] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	84 Mg	2 g/h
[5] frantumazione primaria	SCC (3-05-020-01) 3-05-020-02	Materiale bagnato	$3.7 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	46 Mg	17 g/h
[6] sfangatrice		Materiale bagnato			0
[7] idrociclone		Materiale bagnato			0
[8] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	46 Mg	1 g/h
[9] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	65 Mg	1 g/h
[10] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	19 Mg	<1 g/h
[11] vagliatura	SCC 3-05-020-02, 03, 04	Materiale bagnato	$3.7 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	111 Mg	41 g/h
[12] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	79 Mg	2 g/h
[13] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	32 Mg	1 g/h
[14] frantumazione secondaria	SCC 3-05-020-02, 03	Materiale bagnato	$3.7 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	79 Mg	29 g/h
[15] vagliatura fine	SCC 3-05-020-21	Materiale bagnato e inscatolamento	$0.5 \times 0.0011 \text{ kg/Mg}$	79 Mg	43 g/h
[16] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	79 Mg	2 g/h
[17] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	48 Mg	1 g/h
[18] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	31 Mg	1 g/h
[19] movimentazione cumuli		Materiale bagnato			0
[20, 21] movimentazione cumuli	§ 1.3, relazione (3') periodo diurno	Materiale bagnato (m=4.8%)	$2.26 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	50 Mg	11 g/h
[22] movimentazione cumuli		Materiale bagnato			0
[23] erosione del vento cumuli	§ 1.4, relazione (5) Tabella 7	Cumulo alto,	$7.9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2$	movh=3, a=14 m ²	<1 g/h
totale					468 g/h

All. 1 - Delibera di Giunta Provinciale n. 213 del 03/11/2009 pubblicata il 06/11/2009.

“Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del T.U. 445/2000 e del Dlgs 82/2005 e ri-spettive norme collegate, il quale sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa; il documen-to informatico e' memorizzato digitalmente ed e' rintracciabile sul sito internet <http://attionline.provincia.fi.it/>”