

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

 <p>IL PROGETTISTA Dott. Ing. D. Spoglianti Ordine Ingegneri Milano n° 20953 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
---	---	---	---

<p><i>Unità Funzionale</i> COLLEGAMENTI VERSANTE CALABRIA</p> <p><i>Tipo di sistema</i> CANTIERI</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> INTERVENTI DI MITIGAZIONE</p> <p><i>Titolo del documento</i> RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE</p>	<p>CZ0029_F0</p>
--	------------------

CODICE	C G 0 7 0 0	P	R	X	D	G	T	C	C	T	M	I	0	0	0	0	0	3	F0
--------	-------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	A. CALEGARI	M.SALOMONE	D.SPOGLIANTI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	3
Premessa	15
1 Introduzione: soluzioni di mitigazione del problema delle emissioni di particolati e polveri aerodisperse da attività di cantiere	17
1.1 Particolati aerodispersi e polveri in ambienti di vita e di lavoro.....	17
1.2 Particolati aerodispersi PM10 e PM2,5	22
1.3 Misurazioni delle emissioni verso gli ambienti di vita, particolati aerodispersi PM10 e PM2,5 in relazione alle polveri inalabili, toraciche e respirabili valide per gli ambienti di lavoro	26
1.4 Le soluzioni di mitigazione proposte	29
2 Soluzioni di mitigazione comuni a più attività di cantiere e classi di aerodispersione di materiali solidi polverulenti e/o polverizzabili.....	31
2.1 Soluzioni di mitigazione classificabili come approcci pre primari.....	31
2.1.1 Approcci pre primari - materiali solidi polverulenti e/o polverizzabili tendenza alla aerodispersione	31
2.1.2 Approcci pre primari - corretta scelta degli utensili sollecitanti e controllo del loro degrado	32
2.2 Soluzioni di mitigazione comuni classificabili come approcci primari	34
2.2.1 Approcci primari - monitoraggio delle emissioni di polveri.....	34
2.2.2 Approcci primari - monitoraggio delle condizioni climatiche	35
2.2.3 Approcci primari - monitoraggio delle misure di prevenzione e contenimento delle emissioni	36
2.2.4 Approcci primari - programmazione delle attività lavorative il più possibile durante eventi di moderata velocità del vento	36
3 Piste e piazzali interessati dal transito di mezzi gommati	37
3.1 Emissione di polveri da piste e piazzali interessati dal transito di mezzi gommati: descrizione del problema.....	37
3.1.1 Piste e piazzali non pavimentati.....	37
3.1.2 Piste e piazzali pavimentati.....	38
3.1.3 Riassumendo: piste e piazzali pavimentati e non.....	38

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.1.4	Piste, vie di carreggio e piazzali in sotterraneo	39
3.2	Soluzioni di mitigazione applicabili a piste e piazzali interessate dal transito di mezzi gommati ordinate per tipologia di approccio.....	41
3.3	Soluzioni di mitigazione per piste e piazzali classificabili come approcci pre primari.....	41
3.4	Soluzioni di mitigazione per piste e piazzali classificabili come approcci primari.....	42
3.4.1	Approcci primari - utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2.	42
3.4.2	Approcci primari - riduzione delle distanze di trasporto – lay out tale da contenere il più possibile le distanze di trasporto su piazzale	42
3.4.3	Approcci primari - gestione delle velocità dei mezzi gommati	42
3.4.4	Approcci primari - preferire sistemi di trasporto continuo (nastri trasportatori) a sistemi di trasporto discontinui (camion).....	43
3.4.5	Approcci primari - materiale costitutivo di piste e piazzali	43
3.4.6	Approcci primari - riduzione/gestione delle aree soggette ad impatto del vento	44
3.4.7	Approcci primari - caratteristiche dei mezzi in relazione al materiale trasportato.....	46
3.5	Soluzioni di mitigazione per piste e piazzali classificabili come approcci secondari	47
3.5.1	Approcci secondari - tecniche di bagnatura preventiva e di abbattimento polveri mediante irrorazione o nebulizzazione di acqua ed additivi	47
3.5.2	Approcci secondari - pulizia delle piste e dei piazzali asfaltati.....	52
3.5.3	Approcci secondari - pulizia dei pneumatici e della carrozzeria dei mezzi gommati utilizzati per il trasporto di materiale o comunque presenti in cantiere e transitanti su strade e piazzali asfaltati interni sulla viabilità esterna al cantiere	53
4	Movimentazione di materiali con sistemi per il trasporto continuo (nastri trasportatori).....	67
4.1	I nastri trasportatori.....	67
4.2	Tipologie di nastri trasportatori.....	71
4.3	Emissione di polveri da nastri trasportatori: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio.....	74
4.4	Soluzioni di mitigazione per nastri trasportatori classificabili come approcci-pre primari .	77
4.4.1	Approcci pre primari – soluzioni comuni a tutte la attività descritte al Capitolo 2	78
4.4.2	Approcci pre primari – bagnatura del materiale.....	78
4.4.3	Approcci pre primari – aspirazione ed abbattimento polveri	81
4.5	Soluzioni di mitigazione per nastri trasportatori classificabili come approcci primari	82

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.5.1	Utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2.....	82
4.5.2	Approcci primari – lay out tale da contenere il più possibile le distanze ed i tempi di trasporto su piazzale.....	82
4.5.3	Approcci primari – preferire sistemi per il trasporto continuo (nastri trasportatori) a sistemi per il trasporto discontinuo (per es. camion)	83
4.5.4	Approcci primari – corrette procedure di gestione e conduzione del nastro a carico dell'addetto impiantista	83
4.5.5	Approcci primari – controllo dell' impatto del materiale nel punto di carico e nei punti di trasferimento sul lato nastro ricevente	84
4.5.6	Approcci primari – per materiali afferenti alle classi di dispersività S1 – S3 – utilizzo di trasportatori chiusi: pneumatici, a catena o coclea, tubolari	90
4.5.7	Approcci primari – per materiali afferenti alle classi di dispersività S1-S3 – utilizzo di nastri trasportatori privi di pulegge di supporto.....	98
4.5.8	Approcci primari – per materiali afferenti alle classi di dispersività S1-S3 ed S4-S5 – utilizzo di alimentatori a bassa dispersione di polveri	100
4.5.9	Approcci primari – per materiali afferenti alle classi di dispersività S4-S5 o misure supplementari per materiali afferenti alle classi di dispersività S1-S3	101
4.6	Soluzioni di mitigazione per nastri trasportatori classificabili come approcci secondari .	102
4.6.1	Approcci secondari: schermature per nastri trasportatori all'aperto.....	102
4.6.2	Approcci secondari: chiusure e coperture delle sorgenti emissive	103
4.6.3	Approcci secondari: sistemi ad aspirazione localizzata.....	108
4.6.4	Approcci secondari: gestione del materiale perso da un nastro trasportatore	111
4.6.5	Approcci secondari: sistemi di pulizia di nastri trasportatori, bagnatura secondaria e wet suppression	112
4.6.6	Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario per nastri trasportatori	124
5	Stoccaggio di materiali, movimento terra e relative operazioni di carico e scarico.....	133
5.1	Stoccaggio di materiale in sistemi aperti e chiusi.....	133
5.2	Stoccaggio di materiale in sistemi aperti o in cumuli	133
5.2.1	Macchine utilizzate per la costituzione di cumuli	136
5.3	Stoccaggio di materiale in sacchi o sacche (big bags) per materiali in massa	143
5.4	Stoccaggio di materiale in silos e depositi	143
5.5	Emissione di polveri da sistemi di stoccaggio e da annesse operazioni di carico e scarico	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	(o ripresa) e movimento terra: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio	144
5.6	Soluzioni di mitigazione per stoccaggi ed annesse operazioni di carico, scarico e movimento terra classificabili come approcci pre primari	148
5.6.1	Approcci pre primari: utilizzo soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2	148
5.6.2	Approcci pre primari – preferenziali per materiali di classi di dispersività S4÷S5 – in caso di stoccaggio all’aperto o anche al chiuso: bagnatura del materiale	148
5.7	Soluzioni di mitigazione per stoccaggi ed annesse operazioni di carico, scarico e movimento terra classificabili come approcci primari	149
5.7.1	Approcci primari - Utilizzo soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2 .	149
5.7.2	Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di silo a grandi capacità di stoccaggio.....	149
5.7.3	Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di coperture tipo hangar con gru a ponte equipaggiata con tazze.....	150
5.7.4	Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di depositi automatizzati	150
5.7.5	Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di tettoie e capannoni.....	151
5.7.6	Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di strutture autoformantesi.....	152
5.7.7	Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di cupole	152
5.7.8	Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di silos e tramogge	152
5.7.9	Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di bunker a bassa emissione.....	155
5.7.10	Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S4÷S5 – soluzioni generali per prevenire la dispersione di polveri da stoccaggi all’aperto.....	155
5.7.11	Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S4÷S5 – soluzioni generali per prevenire la dispersione di polveri da stoccaggi all’aperto: utilizzo di dune, cancellate, piantumazioni per la protezione del vento ed in genere utilizzo di protezioni	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

antivento.....	157
5.7.12 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S4÷S5 – soluzioni generali per prevenire la dispersione di polveri da stoccaggi all’aperto: copertura del materiale mediante teli impermeabili e reti.....	159
5.7.13 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S4÷S5 – soluzioni generali per prevenire la dispersione di polveri da stoccaggi all’aperto: bagnatura dei sistemi di stoccaggio ubicati all’aperto	159
5.8 Soluzioni di mitigazione per stoccaggi ed annesse operazioni di carico, scarico e movimento terra classificabili come approcci secondari.....	162
5.8.1 Approcci secondari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 – soluzioni per contenere la dispersione di polveri da sistemi di stoccaggio chiusi: captazione polveri mediante sistemi ad aspirazione localizzata connessi a stadi di abbattimento polveri	162
5.8.2 Approcci secondari – materiali afferenti alle classi di dispersività S4÷S5 – soluzioni per contenere la dispersione di polveri da sistemi di stoccaggio aperti: sistemi di abbattimento della polvere dispersa da cumuli mediante nebulizzazione di acqua	164
5.9 Soluzioni di mitigazione dedicate alle operazioni di: movimento terra, costituzione di cumuli, carico (in cumuli, sistemi chiusi o mezzi di trasporto), ripresa di materiale da un cumulo, scarico di materiale da un mezzo di trasporto o da un sistema chiuso classificabili come approcci primari.....	164
5.9.1 Premessa: flusso di aria indotto dalla caduta di un materiale in fase di carico o scarico, minimizzazione della velocità di discesa e della altezza di caduta libera di un materiale in fase di carico o scarico	164
5.9.2 Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: misure per un operatore di una pala frontale	166
5.9.3 Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: misure per l’operatore della gru riguardanti l’uso di una benna	167
5.9.4 Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: uso di benne ottimizzate	167
5.9.5 Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: uso di ricuperatori	168
5.9.6 Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: uso di tubazioni piene	169
5.9.7 Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: uso di tubazioni in	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	cascata.....	172
5.9.8	Emissioni: minimizzando la superficie libera di carico e riducendo l'altezza di caduta raggiungono livelli minimi di dispersione. Inoltre riducono la perdita di qualità del materiale manipolato.Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: uso di scivoli	173
5.10	Soluzioni di mitigazione dedicate alle operazioni di: movimento terra, costituzione di cumuli, carico (in cumuli, sistemi chiusi o mezzi di trasporto), ripresa di materiale da un cumulo, scarico di materiale da un mezzo di trasporto o da un sistema chiuso classificabili come approcci secondari	175
5.10.1	Approcci secondari – carico e scarico in strutture chiuse	175
5.10.2	Approcci secondari – carico e scarico in strutture semi chiuse e chiuse dotate di sistemi di aspirazione, cortine antipolvere e/o sistemi di nebulizzazione ad acqua	176
5.10.3	Approcci secondari – carico e scarico in fosse di scarico attrezzate con estrattori d'aria, confinamenti e barriere anti polvere.....	178
5.10.4	Approcci secondari – carico e scarico in tramogge ottimizzate	180
5.10.5	Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario per operazioni di carico e scarico	181
6	Attività di abbattimento e finitura di rocce ed elementi in muratura, calcestruzzo e cemento funzionali a scavi e disaggi, scapitozzature, demolizioni	191
6.1	Attività e macchine	191
6.2	Benne e martelli idraulici ad elevata energia.....	192
6.3	Roadheader.....	194
6.4	Tagliatrice a filo diamantato.....	196
6.5	Emissione di polveri da demolizioni, disaggi, abbattimenti, finiture: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio.....	198
6.6	Soluzioni di mitigazione per demolizioni, disaggi, abbattimenti, finiture classificabili come approcci pre primari.....	200
6.6.1	Approcci pre primari – soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2	200
6.6.2	Approcci pre primari –bagnatura del materiale.....	200
6.7	Soluzioni di mitigazione per demolizioni, disaggi, abbattimenti, finiture classificabili come approcci primari.....	201
6.7.1	Approcci primari – utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

.....	201
6.7.2 Approcci primari – utilizzo di elementi topografici naturali o di dune argini, cancellate, piantumazioni per la protezione del vento ed in genere utilizzo di protezioni antivento	201
6.7.3 Approcci primari – bagnatura del materiale mediante infusione di acqua prima dell'inizio delle lavorazioni.....	204
6.7.4 Approcci primari – riduzione della altezza e della velocità di caduta	204
6.7.5 Approcci primari – bagnatura del materiale al punto di sollecitazione, bagnatura del materiale in fase di caduta ed abbattimento delle polveri aerodisperse fuggitive	205
6.8 Soluzioni di mitigazione per demolizioni, disaggi, abbattimenti, finiture classificabili come approcci secondari	215
6.8.1 Approcci secondari – abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute e fuggitive.....	215
6.8.2 Approcci secondari – cattura mediante sistemi ad aspirazione localizzata della polvere aerodispersa generata.....	216
6.8.3 Approcci secondari – raccolta delle torbide di acqua prodotte	219
7 Scavo con TBM.....	221
7.1 Attività e macchine	221
7.2 Emissione di polveri da attività di scavo con TBM: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio.....	223
7.3 Soluzioni di mitigazione per scavo con TBM classificabili come approcci pre primari ...	225
7.3.1 Approcci pre primari – utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2	225
7.3.2 Approcci pre primari – bagnatura del materiale.....	225
7.4 Soluzioni di mitigazione per scavo con TBM classificabili come approcci primari.....	227
7.4.1 Approcci primari – utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2	227
7.4.2 Approcci primari – scelta della possibile tipologia di TBM	230
7.4.3 Approcci primari – confinamento dei punti di trasferimento del materiale dalla camera di scavo.....	236
7.5 Soluzioni di mitigazione per scavo con TBM classificabili come approcci secondari	238
7.5.1 Approcci secondari – sistemi di ventilazione e sistemi di abbattimento polveri	238

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.5.2	Approcci secondari – utilizzo di acqua nebulizzata per abbattimento polveri	238
8	Perforazioni e trivellazioni per abbattimento, geognostica ed attività di scavo	241
8.1	Emissione di polveri da attività di perforazione e trivellazione: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio	241
8.2	Soluzioni di mitigazione per perforazioni e trivellazioni classificabili come approcci pre primari	251
8.2.1	Approcci pre primari – soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2	251
8.3	Soluzioni di mitigazione per perforazioni e trivellazioni classificabili come approcci primari	251
8.3.1	Approcci primari – utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2	251
8.3.2	Approcci primari – contenere la dispersione di polvere mediante abbattimento ad acqua della polvere generata alla sorgente	252
8.4	Soluzioni di mitigazione per perforazioni e trivellazioni classificabili come approcci secondari	256
8.4.1	Approcci secondari – contenere la dispersione di polvere mediante sistemi di captazione mediante aspirazione localizzata ed abbattimento mediante sistemi di filtrazione o di abbattimento ad umido	256
8.4.2	Approcci secondari – abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute e fuggitive	263
9	Abbattimento con esplosivi	267
9.1	Attività e macchine	267
9.2	Emissione di polveri da attività di abbattimento con esplosivi: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio	267
9.3	Soluzioni di mitigazione da attività di abbattimento con esplosivi classificabili come approcci pre primari	269
9.3.1	Approcci pre primari – bagnatura per infusione del materiale	269
9.4	Soluzioni di mitigazione da attività di abbattimento con esplosivi classificabili come approcci primari: utilizzo di soluzioni comuni a tutte le attività ed altre soluzioni	269
9.5	Soluzioni di mitigazione da attività di abbattimento con esplosivi classificabili come approcci secondari: ventilazione (premente e/o aspirante) ed abbattimenti ad umido ...	271
10	Impianti di comminazione e classificazione granulometrica	273

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

10.1	Attività e macchine	273
10.2	Emissione di polveri da impianti di comminuzione e classificazione granulometrica: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio.....	278
10.3	Soluzioni di mitigazione per impianti di comminuzione e classificazione granulometrica classificabili come approcci pre primari.....	280
10.3.1	Approcci pre primari – soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2	280
10.3.2	Approcci pre primari – bagnatura del materiale.....	280
10.4	Soluzioni di mitigazione per impianti di comminuzione e classificazione granulometrica classificabili come approcci primari.....	281
10.4.1	Approcci primari – utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2	281
10.4.2	Approcci primari – lavorazione a pieno carico e scelta macchine	281
10.4.3	Approcci primari – utilizzo tecniche di “wet suppression” per la bagnatura del materiale entro il frantumatore o il vaglio	282
10.4.4	Approcci primari – protezione dell’area dell’impianto dagli effetti del vento	282
10.5	Soluzioni di mitigazione per impianti di comminuzione e classificazione granulometrica classificabili come approcci secondari	284
10.5.1	Approcci secondari – confinamenti che minimizzino il numero di aperture, utilizzo di cortine e schermi per contenere la polvere formatasi.....	284
10.5.2	Approcci secondari – utilizzo di discenderie di trasferimento a stadi di frantumazione/vagliatura o trasferimento che minimizzino velocità ed altezza di caduta..	290
10.5.3	Approcci secondari – abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute internamente alle macchine	292
10.5.4	Approcci secondari – abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute e fuggitive esternamente alle macchine	296
10.5.5	Approcci secondari – cattura mediante sistemi ad aspirazione localizzata della polvere aerodispersa generata.....	296
10.5.6	Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario per impianti di comminuzione e classificazione granulometrica	300
11	Impianti di betonaggio	313

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.1	Descrizione.....	313
11.2	Emissione di polveri da impianti di betonaggio: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio.....	318
11.3	Soluzioni di mitigazione per impianti di betonaggio classificabili come approcci pre - primari	321
11.3.1	Approcci pre primari – soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2	321
11.3.2	Approcci pre primari – bagnatura del materiale.....	321
11.4	Soluzioni di mitigazione per impianti di betonaggio classificabili come approcci primari	321
11.4.1	Approcci primari – utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2	321
11.5	Soluzioni di mitigazione per impianti di betonaggio classificabili come approcci primari: emissioni da sorgenti localizzate	322
11.5.1	Approcci primari per sorgenti localizzate – ubicazione di parti di impianto ed indicazioni generali.....	322
11.5.2	Approcci primari per sorgenti localizzate – conferimento prodotti finali (in camion/betoniera) e conferimento materie prime (in cumuli).....	322
11.5.3	Approcci primari per sorgenti localizzate – tramogge: tramogge connesse a stoccaggi in cumulo o in strutture di contenimento, tramogge dosatrici e tramogge di alimentazione del miscelatore	324
11.5.4	Approcci primari per sorgenti localizzate – trasferimento materiali.....	324
11.6	Soluzioni di mitigazione per impianti di betonaggio classificabili come approcci primari: emissioni da sorgenti di polveri fuggitive.....	325
11.6.1	Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – ubicazione di parti di impianto ed indicazioni generali	325
11.6.2	Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per gli stoccaggi.....	326
11.6.3	Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per le tramogge connesse a stoccaggi in cumulo o in strutture di contenimento, tramogge dosatrici e tramogge di alimentazione del miscelatore	327
11.6.4	Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per il trasferimento di materiali.....	331
11.6.5	Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per i silo di stoccaggio....	332

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

11.6.6	Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per le modalità di conferimento delle materie prime.....	332
11.6.7	Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per il conferimento dei prodotti finali	333
11.6.8	Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per le piste ed i piazzali..	336
11.7	Soluzioni di mitigazione per impianti di betonaggio classificabili come approcci secondari: emissioni da sorgenti di polveri localizzate	336
11.7.1	Approcci secondari per sorgenti localizzate – indicazioni per i silo di stoccaggio	336
11.7.2	Approcci secondari per sorgenti localizzate – indicazioni per le tramogge connesse a stoccaggi in cumulo o in strutture di contenimento, tramogge dosatrici e tramogge di alimentazione del miscelatore.....	337
11.7.3	Approcci secondari per sorgenti localizzate – indicazioni per il trasferimento di materiali	337
11.7.4	Approcci secondari per sorgenti localizzate – indicazioni per il conferimento dei prodotti finali.....	338
11.8	Soluzioni di mitigazione per impianti di betonaggio classificabili come approcci secondari: emissioni da sorgenti di polveri fuggitive.....	338
11.8.1	Approcci secondari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per gli stoccaggi ..	338
11.8.2	Approcci secondari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per le tramogge connesse a stoccaggi in cumulo o in strutture di contenimento, tramogge dosatrici e tramogge di alimentazione del miscelatore	338
11.8.3	Approcci secondari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per i silo di stoccaggio	339
11.8.4	Approcci secondari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per piste e piazzali.....	339
12	Appendice 1: tecniche di bagnatura preventiva e di abbattimento polveri mediante irrorazione o nebulizzazione di acqua ed additivi	343
12.1	Obiettivi delle tecniche di “wet suppression”	343
12.2	Tipologie di ugelli nebulizzatori	345
12.3	Cortine ad arco con ugelli nebulizzatori per abbattimento polveri in sotterraneo (gallerie)	350

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.4	Cannoni nebulizzatori	353
12.5	Additivi.....	355
12.6	Caso studio: test sulla efficienza delle tecniche di bagnatura di piste non asfaltate	358
13	Appendice 2: Sistemi di ventilazione premente, sistemi di ventilazione con schema aspirante e sistemi di captazione polveri mediante dispositivi di aspirazione localizzata, connessi a stadi di abbattimento polveri a secco o ad umido	361
13.1	Premessa	361
13.2	Ventilazione premente e ventilazione aspirante in sotterraneo	361
13.3	Generalità sui sistemi di aspirazione localizzata	369
13.4	Approccio “per aria indotta” e per “velocità di controllo”	371
13.5	Tipologie di abbattitori di polvere	373
13.6	Abbattitori a secco	377
13.6.1	Abbattitori di polvere a secco: pre abbattitori inerziali	377
13.6.2	Abbattitori di polvere a secco: abbattitori per filtrazione a tessuto	380
13.6.3	Abbattitori di polvere a secco: abbattitori elettrostatici.....	390
13.6.4	Abbattitori di polvere a secco: unità di abbattimento	392
13.7	Abbattitori ad umido (scrubber).....	394
13.7.1	Abbattitori di polvere a umido: a bassa energia	397
13.7.2	Abbattitori di polvere a umido: a medio - bassa energia.....	398
13.7.3	Abbattitori di polvere a umido: a medio - alta energia	398
13.7.4	Abbattitori di polvere a umido: ad alta energia	401
14	Fonti bibliografiche	405

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Premessa

Nella presente relazione vengono descritte le principali procedure, tecniche e tecnologie utilizzabili per la gestione del rischio di emissione di aerosol atmosferici definibili come particolati e polveri aerodispese nell'ambito di lavorazioni di cantieristica civile all'aperto ed in sotterraneo rappresentative di quelle previste per la costruzione del ponte sullo Stretto di Messina.

Le soluzioni di mitigazione proposte sono basate su quanto previsto dalla Direttiva 2008/1/CE dell'Unione Europea del 15 gennaio 2008 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC - Integrated Pollution Prevention Control - Directive) ed in particolare in base a quanto previsto dall'Art. 2 e dall'All.IV in tema di inquinamento atmosferico per definire una soluzione di mitigazione per una sorgente o una emissione diffusa di contaminanti come Best Available Technologies (BAT).

Nonostante in tema di BAT sia stato creato e sia da tempo operativo l' European Bureau IPPC-BAT, con pubblicazione di numerosi documenti circa l'utilizzo di BAT per il controllo degli impatti ambientali dovuti ad emissione di contaminanti in diversi comparti industriali, occorre ricordare che una soluzione di mitigazione definibile come BAT non è una soluzione proposta da una particolare Agenzia operante nel campo della ricerca e sviluppo di soluzioni di mitigazione ma una tecnologia, una tecnica, o una procedura conforme ai requisiti dell'Allegato IV della Direttiva 2008/1/CE.

Tali requisiti sono caratteristiche di buon senso che deve possedere la soluzione impiegata che, oltre a contenere gli impatti e nello specifico le emissioni di aerosol alla sorgente e nei dintorni di essa, deve essere utilizzabile in relazione a considerazioni economiche, ambientali di utilizzo e consumo di materia prime, operativi in termini di impegno richiesto al contesto industriale e, soprattutto, in materia di sicurezza sul lavoro: non a caso tra i primi requisiti richiesti a una soluzione di mitigazione per essere definibile BAT è quello impiegare sostanze meno pericolose ed il concetto di diminuzione delle pericolosità è alla base delle tecniche di gestione dei rischi sul lavoro e di incidenti rilevanti.

Le soluzioni individuate sono state ordinate in termini di modalità di azione rispetto al meccanismo di creazione di una sorgente di particolati aerodispersi ed a quello con cui questi ultimi diventano una emissione da un cantiere verso un ricettore potenzialmente esposto: alcune soluzioni prevengono la creazione di sorgenti di polverosità altre si limitano a contenere la dispersione delle polveri create. Per l'individuazione delle soluzioni di mitigazione, oltre all'esperienza è stata di particolare importanza la letteratura relativa al contenimento delle sorgenti di polvere in ambiente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

di lavoro. Da questo punto di vista però occorre ricordare che le strategie di misurazione della polvere negli ambienti di lavoro sono diverse da quelle previste negli ambienti di vita pertanto nel capitolo 1 su questo aspetto sono stati forniti raggugli.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1 Introduzione: soluzioni di mitigazione del problema delle emissioni di particolati e polveri aerodisperse da attività di cantiere

1.1 Particolati aerodispersi e polveri in ambienti di vita e di lavoro

Per gestione del rischio di emissione di polveri si intendono sia attività volte a prevenire l'insorgere del problema, ovvero la creazione di sorgenti di emissione di polveri, sia attività volte a contenere i fenomeni emissivi nel momento in cui una sorgente emissiva è stata creata ed è attiva.

Il termine sorgenti, dal punto di vista del problema emissioni, comprende sia le sorgenti di emissioni di polveri localizzate, quali per esempio lo sfiato di un silos per lo stoccaggio di una materia prima polverulenta, sia le sorgenti di emissioni distribuite meglio note come fuggitive quali la dispersione di polvere da un piazzale non asfaltato per effetto del passaggio di mezzi gommati.

Per lavorazioni di cantieristica civile, con riferimento al problema polveri, si intendono sia le fasi lavorative vere e proprie, quali per esempio l'abbattimento di un fronte di roccia in galleria mediante martello demolitore idraulico, sia gli impianti connessi alla fase lavorativa in senso stretto o al contesto in cui essa è necessaria, quali per esempio la diluizione ed il trasporto delle polveri aerodisperse da una fase di abbattimento mediante ventilazione premente o la produzione di calcestruzzo mediante un impianto di betonaggio per la realizzazione dei rivestimenti preliminari e definitivi di una galleria.

Nella relazione viene spesso usato il termine polveri in realtà, se le attività di mitigazione hanno come obiettivo la tutela delle popolazioni esposte mediante il rispetto dei valori limite di esposizione previsti dalle direttive europee e nazionali, si dovrebbe parlare di gestione del rischio di emissione di aerosol atmosferici o particolati aerodispersi. Questi sono costituiti dagli aerosol solidi e liquidi emessi da un contesto ed aventi origine chimica, chimico – fisica o puramente fisica. Si utilizza tuttavia il termine polveri giacchè la maggior parte delle emissioni di particolati prodotte da una attività di cantiere sono emissioni di polveri o meglio, la maggior parte del particolato aerodisperso misurato come emissione presso ricettori ubicati in prossimità di un cantiere è costituito da polveri. Le polveri sono particolati, ovvero particelle solide, ottenute per via puramente fisica mediante sollecitazioni meccaniche agenti su un materiale di partenza di cui le particelle di polvere erano costituenti. La via fisica in questione prevede pertanto soli fenomeni di riduzione granulometrica del materiale. In definitiva una polvere è il prodotto della comminazione di un

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

materiale di cui la polvere in origine era un costituente.

Si intendono per polveri anche i prodotti di risollevamento di polveri precedentemente formatesi e poi sedimentate giacchè il fenomeno che le origina è ancora una volta puramente fisico. Anche la parte solida degli aerosol di cemento prodotti nelle fasi di realizzazione dei rivestimenti preliminari (spritz beton) sono considerati polveri giacchè il fenomeno di formazione deriva dalla dispersione meccanica delle miscela di calcestruzzo ed additivi sulle pareti di una galleria.

La parte chimica e chimico fisica delle emissioni di particolati prodotte da un cantiere afferisce sostanzialmente alle emissioni di particolato prodotte da qualsiasi macchinario che opera mediante motori a combustione interna e dalle interazione tra particolati incombusti e inquinanti sottoforma di vapore (il fenomeno con cui si formano per esempio gli Idrocarburi Policiclici Aromatici). Un altro esempio di questa tipologia di emissioni è la dispersione meccanica di goccioline di additivi prodotta durante la fase di spritz beton.

Gli aerosol atmosferici, o particolati aerodispersi (PM airborne particulate matter), emessi in occasione di attività di cantieristica civile sono pertanto sospensioni di particelle solide e liquide in aria molto differenziate per dimensione, composizione ed origine. In particolare la composizione non è definita "tout court" ma in relazione alle caratteristiche penetrazionali e deposizionali del particolato nell'apparato respiratorio di un ricettore bersaglio e soprattutto in relazione alle caratteristiche prestazionali di un dispositivo di misurazione.

In termini generali:

- la distribuzione completa delle dimensioni granulometrico aerodinamiche (rappresentate da quello che viene definito D_{ae} o Diametro Aerodinamico Equivalente o *diametro di una sfera di massa volumica unitaria (1 g/cm^3) che cade con la stessa velocità terminale della particella in esame sotto l'azione della forza gravitazionale, in aria calma, nelle stesse condizioni di temperatura, pressione e umidità relativa*) definisce quelle che vengono chiamate Polveri Totali Sospese (ovvero PTS ovvero secondo le norme EN 481/94 "Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizioni delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse" e UNI-ISO 7708/98 "Qualità dell'aria: definizioni delle frazioni granulometriche per il campionamento relativo agli effetti sanitari " come "tutte le particelle circondate da aria in un dato volume d'aria" è compresa tra $0.001 \mu\text{m}$ (anche se come limite inferiore si accetta lo $0,01 \mu\text{m}$) e $100 \mu\text{m}$,
- in termini di composizione sono una complessa miscela di sostanze organiche ed inorganiche liquide e solide che in termini generici annovera tra i contaminanti principali:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

solfati, i nitrati, ione ammonio, il cloruro di sodio, il carbonio elementare, gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) ed altri composti organici volatili (COV), metalli pesanti (Fe, Zn, Pb, Al, Ca, Pt), componenti minerali naturali ed artificiali (particellari e fibrosi) e l'acqua. Polveri e Sali costituiscono in genere la parte più grossolana del PM, mentre nitrati, solfati ed ammonio a quella più fine. E' evidente che con un così ampio spettro compositivo, la tossicità del PM può variare a seconda della composizione chimica della particolato costituite.

Il fuso dimensionale granulometrico aerodinamico delle polveri (o meglio particolati) totali sospese si diversifica al suo interno in relazione alle caratteristiche penetrazionali dei diversi campi dimensionali nell'albero respiratorio (**figura 1.1**) da cui dipende la capacità di causare effetti sulla salute dei soggetti esposti. Ovviamente risultano essere di particolare interesse i particolati che, grazie alle loro dimensioni, sono maggiormente in grado di allinearsi con i flussi gassosi ispirati, superare i meccanismi di intercettazione inerziale dovuti alle ramificazioni dell'albero respiratorio (pensabile come un dispositivo di vagliatura granulometrica aerodinamica) e raggiungere il tratto tracheo – bronchiale.

La definizione dei diversi sottoinsiemi dimensionali granulometrico – aerodinamici delle PTS si complica nel momento in cui si discutano i problemi di salute da esse potenzialmente generabili in occasione di esposizione dei lavoratori nell'ambito di luoghi di lavoro ed esposizione di ricettori dovute ad immissioni in ambienti di vita.

Vale in tal senso quanto previsto dalle seguenti due norme:

- per gli ambienti di lavoro il *Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n. 81 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro – ALLEGATO XLI* in cui sono contenute le norme UNI che definiscono i sottoinsiemi granulometrico aerodinamici delle PTS con riferimento ad esposizioni professionali ad agenti chimici sottoforma di particolati,
- per gli ambienti di vita il *Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n° 155 Attuazione della direttiva 2008/50/CE Relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa* in cui all'art 1 (Principi) sono stabiliti i valori limite per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM10, i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM2,5 ed all'art. 2 (definizioni) le definizioni di PM10 e PM2,5 con riferimento alle norme UNI che estesamente li standardizzano.

Per quanto riguarda i luoghi di lavoro i suddetti sottoinsiemi sono definiti come "convenzioni" inalabile, toracica, respirabile e "frazione" inalabile, toracica, respirabile.

Le "convenzioni" distinguono esattamente i diversi sottoinsiemi in termini di probabilità di una

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

particella di una certa dimensione (in termini di Diametro Aerodinamico Equivalente) di giungere in un certo tratto dell'apparato respiratorio o, da un altro punto di vista, data una certa massa di polveri totali sospese avente una certa dimensione, quale percentuale di essa giungerà in un certo tratto dell'apparato respiratorio. Le "frazioni" descrivono quanto uno strumento di misura deve approssimare le "convenzioni" per poter misurare una quantità definibile rispettivamente "aerosol solido inalabile, toracico, respirabile".

Per quanto riguarda gli ambienti di vita i suddetti sottoinsiemi, sintetizzando, sono definiti come "materiale particolato" (PM sottintendendo aerodisperso) inferiore ai 10 µm ed ai 2,5 µm (PM₁₀ e PM_{2,5} ma la questione non cambierebbe se si discutesse di PM 5 µm od 1 µm) in base alle prestazioni di uno strumento di misura. Ciò significa materiale particolato che penetra attraverso un ingresso dimensionale selettivo conforme al metodo di riferimento per il suo campionamento e misurazione (UNI EN 12341 per il PM₁₀ e UNI EN 14907 per il PM_{2,5}) avente un'efficienza di penetrazione del 50% per PM avente diametro aerodinamico rispettivamente pari a 10 e 2,5 µm.

In entrambi i casi, ambienti di vita ed ambienti di lavoro, i sottoinsiemi sono definiti:

- rispetto all'esigenza di misurare il particolato aerodisperso e confrontare i risultati delle misure con valori limite utilizzati come riferimenti per la protezione della salute umana;
- rispetto alle modalità ed alle probabilità con cui una particella di polvere di certe dimensioni può raggiungere determinati organi bersaglio dell'apparato respiratorio e rimanerci anziché essere espulsa o "demolita",
- rispetto al fatto che in medicina la tutela di un ricettore in generale si distingue, come metodi di valutazione della esposizione, da quella di un ricettore esposto in occasione di lavoro,
- rispetto al fatto che, parlando di modalità con cui una particella solida dispersa in aria, possa rimanere sospesa senza sedimentare fino ad essere catturata dai flussi gassosi aspirati da un soggetto esposto ed essere convogliata ad un organo bersaglio, le dimensioni geometriche della particella stessa non contano in assoluto ma relativamente all'influenza che esse hanno sul regime di moto in aria della particella stessa. Il concetto dimensionale – aerodinamico con cui si caratterizza una particella ed a cui si riferiscono i sottoinsiemi citati è sintetizzato come già sottolineato dal concetto di "diametro aerodinamico equivalente"

Se per polvere si intende pertanto un materiale particellare aerodisperso "o aerosol" originato da processi di comminazione di un materiale di partenza, ed avente dimensione compresa tra gli 0,1 µm ed i 100 µm in termini di diametro aerodinamico equivalente, considerando la relazione generale $0,25 d_{ae} < d_r < 2,5 d_{ae}$ tra d_r (ovvero diametro o dimensione reale di una particella

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

aerodispersa) e d_{ae} (cui, nella normativa riguardanti la protezione dell'ambiente e l'igiene del lavoro, si riferiscono le definizioni granulometrico aerodinamiche degli aerosol stessi ai sensi delle convenzioni di misurazione e delle procedure di confronto con i valori limite in vigore) con polvere, dal punto di vista dimensionale reale si intende un materiale avente d_r compreso tra $0,02 \mu m$ e $250 \mu m$.

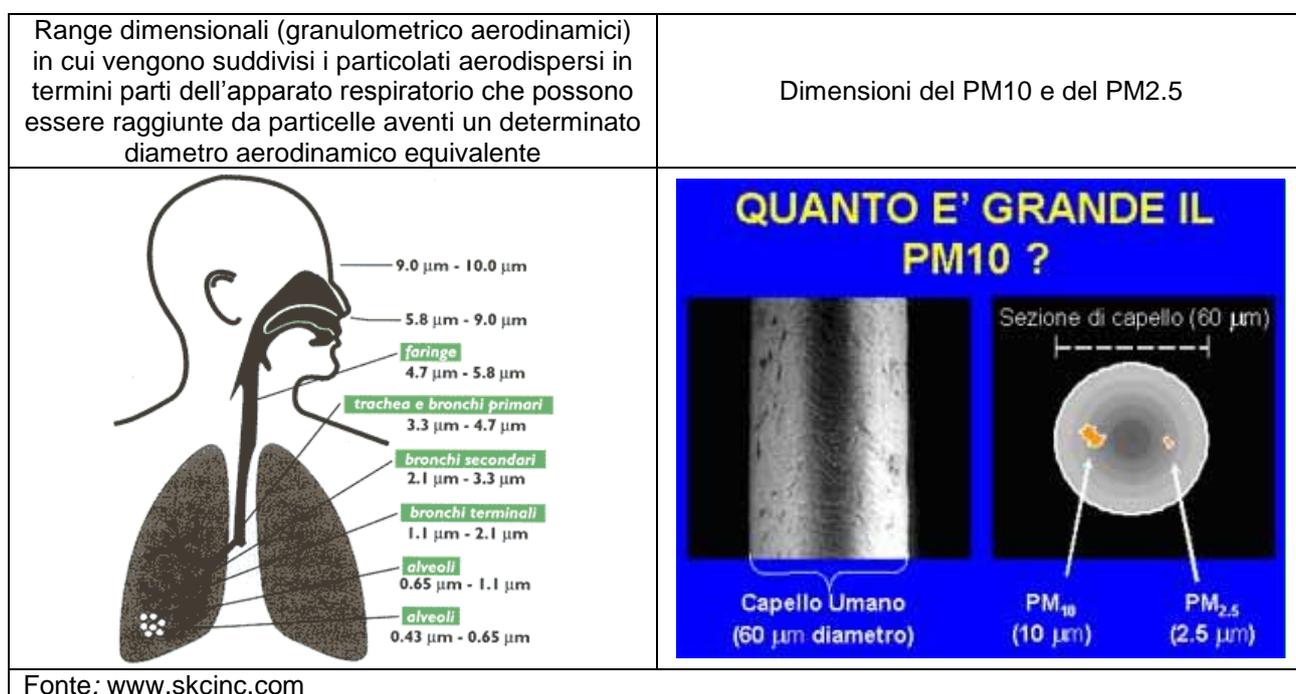


Figura 1.1 e 1.2

Occorre discutere di questi aspetti ed in particolare della diversità in termini dimensionali aerodinamici tra “polveri in ambiente di lavoro” e “polveri in ambienti di vita” giacchè buona parte della letteratura riguardante soluzioni di mitigazione delle emissioni di polveri si riferisce alla necessità di limitarle alla fonte. Le soluzioni applicate in via preventiva alla sorgente di polverosità vengono applicate pertanto negli ambienti di lavoro ed i controlli sulla loro efficacia sono nella stragrande maggioranza dei casi effettuati mediante misurazioni di esposizione professionale ovvero basate sulle convenzioni di definizione e misurazione polveri tipiche degli ambienti di lavoro. Occorre pertanto capire la differenze che corre tra le convenzioni che definiscono PM10 e PM2,5 e le polveri inalabili/toraciche/respirabili.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1.2 Particolati aerodispersi PM10 e PM2,5

In termini convenzionali per PM10 e PM2,5 (**figura 1.2**) si intendono pertanto, convenzionalmente ed approssimativamente, le frazioni di particolato aerodisperso aventi diametro aerodinamico equivalente inferiore rispettivamente a 10 e a 2.5 µm.

Tali frazioni risultano di particolare rilevanza dal punto di vista sanitario in quanto, in ragione delle loro ridotte dimensioni, sono in grado di penetrare attraverso le vie aeree fino a raggiungere il tratto tracheo-bronchiale che precede quello alveolare.

A differenza degli inquinanti gassosi che sono specie chimiche ben individuate o gruppi di sostanze chimiche dal comportamento simile (ad esempio ossidi di azoto), il PM10 comprende tutta una serie di sostanze presenti in atmosfera allo stato solido o liquido molto differenti tra di loro per comportamento fisico e chimico.

Circa le sorgenti generiche di PM10 e PM2,5, può essere fatta una prima distinzione in base sorgenti **naturale** ed quella **antropiche**.

Il PM10 (di cui il PM2,5 ovviamente fa parte) è infatti un costituente naturale dell'atmosfera: un esempio tipico di PM naturale è ovviamente lo spray marino e tutta la polvere minerale che si origina per azione meccanica del vento sul risollevarsi di sabbie microscopiche o di prodotti di abrasione di affioramenti rocciosi, edifici, monumenti, alberi. Altre sorgenti di tipo naturale ma legate ad eventi eccezionali, e che quindi sono comunque da annoverare tra le sorgenti di inquinamento, sono le eruzioni vulcaniche e gli incendi che liberano grandi quantità di polveri grossolane e sottili.

Le sorgenti naturali concorrono a costituire le concentrazioni di background naturale di un contesto che persistono anche in assenza di sorgenti antropiche o di eventi speciali e pertanto costituiscono la soglia oltre la quale si definisce un valore di concentrazione indicativo di uno stato di inquinamento.

Alcuni livelli di fondo di PM10 misurati in Italia in aree molto lontane da sorgenti antropiche risultano dell'ordine di 18 µg/m³ (*Ann Ist Super Sanità 2003;39(3):387-394 Inquinamento da particelle fini aerodisperse e stime di rischio sanitario* - Giovanni A. Zapponi e Achille Marconi – Laboratorio di Igiene Ambientale, Istituto Superiore di Sanità, Roma).

Il PM10 antropico è invece quello generato dall'uomo nell'insieme delle sua attività. Esso può a sua volta essere suddiviso in PM10:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- *da sorgente puntuale.* Comprende quello prodotto dai vari processi che avvengono negli impianti industriali e dalla combustione che avviene nelle centrali termoelettriche e negli impianti di riscaldamento. Il contributo di questi ultimi sta andando via via diminuendo grazie alla progressiva metanizzazione in corso.
- *da sorgenti mobili:* contrariamente a quanto parrebbe logico pensare, le emissioni dei gas di scarico non sono l'unica importante fonte diretta di PM10 prodotta dal traffico, ma danno un importante contributo anche i fenomeni meccanici di abrasione di freni, pneumatici ed altre parti meccaniche dell'automezzo. Nelle emissioni di gas di scarico prevalgono le particelle a base carboniosa (così come a valle di ogni processo di combustione), ma sono presenti anche vari metalli.

Un'altra importante distinzione da fare in merito alle sorgenti di PM10 e 2,5 è quella fra **PM primario** e **secondario**.

Si parla di PM primario quando il particolato viene emesso in atmosfera direttamente sottoforma solida o liquida; ad esempio, tutte le sorgenti illustrate finora (risospensione esclusa) sono sorgenti primarie di PM10.

Il PM10 secondario invece si forma direttamente in atmosfera a partire da altri inquinanti gassosi, ed è composto principalmente da solfati (che si formano a partire dall'anidride solforosa, SO₂), nitrati (dagli ossidi di azoto, NO_x), Sali di ammonio (dall'ammoniaca, NH₃) e composti organici (dai composti organici volatili, COV). Tali gas hanno origine naturale ma anche antropica, e sono legati al processo di combustione: centrali termoelettriche, traffico, industrie...

Una volta liberati in atmosfera, questi gas reagiscono fra loro o con altre sostanze presenti nell'aria attraverso una complessa serie di reazioni che danno come prodotti finali o intermedi tali sali. Molte di queste reazioni sono di origine fotochimica, ovvero sono attivate da un'intensa radiazione solare: Deacon et al. (1997) evidenziano infatti come il contributo secondario alla concentrazione urbana di PM10 è maggiore in estate che in inverno. Il particolato secondario è solitamente un particolato molto fine (PM2,5 e PM1) e pertanto molto più mobile rispetto alla frazione grezza del PM10. Esso tende dunque ad estendersi in maniera più omogenea sul territorio e a costituire una sorta di inquinamento di fondo sul quale poi vanno ad aggiungersi fattori di crisi negli agglomerati urbani.

Una sorgente secondaria impropria di PM10 è la risospensione. La si può definire impropria perché di per sé non è una vera e propria fonte di PM10, dato che non genera nuovo particolato a partire da altre sostanze, ma rimette in circolazione del particolato già esistente che si era

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

depositato al suolo. Anche in questo caso si può parlare di una risospensione naturale, causata dal vento più o meno intenso, e di una antropica, causata prevalentemente dal traffico. Il particolato che si risollewa è ovviamente costituito da una miscela comprendente un po' tutte le tipologie chimico-fisiche sopra descritte, anche se c'è prevalenza della frazione grossolana.

Il PM10 ed il PM2,5 sono per loro natura particolati che si aero disperdono molto facilmente. Le dimensioni ridotte infatti permettono alle particelle di rimanere sospese in aria per lunghi periodi, da qualche ora per la frazione più grossolana a qualche settimana per quella più fine, e possono essere trasportate anche per lunghe distanze.

La pericolosità del PM10 e PM2,5 è amplificata dalla presenza nella loro composizione di particelle in grado di assorbire sostanze gassose o in fase vapore come gli IPA (idrocarburi policiclici aromatici) e i metalli pesanti, tra cui si annoverano elementi ascritti alle liste degli agenti cancerogeni.

La parte grossolana del PM10, ovvero quella con diametro aerodinamico equivalente superiore a 2,5 µm, è originata prevalentemente da processi meccanici: frantumazione di materiali, abrasione meccanica di materiali ed ancora erosione del suolo e/o risollewamento di particelle di suolo da parte del vento.

Le particelle di dimensioni inferiori (PM2,5) sono generate soprattutto nei processi di combustione (traffico, industria, riscaldamento domestico) e possono essere di origine primaria (generate direttamente) oppure di origine secondaria essendo frutto della trasformazione chimica di precursori (tipicamente ossidi di zolfo, ossidi di azoto e ammoniaca) presenti nella composizione delle emissioni primarie.

Il fattore dominante che determina la variabilità temporale e spaziale delle concentrazioni di PM è la meteorologia. L'assenza di vento e di eventi piovosi, lunghi periodi di tempo stabile e sereno con continue inversioni notturne sono condizioni sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Le condizioni più critiche si registrano, quindi, nei mesi autunnali e invernali, caratterizzati da condizioni di tempo stabile e molto nebbioso, calme di vento e assenza di precipitazioni.

A livello sanitario si evidenzia come il sistema maggiormente attaccato dal particolato è l'apparato respiratorio, ed il fattore di maggior rilievo per lo studio degli effetti è probabilmente la dimensione delle particelle, in quanto da essa dipende l'estensione della penetrazione nelle vie respiratorie.

Per quanto riguarda gli effetti a breve termine, gli effetti indagati di maggiore gravità riguardano l'incremento di mortalità per tutte le cause e per cause cardio-polmonari e l'incremento dei ricoveri ospedalieri per le stesse cause specifiche. Uno studio europeo (APHEA2, 2001), riguardante 29

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

città europee tra cui Torino, Milano e Roma evidenzia un incremento di mortalità del 0,6% per ogni aumento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10, mentre il recente studio italiano relativo a 8 città, tra cui Bologna e Ravenna, (MISA, 2001) segnala un incremento maggiore, intorno all'1%. Per i ricoveri ospedalieri diversi studi, americani ed europei, segnalano un aumento per cause respiratorie pari a circa il 2% e per cause cardiache intorno a 1% per ogni incremento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10. Oltre a questi effetti, particolarmente rilevanti, sono stati indagati numerosi altri eventi sanitari collegabili a un rischio respiratorio: aumento di attacchi asmatici, riacutizzazione di bronchite cronica, episodi di bronchite acuta, alterazioni della funzionalità polmonare: per ogni effetto indagato è stata dimostrata una correlazione con l'inquinamento giornaliero.

Per quanto riguarda gli effetti a lungo termine, recentemente sono stati pubblicati (Anno 2002) due studi importanti: uno studio americano (A.Pope, JAMA) ha indagato la mortalità di circa 500.000 adulti arruolati nel 1982 in uno studio prospettico, per i quali erano note una serie di informazioni tra cui l'abitudine al fumo, il peso e l'altezza, la dieta ecc., mettendola in relazione con l'inquinamento medio della città di residenza espresso come livelli di PM2,5. Per ogni incremento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato evidenziato un aumento del 4% della mortalità totale, del 6% di quella per cause cardiopolmonari e dell'8% per tumore polmonare. Il secondo è un lavoro olandese (G.Hoek, Lancet) che studia la mortalità in una coorte di 5.000 soggetti in età 55-69 dal 1986 al 1994, in relazione ai dati di inquinamento ricavabili dalle misure effettuate nella città di residenza e dall'informazione circa la vicinanza dell'abitazione a strade di grande traffico.

All'interno del PM10 si distinguono oltre al PM2,5 (particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 2,5 micron) il PM1 (inferiore ad un micron). Tale distinzione si rende necessaria prevalentemente per natura sanitaria. Sebbene infatti tutto il PM10 possa arrivare al tratto tracheo bronchiale, ovvero è in grado di entrare all'interno delle vie respiratorie profonde, è la sua frazione più fine ad avere maggior probabilità di penetrare fino ai livelli più profondi e il PM1 può addirittura entrare direttamente in circolo sanguigno, essendo così sottile da non essere fermato nemmeno dalla barriera dei vasi sanguigni, e provocare danni maggiori.

A livello sanitario si evidenzia come recenti lavori (Pettinen, Eur Respir J, 2001) hanno individuato nella componente ultrafine del particolato atmosferico la responsabile dei danni infiammatori agli alveoli polmonari con conseguente aggravamento della patologia cardio- respiratoria. Le particelle ultrafini, a parità di massa e senza significative variazioni del PM10 sono assai più numerose in prossimità di strade ad alto traffico (Zhu, J Air Waste Manag Assoc, 2002).

Da un'analisi della situazione Europea sulla base dei dati di PM pubblicati in "Putaud J.-P. et al.,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2002, *A European Aerosol Phenomenology – physical and chemical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe, EUR 20411 EN*”, sono state possibili alcune considerazioni, tra cui in primo luogo l’assenza di un valore universale per il rapporto PM_{2,5}/PM₁₀, ed in secondo luogo che in quasi tutti i siti, eccetto laddove i fenomeni di risospensione predominano, al crescere del livello di PM₁₀ cresce il rapporto PM_{2,5}/PM₁₀.

Alcuni livelli di fondo misurati in Italia in aree molto lontane da sorgenti di inquinamento per il PM_{2,5} risultano e dell’ordine di 11 µg/m³ (*Ann Ist Super Sanità 2003;39(3):387-394 Inquinamento da particelle fini aerodisperse e stime di rischio sanitario* - Giovanni A. Zapponi e Achille Marconi – Laboratorio di Igiene Ambientale, Istituto Superiore di Sanità, Roma).

In generale si può comunque considerare rappresentativo un rapporto medio annuale tra PM_{2,5} e PM₁₀ pari al 70%.

Il Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n° 155 fissa per l’anno 2010 i seguenti limiti per la protezione della salute umana:

PM₁₀

- *Valore limite 24 h*, pari a 50 µg/m³ (da non superare più di 35 volte per anno civile);
- *Valore limite annuale*, pari a 40 µg/m³.

PM_{2,5}

Valore limite annuale, pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 2015, (20 µg/m³ valore indicativo da raggiungere entro il 2020).

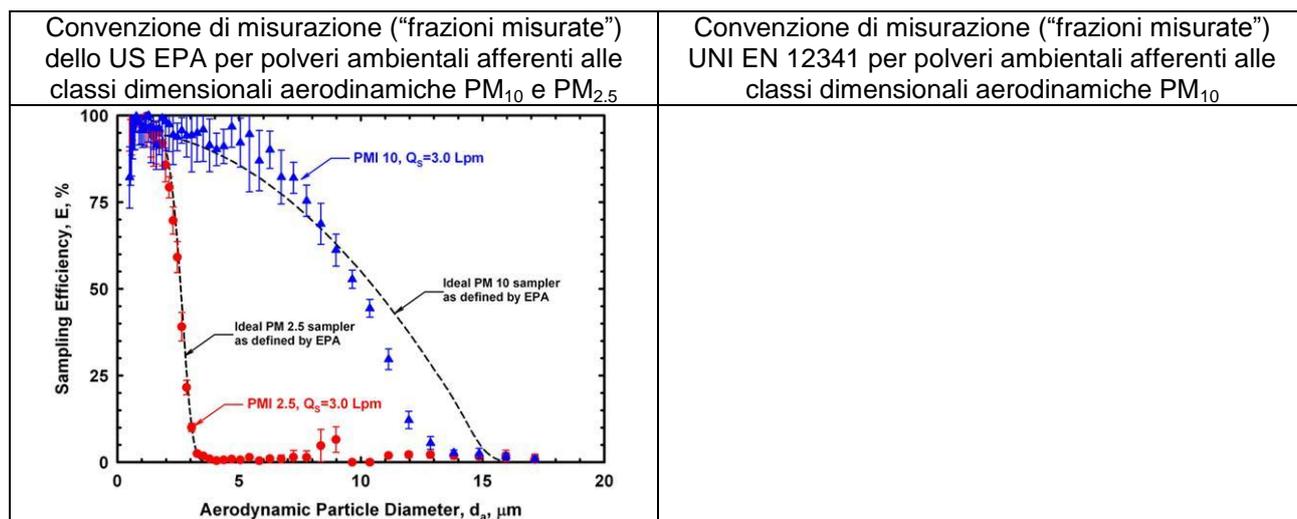
1.3 Misurazioni delle emissioni verso gli ambienti di vita, particolati aerodispersi PM₁₀ e PM_{2,5} in relazione alle polveri inalabili, toraciche e respirabili valide per gli ambienti di lavoro

Ai fini delle misurazioni ed ai sensi degli effetti sanitari per PM₁₀, si intende una convenzione di misurazione avente efficienza del 50% sulle particelle aventi d_{ae} pari a 10 µm ed asintotica a zero, in termini di efficienza di misurazione, a valori di d_{ae} pari a 20 ÷ 25 µm. In termini dimensionali si tratta di aerosol aventi dimensioni reali comprese tra 0 e 62 µm per la maggior parte costituite da particelle comprese tra 2,5 e 25 µm. Per PM_{2,5}, si intende una convenzione di misurazione avente efficienza del 50% sulle particelle aventi d_{ae} pari a 2,5 µm ed asintotica a zero, in termini di efficienza di misurazione, a valori di d_{ae} pari a 4 ÷ 5 µm. In termini dimensionali si tratta di aerosol aventi dimensioni reali comprese tra 0 e 12,5 µm per la maggior parte costituite da particelle comprese tra 0,6 e 6,25 µm. Negli ambienti di lavoro invece per polveri respirabili, toraciche ed

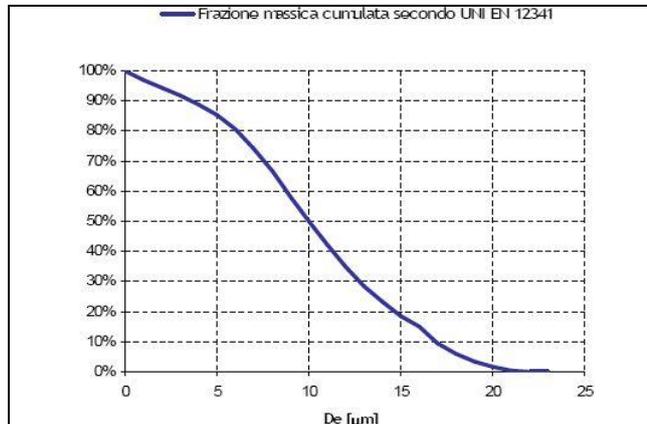
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

inalabili si intendono convenzioni per cui le particelle aventi rispettivamente d_{ae} pari a 4, 10 100 μm hanno il 50% di probabilità (i valori di d_{ae} citati sono infatti definiti $d_{ae,50}$) di giungere all'organo bersaglio dell'apparato respiratorio cui si riferisce la convenzione. Le frazioni respirabili, toraciche ed inalabili sono invece curve di prestazione degli apparati di misurazione, quando settati ad un certo valore di portata aspirante, che devono aderire il più possibile alle rispettive convenzioni rispettando il valore relativo al $d_{ae,50}$. La convenzione e quindi la frazione che più si avvicina alla convenzione di misurazione del PM10 è quella toracica va fatto notare però che se le convenzioni EPA e EN 12341/2001 (**figura 1.3 e 1.4**) prevedono un 50% di efficienza di cattura sulle particelle aventi d_{ae} 10 μm e sono asintotiche a zero intorno a d_{ae} pari a 17 μm , la convenzione toracica come normata dalla ISO 7708/1983 e poi dalla EN 451/94 (**figura 1.5 e 1.6**) è invece asintotica a zero rispettivamente intorno ai 30 μm .

La convenzione e quindi la frazione che si avvicina di più alla convenzione di misurazione del PM2,5 è quella respirabile. Va fatto notare però che se le convenzioni EPA ed EN 14907/2005 prevedono un 50% di efficienza di cattura sulle particelle aventi d_{ae} 2,5 μm e sono asintotiche a zero intorno a d_{ae} pari a 4-5 μm la convenzione toracica come normata dalla ISO 7708/1983 e poi dalla EN 451/94 è invece asintotica a zero rispettivamente intorno ai 10 μm . La convenzione degli ambienti di lavoro che più si avvicinerebbe alla EN14904/2005 sarebbe quella ad "alto rischio" di cui però non si ha traccia di valore limite e pertanto misurazione in letteratura occupazionale.

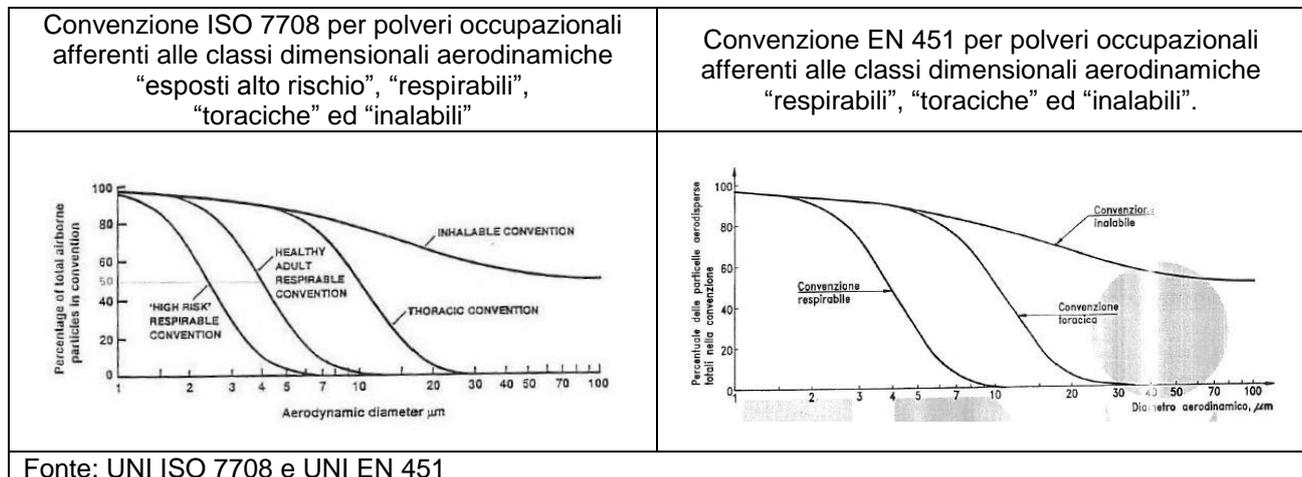


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011



Fonte: US EPA e UNI EN 12341

Figura 1.3 e 1.4



Fonte: UNI ISO 7708 e UNI EN 451

Figura 1.5 e 1.6

Riassumendo occorre ricordare che, parlando di PM₁₀:

- si intende particulate matter ovvero aerosol aventi origine non solo fisico/comminutiva (polveri) ma anche fisico/agglomerativa, e soprattutto chimico-chimico/termica ma, dal punto di vista delle emissioni provenienti da lavorazioni di cantiere o da piste, piazzali, cumuli è possibile

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

confondere i termini PM₁₀ e polvere₁₀ giacchè la maggior parte del materiale aerodispersibile si è originata per frantumazione di un materiale costituente pre esistente,

- viste le dimensioni reali, che rispetto a quelle aerodinamiche dipendono dalla massa volumica, dalla forma ed in particolare dai coefficienti di resistenza aerodinamica del materiale costitutivo dell'aerosol, è chiaro il motivo per cui, per esempio per le emissioni da piste e piazzali non asfaltati, ha un ruolo molto importante la presenza nel materiale di partenza di silt ed argilla ovvero di sedimenti sciolti aventi dimensioni dei granuli (per confronto ad un sistema di separazione granulometrica) inferiore ai 62 µm (a rigore sedimenti aventi granulometria compresa tra 0,004 ÷ 0,06 mm ovvero 4 ÷ 60 µm ma in genere per silt, per quanto riguarda le emissioni diffuse, si parla di materiale inferiore ai 75 µm).

1.4 Le soluzioni di mitigazione proposte

Dal punto di vista organizzativo le soluzioni di gestione proposte sono state ottenute secondo il seguente percorso logico:

- analisi delle specifiche attività di cantiere mediante scomposizione delle stesse in fasi/sottofasi in cui siano più facilmente identificabili le sorgenti di polveri o le cause di dispersione di polveri ed in cui siano più facilmente identificabili macchine e/o impianti e/o parti di esse/i responsabili di formazione e/o dispersione di polveri,
- identificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili a qualsiasi attività di cantiere:
- identificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili alle caratteristiche specifiche della singola attività di cantiere;
- identificazione delle soluzioni classificabili, in base a quanto descritto dalla Direttiva 2008/1/CE dell'Unione Europea del 15 gennaio 2008 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC - Integrated Pollution Prevention Control - Directive) ed in particolare in base a quanto previsto dall'Art. 2 e dall'All.IV in tema di inquinamento atmosferico come Best Available Technologies (BAT). L'iscrizione di una soluzione di gestione della formazione/dispersione delle polveri alla categoria BAT è avvenuta:
 - a. secondo quanto previsto dall'Allegato IV in materia di BAT;
 - b. secondo quanto pubblicato dall'Ufficio Europeo IPPC ("European IPPC Bureau" nato per rispettare quanto previsto dall'Art. 17 della Direttiva 2008/1/CE) in merito alla gestione degli impatti (BREF - BAT Reference Documents -) sviluppati per le categorie di attività industriali previste dall'Allegato 1 alla Direttiva 2008/1 CE;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- c. secondo quanto pubblicato almeno dai seguenti organismi internazionali in materia di gestione del rischio di esposizione a polveri in ambiente esterno ed in ambiente lavorativo:
1. DHH: Departement of Health and Human Service (USA) → CDC: Center for Disease and Prevention (USA) → NIOSH: National Institute for Occupational Health and Safety (USA);
 2. Office of Mine Safety and health Research (USA);
 3. Departement of Environment Management – Queensland Government – (Australia);
 4. TNO: Netherlands Organization for Applied Scientific Research
 5. EPA: Environmental Protection Agency (USA)
 6. WHO: World Health Organization;
- classificazione della soluzione di mitigazione identificata in generale o per la specifica attività di cantiere nelle seguenti categorie operative:
 - a. “**approcci pre primari**”: applicabili alla attività di cantiere posta immediatamente a monte di quella in analisi. E' una soluzione che viene adottata in caso di attività in serie e nel caso in cui, un intervento applicato ad una fase lavorativa porta benefici a tutte quelle che seguono
 - b. “**approcci primari**”: volti a prevenire la formazione di polveri
 - c. “**approcci secondari**”: volti a contenere la dispersione o la dispersione della polvere formata da una certa attività.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 Soluzioni di mitigazione comuni a più attività di cantiere e classi di aerodispersione di materiali solidi polverulenti e/o polverizzabili

In questa sezione vengono proposte alcune soluzioni di mitigazione (**tabella 2.1**) che intervengono sia sulla formazione sia sulla dispersione di polveri applicabili alla maggior parte dei problemi di emissione di polveri occorrenti nelle attività di cantiere affrontate nei prossimi capitoli. Come verrà fatto per queste ultime anche per questa tipologia di soluzioni è stata adottata una gerarchia degli interventi che li suddivide in pre primari, primari e secondari.

Nella maggior parte dei casi si tratta di soluzioni semplici a servizio di soluzioni più complesse o meglio di soluzioni che servono per:

- controllare parametri da cui dipende la generazione di polveri;
- far intervenire correttamente, risparmiando tempo e denaro, soluzioni dedicate al controllo di polveri formatesi;
- monitorare l'efficienza di soluzioni implementate per la riduzione della generazione o della dispersione di polveri ed accorgersi per tempo dell'esigenza di implementare operazioni di manutenzione.

Elenco e classificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili a più attività di cantiere	
Classificazione	Soluzione
<i>Approcci pre primari</i>	conoscere la tendenza alla aerodispersione di materiali lavorati corretta scelta degli utensili sollecitanti e controllo del loro stato di degrado
<i>Approcci primari</i>	monitoraggio delle emissioni di polveri monitoraggio delle condizioni climatiche monitoraggio delle misure di prevenzione e contenimento delle emissioni programmazione delle attività lavorative il più possibile durante eventi di moderata velocità del vento

Tabella 2.1

2.1 Soluzioni di mitigazione classificabili come approcci pre primari

2.1.1 Approcci pre primari - materiali solidi polverulenti e/o polverizzabili tendenza alla aerodispersione

Dal punto di vista della tendenza alla aero dispersione e dal punto di vista della possibilità di gestire questa caratteristica di pericolosità con soluzioni di mitigazione quali per esempio la

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

bagnatura, i materiali solidi polverulenti o polverizzabili vengono suddivisi in cinque classi

- **S1** – altamente sensibili alla aero dispersione e non bagnabili
- **S2** – altamente sensibili alla aero dispersione e bagnabili
- **S3** – moderatamente sensibili alla aero dispersione e non bagnabili
- **S4** – moderatamente sensibili alla aero dispersione e bagnabili
- **S5** – non sensibili o solo leggermente sensibili alla aero dispersione

Da questo punto di vista:

- ghiaia, sabbia e limo, materiali per la maggior parte costituenti essenziali per esempio di piste e piazzali non pavimentati ma stabilizzati con prodotti granulari
- ed i materiali costituenti le materie prime di un impianto di betonaggio

sono considerati

- limi sciolti: S1
- ghiaie: S5
- sabbie grossolane (0,5 – 1 mm): S4
- sabbie fini (0,125 – 0,25 mm) S3
- cementi: S1
- ceneri: S2
- sabbie oliviniche: S4
- argille bentonitiche in ciottoli: S3
- argille bentoniche sciolte: S1
- gessi: S4
- intonaci a base di gesso: S1

2.1.2 Approcci pre primari - corretta scelta degli utensili sollecitanti e controllo del loro degrado

Questa soluzione, essendo classificata come approccio pre primario, ha come obiettivo quello di ridurre la generazione di polveri. Ovviamente, essendo rivolta al controllo di utensili, è applicabile a tutte quelle attività di cantiere in cui un terreno od una roccia viene sollecitata, per esempio in fase di scavo, meccanicamente mediante macchine utilizzanti utensili demolitori o fresanti. Per esempio è applicabile allo scavo con martellone, fresa ad attacco puntuale, fresa di tipo TBM. Si tratta di:

- utilizzare esclusivamente utensili di taglio affilati secondo le indicazioni del produttore. Nel momento in cui si superano le condizioni di degrado dell'utensile indicate dal costruttore

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

come accettabili, o i metri di foro indicati dall'esperienza (da ricavare caso per caso) oltre i quali occorre riaffilare l'utensile questo non deve essere più utilizzato

- utilizzare, per quanto possibile, utensili che riescano a produrre il detrito più grossolano possibile: ad esempio (fonte NIOSH) utensili a base di diamanti policristallini producono meno polvere respirabile rispetto ad utensili a base di carburo di tungsteno

La **figura 2.1** illustra un utensile di scavo in azione su un fronte di roccia. Le forze di compressione inducono la creazione di una zona di materiale polverizzato immediatamente davanti al punto di sollecitazione ("pick point). Quando l'utensile si muove oltre questa zona e si incunea nella porzione di roccia che ha davanti genera delle tensioni di rottura lungo un piano curvo che a loro volta producono la separazione di una scheggia di roccia. Il processo si ripete continuamente all'avanzare dell'utensile.

La maggior parte del materiale che si polverizza deriva dalla abrasione della superficie della roccia sul fronte e dei pezzi di roccia in fase di taglio. L'ammontare delle polvere prodotta sul piano degli sforzi di trazione può essere molto basso nei materiali fragili omogenei ed è molto influenzato dalla presenza di polvere preformatasi sui piani naturali di clivaggio. In ogni caso la natura esplosiva degli sforzi di tensione è il fattore più importante nel determinare l'ammontare della polvere proiettata in aria.

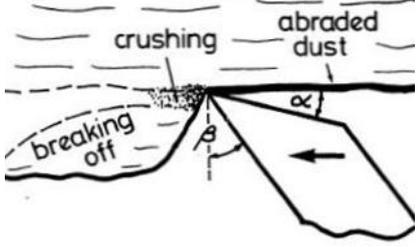
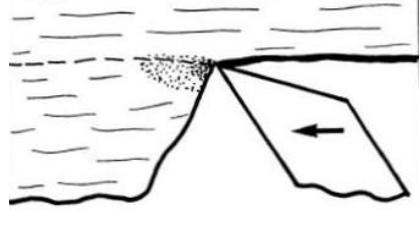
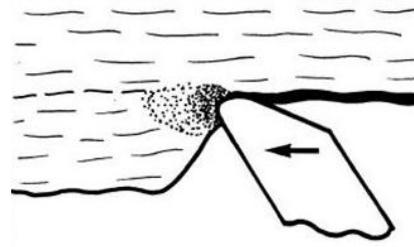
Tipologie di taglio realizzabili da un utensile di scavo		
		
Taglio superficiale α : angolo di attacco β angolo di uscita	Taglio profondo	Utensile smussato
Fonte: M.J Mc Pherson "Subsurface ventilation and environmental Engineer"		

Figura 2.1

Una macchina che esegue un taglio profondo esige un elevato momento torcente e può essere soggetta a maggiori vibrazioni ed usura degli utensili. La maggior parte del materiale tuttavia si franturerà in frammenti per cui, l'ammontare della polvere prodotta come grammi per tonnellata, sarà ridotta. L'energia specifica per tonnellata di materiale abbattuto sarà inoltre minore. Quando un utensile smussato esegue lo stesso taglio agirà su una superficie di contatto maggiore

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

originando un maggior quantitativo di polvere nella zona di frammentazione. Se l'usura riduce l'angolo di attacco, la parte immediatamente posteriore alla punta dell'utensile sfregherà contro la nuova superficie formatasi assorbendo ulteriore energia e polverizzando una maggior quantità di roccia. La forma di un utensile di taglio (**figura 2.2**) è un compromesso tra l'efficienza di taglio (minor quantità di energia assorbita per tonnellata di materiale scavato), caratteristiche di usura e produzione di polvere.

In particolare per le macchine utilizzanti utensili fresanti il tipo di tagliente e la sua usura influenzano parecchio la produzione di polvere fine (4 µm in termini di diametro aerodinamico. Le procedure routinarie di ispezione dei taglienti e la sostituzione repentina di quelli usurati, rotti o mancanti aumenta l'efficienza di taglio e minimizza la generazione di polveri. Gli studi in letteratura inoltre segnalano che:

- i taglienti progettati con inserti in carburo larghi e con un profili di transizione smussati tra la parte in carburo e la base in acciaio producono in genere meno polvere,
- i taglienti conici usurati mancanti di parte della loro punta in carburo producono molta più polvere



Figura 2.2

2.2 Soluzioni di mitigazione comuni classificabili come approcci primari

2.2.1 Approcci primari - monitoraggio delle emissioni di polveri

A rigore, visto che per misurare una emissione di polvere questa deve essersi generata e dispersa, la soluzione dovrebbe essere classificata come approccio secondario, tuttavia, visto il contesto logico in cui questa soluzione si pone può essere annoverata tra gli approcci primari.

La misurazione delle concentrazioni di polvere in aria in prossimità di attività di cantiere è un sistema per monitorare l'entità delle emissioni il rispetto dei loro valori limite

Può essere fatta in modo discontinuo o continuo: il secondo è da preferirsi, con punti di monitoraggio all'interno ed all'esterno dell'area di cantiere. La **tabella 2.2** riporta tipologie e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

caratteristiche dei principali sistemi di monitoraggio.

Si tratta di dotarsi di tecnologie e procedure per:

- conoscere il fondo ambientale dell'area dovuto a sorgenti non legate al cantiere
- conoscere l'effetto di variazione sul fondo ambientale dovuto a sorgenti e cause legate al cantiere
- quantificare l'effetto di miglioramento delle azioni intraprese per prevenire o contenere le emissioni dovute a sorgenti e cause legate al cantiere
- ispezionare anche visivamente l'occorrenza di emissioni dovute a sorgenti e cause legate al cantiere

Tipologia di strumentazione utilizzabile per la misurazione di emissioni di polveri			
tipologia	particolato	costo	commenti
deposimetri	Nessun limite	basso	Robusti ma poco sensibili, basse prestazioni in caso di forti velocità del vento
deposimetri direzionali	> 10 µm	basso	Aperture verticali direzionate secondo i 4 punti cardinali
campionatori ad alto volume	0,1 ÷ 50 µm	medio	Possono essere poco accurati se la velocità di aspirazione non si armonizza con quella del vento
campionatori PM10	> 10 µm	medio	campionatori ad alto volume con preselettore all'ingresso
campionatori di aerosol	0,1 ÷ 10 µm	medio	Analizzatori in continuo operanti secondo il principio del light – scattering nell'infrarosso
nefelometri	0,1 ÷ 10 µm	alto	Analizzatori in continuo operanti secondo il principio del light – scattering nel visibile
microbilance ad elevata sensibilità	1 ÷ 100 µm	alto	Analizzatori real time in continuo della massa di campione filtrato su membrana con testimone del campione su filtro per successive analisi
Impattatori multi stadio	0 ÷ 10 µm 0 ÷ 20 µm	medio alto	Servono (in combinazione con una pompa aspirante) per suddividere una certa nube di polvere emessa nelle sue frazioni granulometriche
Fonte: State of Queensland (Department of Environment and Resource Management) – Air Pollution Control Guideline - www.derm.qld.gov.au/register/p01206ah.pdf			

Tabella 2.2

2.2.2 Approcci primari - monitoraggio delle condizioni climatiche

Il sistema di monitoraggio delle emissioni deve essere armonizzato con un sistema di controllo delle condizioni climatiche: anticipare gli eventi di forte vento e con direzione sfavorevole alla dispersione di polvere consente l'intervento di misure quali la bagnatura delle piste e dei piazzali consentendo di risparmiare acqua.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.3 Approcci primari - monitoraggio delle misure di prevenzione e contenimento delle emissioni

Si tratta di dotarsi di tecnologie e procedure per verificare con regolarità la disponibilità delle condizioni delle misure preventive che devono intervenire in caso di occorrenza

2.2.4 Approcci primari - programmazione delle attività lavorative il più possibile durante eventi di moderata velocità del vento

Per prevenire la dispersione di polvere occorrente durante attività lavorative quali per esempio:

- fasi di carico e scarico eseguite in siti di stoccaggio all'aperto,
- trasporto lungo piste e piazzali non asfaltati u

una procedura prevede la sospensione delle attività durante eventi di elevate velocità del vento.

Analogamente, per la gestione delle emissioni da piste e piazzali non asfaltati, la sospensione delle attività di trasporto o l'intervento di misure di bagnatura e/o irrorazione di agenti chimici per la soppressione delle polveri può essere armonizzata con la rilevazione e la previsione delle condizioni climatiche ed in particolare degli eventi di forte intensità del vento.

Ciò dipende dalla situazione locale e dalla direzione del vento.

In Olanda le procedure prevedono l'interruzione del trasporto di materiali, considerando la classe di dispersività dei materiali in funzione della velocità del vento secondo quanto riportato:

- classi S1 e S2 – interruzione in caso di vento di forza 4 (brezza moderata) 8 m/s
- classe S3 – interruzione in caso di vento di forza 6 (forte brezza) 14 m/s
- classe S4 e S5 – interruzione in caso di vento di forza 8 (burrasca moderata) 20 m/s.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 Piste e piazzali interessati dal transito di mezzi gommati

Nel presente capitolo vengono presentate soluzioni per la gestione polvere adottate in diversi contesti e testate mediante misurazioni effettuate per verificarne il livello di efficacia. Spesso le misurazioni hanno riguardato granulometrie aerodinamiche differenti dal PM₁₀ e dal PM_{2,5} ma che di esso costituiscono un buon indicatore. Per una maggior comprensione di cosa si intenda dal punto di vista dimensionale per polvere, particolato aerodisperso o materiale particellare aerodisperso o aerosol ed in particolare per PM₁₀ si veda quanto riportato nel capitolo 1.

3.1 Emissione di polveri da piste e piazzali interessati dal transito di mezzi gommati: descrizione del problema

Le cause che originano emissioni diffuse di polveri da parte di una pista o di un piazzale di cantiere sono sintetizzate in **figura 3.1** e descritte nei paragrafi successivi.

3.1.1 Piste e piazzali non pavimentati

- a. Presenza dell'agente materiale di pericolo:
 - presenza, nello strato superficiale di materiale costituente il piazzale o la pista non pavimentata, di materiale di dimensioni aerodispersibili (in genere si intende presenza di silt intendendo con ciò materiale di dimensioni inferiori ai 75 µm),
 - presenza, nello strato superficiale di materiale costituente il piazzale o la pista non pavimentata, di materiale soggetto a comminuzione vista la natura e la quantità delle attività di trasporto materiale o movimento mezzi che lo sollecitano,
 - dispersione, da parte di mezzi, di materiale che, comminuito a causa dell'urto e del passaggio di altri mezzi si modifica in forma disponibile all'aerodispersione (secondaria),
 - trasporto e deposizione, da parte del vento e della pioggia, di materiale dai terreni confinanti con la pista o con il piazzale. Il materiale viene poi aerodisperso o ricomminuito ed aerodisperso da parte delle cause di aerodispersione presenti;
- b. presenza di cause di aerodispersione:
 - passaggio di mezzi (numero, massa e velocità),
 - trasporto, erosione e trasporto, da parte di correnti d'aria e vento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.1.2 Piste e piazzali pavimentati

- a. Presenza dell'agente materiale di pericolo:
- dispersione, da parte di mezzi, di materiale che, comminuito a causa dell'urto e del passaggio di altri mezzi si modifica in forma disponibile all'aerodispersione (secondaria),
 - trasporto e deposizione, da parte del vento e della pioggia, di materiale dai terreni confinanti con la pista o con il piazzale. Il materiale viene poi aerodisperso o ricomminuito ed aerodisperso da parte delle cause di aerodispersione presenti;
- b. presenza di cause di aerodispersione:
- passaggio di mezzi (numero, massa e velocità),
 - trasporto, erosione e trasporto, da parte di correnti d'aria e vento.

3.1.3 Riassumendo: piste e piazzali pavimentati e non

Per emissioni fuggitive da piste e piazzali asfaltati e non si intendono le emissioni dovute:

- all'effetto dei mezzi di trasporto discontinui operanti nel sito ed operanti dal sito verso l'esterno e viceversa ed alla azione del vento interessante:
 1. i materiali costitutivi di piste e piazzali nonché dalle aree del cantiere costituite da terreno lasciato esposto dopo le fasi di sbancamento e rimozione dei terreni di copertura,
 2. i materiali trasportati sulle piste ed i piazzali a partire da aree di cantiere costituite da terreno lasciato esposto dopo le fasi di sbancamento e rimozione dei terreni di copertura,
 3. i materiali caduti sulle piste ed i piazzali durante le fasi di carico, trasporto e scarico.

L'entità del problema è variabile in funzione:

- della situazione geologica locale,
- dal livello di attività sul sito,
- dall'estensione della copertura vegetativa nel sito,
- dalla distribuzione granulometrico e dal contenuto di umidità del materiale costitutivo di piste e piazzali non pavimentati o del materiale perso su piste e piazzali pavimentati,
- dalla formazione di una crosta superficiale sul materiale costitutivo di piste e piazzali non pavimentati,
- dal regime idrogeologico, dall'umidità e dalla temperatura ambientale del sito (la composizione granulometrico aerodinamica di una emissione fuggitiva varia mentre la emissione si muove dalla sorgente in ragione dei fenomeni di sedimentazione gravitazionale delle particelle più

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011	

grossolane, in ragione della potenziale intercettazione di quotaparte della emissione da parte della vegetazione e dalla occorrenza di precipitazioni),

- dalle modalità organizzative e logistiche delle attività sul sito.

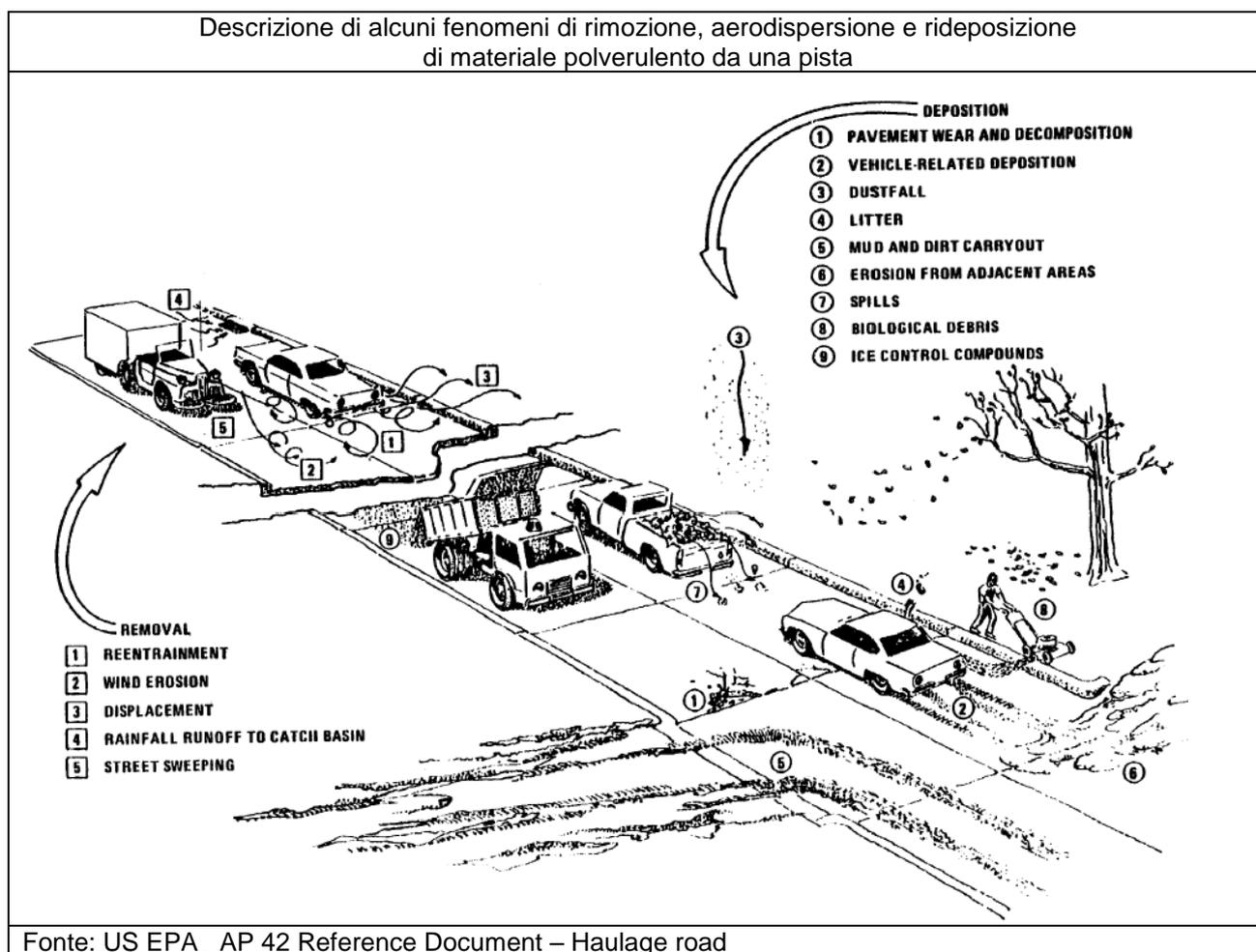


Figura 3.1

3.1.4 Piste, vie di carreggio e piazzali in sotterraneo

Il problema della dispersione ed emissione di polveri dovuto alla aero dispersione del materiale costitutivo di piste e piazzali in sotterraneo deve considerare i seguenti punti:

- le vie di carreggio non asfaltate interne a gallerie, siti in sotterraneo, miniere sono, durante le fasi di scavo mediamente costituite da materiale bagnato dall'acqua presente in galleria o utilizzata per le lavorazioni,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- quando asciutte, o quando pavimentate per via di un ciclo lavorativo che provvede a realizzare le solette subito dopo l'avanzamento sono più facilmente gestibili,
- in caso di ventilazione premente il particolato aerodisperso avente diametro aerodinamico tale da non sedimentare in galleria viene emesso dal portale con scarse possibilità di controllo (in galleria sia sul piazzale sia nel cavo, per la contemporaneità di lavorazioni presenti, situazione tipica della cantieristica e delle mineraria in sotterraneo, è molto difficile discriminare, per mezzo di misurazioni (se non condotte con attrezzature real time) l'entità del contributo da parte di una sorgente piuttosto che di un'altra),
- in caso di ventilazione premente occorre porre attenzione a dove viene ubicato il punto di presa dell'aria pulita fuori dalla galleria: in caso sia a ridosso dell'imbocco, la polvere dispersa dai mezzi operanti sulle piste di accesso e sul piazzale, se sterrato, viene trasportata, in assenza di dispositivi di filtrazione, direttamente al fronte di scavo. In presenza di dispositivi di filtrazione è un carico aggiuntivo che, dal punto di vista della progettazione dell'impianto di ventilazione, deve essere preso in considerazione.

In definitiva in sotterraneo valgono le considerazioni di seguito esposte per quanto riguarda la gestione di piste e piazzali considerando che:

- in galleria pavimentare le piste significa programmare le lavorazioni in modo da eseguire il gettito delle solette ed il rivestimento definitivo delle pareti con un minimo franco temporale rispetto allo scavo del fronte ed ai rivestimenti preliminari. Ciò significa, se l'opera ed il contesto lo consentono, anche cambiare tecnica di scavo: con TBM la posa dei conci, quindi il rivestimento definitivo di pareti e piste ha uno scarto temporale decisamente minore rispetto ai metodi di scavo più tradizionali,
- i rivestimenti definitivi consentono una gestione del problema polveri, dal punto di vista della loro pulizia, decisamente più facile;
- le emissioni di polvere sia in sotterraneo sia all'imbocco da piste e piazzali non asfaltati comportano prima ancora che un problema di emissioni verso potenziali ricettori un problema di esacerbamento, difficilmente avvertibile e misurabile, delle esposizioni dei lavoratori al fronte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.2 Soluzioni di mitigazione applicabili a piste e piazzali interessate dal transito di mezzi gommati ordinate per tipologia di approccio

In **tabella 3.1** sono elencate e suddivise per tipologia di approccio, le soluzioni di mitigazione delle emissioni di polveri fuggitive applicabili a piste e piazzali interessate dal transito di mezzi gommati.

Elenco e classificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili al controllo delle emissioni di polveri da piste e piazzali e dal trasporto su di materiali su di esse mediante mezzi gommati	
Classificazione	Soluzione
<i>approcci pre primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo soluzioni comuni a tutte le attività: vedi Capitolo 2
<i>Approcci primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo soluzioni comuni a tutte le attività: vedi Capitolo 2 ▪ riduzione delle distanze di trasporto: lay out tale da contenere il più possibile le distanze di trasporto su piazzale ▪ gestione delle velocità di trasporto mediante veicoli ▪ modifica delle modalità di trasporto preferire sistemi di trasporto continuo (nastri trasportatori) a sistemi di trasporto discontinui (camion) ▪ strade con superfici dure: le vie di percorrimto interessate da mezzi di trasporto discontinui devono essere dure, in calcestruzzo o asfalto, per essere pulite facilmente (non è giustificato in caso di utilizzo di mezzi molto pesanti o di vie di percorrimto temporanee) ▪ riduzione delle aree soggette ad impatto del vento ▪ telai dei veicoli con parti arrotondate
<i>Approcci secondari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ tecniche di bagnatura, nebulizzazione di acqua e acqua/additivi per i materiali costituenti piste o piazzali non asfaltati che sopportano bagnatura, (non applicare questa soluzione se c'è il rischio di gelo o di produrre superfici scivolose) ▪ dotare i mezzi pesanti di deflettori idraulici/meccanici ▪ pulire con regolarità le vie di percorrimto attrezzate con superfici dure ▪ pulizia dei copertoni dei mezzi gommati

Tabella 3.1

3.3 Soluzioni di mitigazione per piste e piazzali classificabili come approcci pre primari

Utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività presentate nel Capitolo 2. In particolare

Classificazione	Soluzione
<i>Approcci pre primari</i>	conoscere la tendenza alla aerodispersione di materiali lavorati

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.4 Soluzioni di mitigazione per piste e piazzali classificabili come approcci primari

3.4.1 Approcci primari - utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2:

<i>Approcci primari</i>	monitoraggio delle emissioni di polveri monitoraggio delle condizioni climatiche monitoraggio delle misure di prevenzione e contenimento delle emissioni programmazione delle attività lavorative il più possibile durante eventi di moderata velocità del vento
-------------------------	--

3.4.2 Approcci primari - riduzione delle distanze di trasporto – lay out tale da contenere il più possibile le distanze di trasporto su piazzale

Significa innanzi tutto minimizzare il numero dei movimenti di traffico verso e dal cantiere / sito di trattamento e stoccaggio / sito di stoccaggio utilizzando mezzi a grande capacità

Il lay out di un sito le cui lavorazioni riguardano sostanze polverose deve rendere le distanze di trasporto il più corte possibile per minimizzare il numero dei movimenti di traffico sul sito.

Il discorso vale anche se si trasportano materiali non particolarmente disperdibili a causa della loro umidità: questi materiali possono cadere dai sistemi di trasporto e successivamente disperdersi.

3.4.3 Approcci primari - gestione delle velocità dei mezzi gommati

Serve a ridurre l'ammontare di polvere che viene sollevata dai veicoli che dovrebbero transitare a passo d'uomo.

In questo senso occorre:

- formazione;
- informazione capillare sui limiti di velocità lungo le vie di transito;
- vie di accesso, di uscita e percorsi all'interno del cantiere strettamente obbligati (mediante installazione di new jersey) e controllati;
- installare di dossi lungo i percorsi stabiliti e segnalati.

E' più facile implementarla con il personale del sito di stoccaggio rispetto ai terzisti. Può essere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

applicata ovunque.

Le efficienze sulla riduzione della dispersione di polveri ovviamente dovrebbero essere testate al netto della diversità di composizione del materiale costituente la pista o il piazzale.

In termini generali si possono citare:

- un 40 – 70% di efficienza nella riduzione della polverosità con una riduzione della velocità da 75 km/h a 50 km/h
- un 50-85% di efficienza nella riduzione della polverosità con una riduzione della velocità da 64 km/h a 30 km/h

Velocità di progetto consigliata per la massima riduzione del problema: < 25 km/h, ovviamente più si scende meglio è.

3.4.4 Approcci primari - preferire sistemi di trasporto continuo (nastri trasportatori) a sistemi di trasporto discontinui (camion)

Il trasporto discontinuo, rispetto al continuo:

- ovviamente disperde molta più polvere sia in relazione al transito su piste o piazzali sterrati sia su piste e piazzali asfaltati sporchi
- aumenta il rischio di dispersione di materiale che può essere poi comminuito e disperso

In particolare il trasporto continuo mediante nastri trasportatori riduce entrambi i problemi giacchè i nastri possono essere coperti mentre le misure di gestione delle emissioni per camion e pale (discontinui) sono meno efficaci.

3.4.5 Approcci primari - materiale costitutivo di piste e piazzali

L'utilizzo di materie duro, non friabile dovrebbe essere considerato come la metodologia primaria per ridurre la generazione di polvere dalla vie e dai piazzali di carreggio sterrati.

Per le vie di carreggio ed i piazzali non temporanei l'asfaltatura significa:

- una riduzione dei fenomeni di dispersione della polvere del 90% rispetto ad una via ed un piazzale di carreggio non asfaltata;
- rendere più semplici le operazioni di pulizia.

E' utile costruire delimitazioni delle piste e dei piazzali asfaltati (per esempio con new jersey) che impediscano il passaggio di mezzi non controllato da zone non asfaltate a zone asfaltate e viceversa.

In caso di piste e piazzali sterrati le pratiche di buona costruzione e manutenzione sono

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

fondamentali per creare superfici resistenti all'erosione. Ciò significa in particolare utilizzare materiale ben graduato dal punto di vista della presenza di fini in modo da.

- assicurare un buon drenaggio e resistere ad eccessive intrusioni di acqua
- ottenere la massima massa volumica e il minimo contenuto di vuoti per ottimizzare la ritenzione di umidità

Il materiale dovrebbe essere sufficientemente coesivo per resistere alla azione abrasiva del traffico con un Limite di Liquidità non maggiore di 35 ed un Indice di Plasticità compreso tra 4 e 9.

Una buona gradazione del materiale significa:

- una buona miscela di particelle grossolane e fini che minimizzi la percentuale di vuoti e massimizzi la massa volumica
- una scelta delle tipologia di minerali, dalla loro forma e dimensioni che aumenti la resistenza della superficie
- una percentuale di ghiaia che limiti la presenza di particelle inferiori ai 75 µm tra il 10 ed il 20%
- l'utilizzo di geotessili per aumentare la resistenza in fase di costruzione
- la ghiaia o roccia frantumata di qualsiasi dimensione superiore ai 2 mm se applicata in sufficienti quantità consente un buon controllo della polvere dispersa per azione del vento
- in particolare, per un buon controllo della erosione da parte del vento è stata riscontrata essere efficace l'applicazione rispettivamente di: 4 kg/m² di ghiaia fine (2-4 mm), 11 kg/m² di ghiaia media (4-16 mm) , 22 kg/m² (di ghiaia grossolana (16 – 64 mm)

3.4.6 Approcci primari - riduzione/gestione delle aree soggette ad impatto del vento

Le aree sterrate del sito non soggette al traffico dei mezzi devono essere ridotte al minimo per contenere i fenomeni erosivi e dispersivi da parte del vento.

Le aree soggette a scapitozzatura o rimozione della vegetazione dovrebbero essere solo quelle strettamente necessarie alle attività di cantiere.

Una volta preparate l'accesso a queste aree deve essere proibito se non per ragioni strettamente legate alla attività di cantiere: non utilizzarle come parcheggi liberi o come piazzali di manovra liberi.

In particolare deve essere evitato il passaggio di mezzi investito da queste aree alle aree di cantiere sterrate e con ancor più severità alle aree di cantiere pavimentate.

Per le aree sterrate non utilizzate e non ulteriormente riducibili le misure possibili per contenere i

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

fenomeni erosivi sono:

- **Misure temporanee**

1. Copertura vegetale:

La semina e la pacciamatura temporanea, per inerbire o favorire la crescita di specie vegetali su queste aree possono essere applicate per coprire tratti di suolo messo a nudo per prevenire l'erosione eolica. Il suolo deve essere tenuto umido per garantire lo stabilizzarsi della copertura. Può essere utile in questi casi ricoprire queste aree con concimi naturali organici o con cippati o fogliame ricavato da quello tolto dalle aree in cui si sono preparati i siti di cantiere o di cava

2. Aratura

E' una tecnica per irruvidire il terreno portando in superficie zolle argillose. E' da effettuarsi prima che l'erosione eolica si instauri. Deve iniziare dal lato sopravvento usando un aratro dissodatore (utensili a cesello), un aratro primaverile (utensili a zanna) o un erpice con spaziatura di 30 cm.

3. Installazione di barriere per ridurre la velocità del vento

Comprendono:

- cancellate di legno
- barriere antineve
- cancellate in iuta
- muri di cassette
- muri di balle di fieno

In genere tutti i rimedi per gestire le correnti d'aria sul suolo erodibile. Le barriere ubicate ad angolazione corretta rispetto alla direzione dei venti dominanti e spaziate a distanze pari a 15 volte l'altezza della barriera stessa possono essere veramente efficaci per il controllo dell'erosione eolica.

L'altezza delle cancellate o delle barriere antivento dovrebbe essere di almeno 1-1,5 m con porosità inferiore al 50% in caso di combinazioni con reti antivento, tutte ubicate in particolare in prossimità del confine del cantiere con strade pubbliche

4. Irrigazione (bagnatura con acqua) – utilizzo di inibitori chimici: additivi a base di sale e utilizzo di adesivi spray

Queste tecniche verranno approfondite al paragrafo 3.4.1

- **Misure permanenti**

1. Vegetazione Permanente

La semina e la pacciamatura temporanea dovrebbero essere effettuate per stabilizzare in modo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

permanente le aree di terreno esposte alla erosione eolica. E' raccomandabile lasciare sul posto gli alberi e gli arbusti presenti durante la fase di preparazione del terreno.

Le vie ed i piazzali di carreggio sterrati, se possibile, dovrebbero essere ubicati sul lato sottovento di zone collinose o con presenza di dune.

2. Sopra suolatura

Si applica quando in un sito non è possibile impiantare specie vegetali permanenti. La sopra suolatura è un processo per cui la parte di suolo meno erodibile viene sistemata sopra la parte di suolo molto erodibile.

3. Ghiaia

Per le aree in cui la piantumazione o l'inerbimento, il ricoprimento con cippati, l'asfaltatura sono impraticabili occorre utilizzare ghiaia o rocce frantumate deriventi dalle operazioni di scapitozzatura.

3.4.7 **Approcci primari - caratteristiche dei mezzi in relazione al materiale trasportato**

- Mezzi a carrozzeria con moduli arrotondati

E' un modo per impedire l'accumulo di materiale che però è applicabile solo in caso di mezzi di proprietà. In caso di affidamento del trasporto a terzi è impraticabile.

- Equipaggiamento di camion con paratie idrauliche/meccaniche

Si tratta semplicemente di coperture del cassone dei camion che trasportano materiali polverulenti o di utilizzare camion tramoggia: l'obiettivo in questo caso è non disperdere materiale.

- Protezione del carico

Disponibilità di teloni per coprire il carico in caso di assenza di paratie di chiusura.

Disponibilità di stazioni di nebulizzazione d'acqua per la bagnatura del materiale trasportato

NB: in questo caso gli ugelli utilizzati devono erogare una nebbia di goccioline di acqua di dimensioni tali da essere uniformemente disperse sul carico, bagnarne la superficie ed i primi strati: l'obiettivo non è catturare la polvere aerodispersa ma bagnare la polvere presente sul materiale ed il materiale stesso per evitare dispersioni di materiale durante il trasporto o, in caso di occorrenza di esse, disperdere materiale comunque bagnato.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.5 Soluzioni di mitigazione per piste e piazzali classificabili come approcci secondari

3.5.1 Approcci secondari - tecniche di bagnatura preventiva e di abbattimento polveri mediante irrorazione o nebulizzazione di acqua ed additivi

Per un maggior approfondimento sugli obiettivi e sulle tecnologie associate a questa soluzione si veda anche quanto riportato in Appendice 1. Va inoltre ribadito che, quanto descritto nel presente capoverso, vale, con le ovvie distinzioni quando si parla di “materiale costituente una pista od un piazzale”, anche per il controllo della polvere emessa da un sistema di stoccaggio materiale in cumuli.

La bagnatura viene annoverata tra gli approcci secondari, ovvero funzionali all'abbattimento della polvere già formatasi ma in realtà si pone a metà strada tra gli approcci primari e secondari. Di fatto, sia quando si tratta di irrorazione di acqua sia quando si tratta di nebulizzazione di acqua, agisce su polvere già formatasi. La differenza sostanziale, approfondita meglio in appendice 1, è che la bagnatura dei materiali serve in generale sia a ridurre la generazione di polvere in fasi di sollecitazione successive, ma soprattutto a inumidire la polvere già formatasi ma non ancora aerodispersa e ferma sulla superficie del materiale. Le tecniche di nebulizzazione di acqua, quando non hanno come obiettivo una irrorazione di acqua più uniforme ed economica (si risparmia acqua), generalmente servono a creare uno spray di goccioline di dimensioni tali da poter abbattere le particelle di polvere aerodisperse.

Le tecniche di bagnatura di piste e piazzali sono solitamente usate in termini preventivi ovvero come approccio primario e servono a disperdere uniformemente acqua o acqua ed additivi aventi lo scopo di:

- rendere più duro e resistente il materiale superficiale (meno frantumabile),
- mantenere umido il materiale superficiale (assorbendo umidità dall'aria)
- agglomerare tra loro le particelle aerodisperdibili costituenti il materiale superficiale (additivi leganti).

La nebulizzazione viene pertanto utilizzata in questo caso tendenzialmente per riuscire a disperdere acqua ed additivi su un tratto di pista nel modo più uniforme possibile (risparmiando acqua ed additivi) e nel minore tempo possibile.

In alcune applicazioni e contesti può essere utilizzata anche per abbattere le dispersioni fuggitive derivanti da un piazzale o da un tratto di pista molto limitati come dimensione (a rigore per il

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

controllo della polvere aerodispersa da una sorgente areale o lineare ma che per dimensioni è quasi puntuale).

A. Irrigazione o irrorazione con acqua

E' considerato un trattamento di emergenza.

Il terreno viene bagnato con acqua (irrorata o nebulizzata) finchè la superficie non è umida ed il trattamento viene ripetuto quando è necessario.

Nei cantieri, se si utilizza questa tecnica, è necessario predisporre un tratto di pavimentazione in ghiaia grossolana o comunque di agglomerati che garantiscano un buon tutte le volte che si passa da un tratto di pista o piazzale sterrato soggetto a bagnatura ad un tratto di pista o piazzale non sterrato (specie se questo è una strada pubblica).

Può essere condotta:

1. mediante installazioni fisse:

- stazioni di irrigazione/irrorazione con lance brandeggiabili
- sistemi di condotte e irroratori (sprinkler – **figura 3.2**) ubicati a bordo pista ed attivabili prima del passaggio di mezzi

2. mediante installazioni mobili (serbatoi, autobotti e lance mobili).

In questo secondo caso è importante:

- che le stazioni di rifornimento dei serbatoi siano localizzate in posizioni tali da ridurre i movimenti dei mezzi di irrorazione;
- che le stazioni di rifornimento siano attrezzate in modo da ridurre il più possibile i tempi di rifornimento.

E' una tecnica applicabile:

- a siti dove l'acqua è disponibile
- a piste e piazzali costituiti da materiali bagnabili diversamente è necessario additivare all'acqua additivi che aumentano la bagnabilità del materiale ma che al contempo non abbassino troppo la tensione superficiale dell'acqua per contenerne l'evaporazione

Le efficienze medie: dipendono molto, come peraltro le quantità da erogare, dalla temperatura e dall'umidità locali:

- in genere hanno una efficienza del 50% su un periodo che varia tra mezz'ora e le 12 ore (in **figura 3.3** è rappresentato, test NIOSH, il trend di crescita della concentrazione di polveri

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011	

respirabili su un tratto di strada sterrato - vedi Appendice 1 per un maggior approfondimento - in funzione del tempo trascorso dalla bagnatura),

- l'irrigazione oraria: 40% di riduzione della dispersione di polvere
- l'irrigazione semi oraria: 55% di riduzione della dispersione di polvere

Le quantità di acqua utilizzate sono funzione del clima tuttavia, in generale, considerando la massa della porzione di terreno da bagnare, l'irrigazione non:

- dovrebbe aggiungere più dello 0,5% in massa di acqua al materiale ovvero circa (1 litro per tonnellata di materiale), si arriva al massimo al 4-5% ed in genere un valore consigliato spesso riscontrato si attesta all'1%..
- attestarsi su un consumo medio di 2,26 l/m²

I test dello US EPA sulla dispersione di Polveri Sospese Totali (di cui il PM10 costituisce un sotto insieme) parlano di

- 2,1 l/m² di strada → 74% di efficienza sulle PTS per le 3-4 ore successive
- 0,5 l/m² di strada → 95% di efficienza sulle PTS per la ½ ora successiva

Tipologia di ugelli sprinkler utilizzati tipicamente per l'irrigazione di acqua per la bagnatura di piste sterrate

Irrigation: High Volume Sprinkler Comparison Table

1. The display order is based on largest nozzle included in the specification tables although some sprinklers can fit a larger range of nozzles.
2. Radius, pressure and volume figures are as per specification tables. Sprinklers may be able to operate at higher pressures, and hence larger radius and volume.
3. Prices displayed are Australian List Prices (inc GST). Actual Wet Earth prices may be lower, and further discounts are available for orders of more than 5 sprinklers.

Fixed Angle Sprinklers

Sprinkler	List Price Inlet Size and Type	Angle	Nozzle Range	Radius (m)	Pressure (psi)	Volume (l/min)
Sime River	\$649.00 1.5"BSP	28°	10mm-18mm	19-37	29-85	88-496
Nelson SR75	\$1,610.00 1.5"BSP, 2"BSP, 2.5"BSP or flange	12°, 18°, 21°, 24°, 27°, 43°	10mm-20mm	22-42	25-80	110-618
Sime Skipper	\$605.00 1.5"BSP	22°, 25°, 28°	10mm-24mm	20-44	29-85	120-922
Komet Twin 101 PC	\$2,394.00 2"BSP or flange	24°	12mm-24mm	28-54	29-94	160-940
Komet Twin AP 101	\$2,588.00 2"BSP or flange	44°	14mm-26mm	30-54	43-116	216-1225
Nelson SR100	\$2,331.00 2"BSP, 2.5"BSP or flange	18°, 21°, 24°, 43°	13mm-25mm	30-58	43-114	180-1170
Komet Twin 140 PC	\$2,930.00 flange (2"BSP with adaptor)	24°	16mm-30mm	28-63	29-102	231-1524
Komet Twin AP 140	\$3,165.00 flange (2"BSP with adaptor)	44°	18mm-32mm	35-63	43-116	360-1855
Nelson SR150	\$3,536.00 3"BSP, 4"BSP or flange	21°, 24°, 43°	18mm-33mm	38-72	50-128	383-2100
Sime Mariner	\$1,496.00 2.5"BSP	22°, 25°, 28°	18mm-34mm	27-67	29-115	318-2162
Komet Twin 160 PC	\$3,345.00 flange (2"BSP with adaptor)	24°	20mm-35mm	37-68	44-102	434-2032
Komet Twin 202 PC	\$3,716.00 flange (2"BSP with adaptor)	24°	20mm-40mm	37-71	44-102	434-2654
Nelson SR200	\$6,501.00 3.5"BSP, 4"BSP or flange	21°, 24°, 27°	26mm-48mm	52-94	56-128	900-4560

Variable Angle Sprinklers

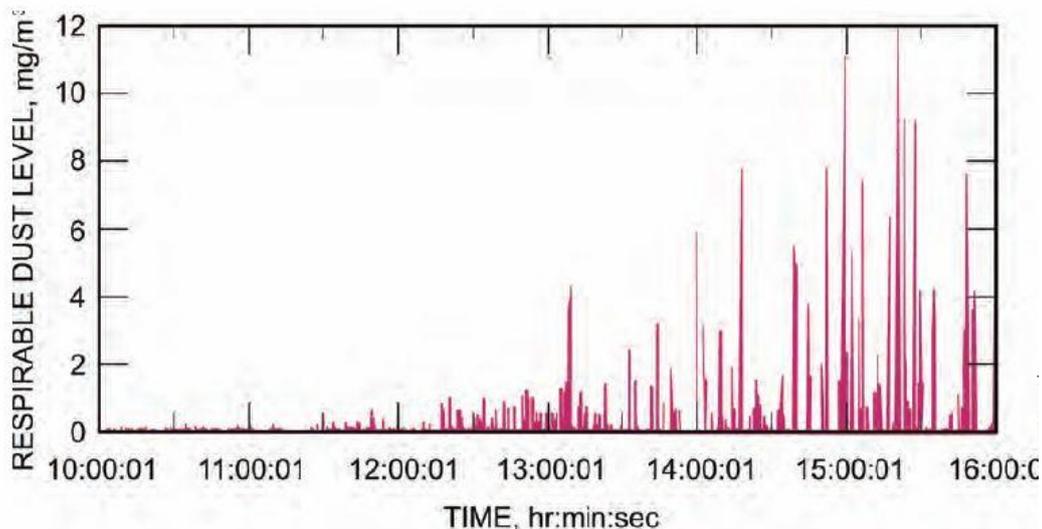
Sprinkler	List Price Inlet Size and Type	Angle	Nozzle Range	Radius (m)	Pressure (psi)	Volume (l/min)
Komet Twin 101 VA	\$3,064.00 2"BSP or flange	10°-28°	12mm-24mm	28-54	29-94	160-940
Komet Twin 140 VA	\$3,557.00 flange (2"BSP with adaptor)	10°-28°	16mm-30mm	28-63	29-102	231-1524
Nelson SRA150	\$4,430.00 3"BSP or flange	15°-43°	18mm-33mm	38-72	50-128	383-2100
Sime Mariner VA	\$2,167.00 2.5"BSP	any 10° range (eg 35°-45°)	18mm-34mm	27-67	29-115	318-2162
Komet Twin 160 VA	\$4,426.00 flange (2"BSP with adaptor)	10°-28°	20mm-35mm	37-68	44-102	434-2032
Komet Twin 202 VA	\$4,675.00 flange (2"BSP with adaptor)	10°-28°	20mm-40mm	37-71	44-102	434-2654

Fonte: <http://www.wetearth.com.au/High-Volume-Sprinklers>

Figura 3.2

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Risultati di un test circa l'innalzamento dei livelli di concentrazione di polvere respirabile su un tratto di strada non asfaltata oggetto di passaggio di veicoli gommati dopo trattamento di irrorazione di acqua



Fonte: DHH – CDC – NIOSH – IC 9521– 2010 “Handbook for dust control in metal/non-metal mining”

Figura 3.3

B. Inibitori chimici e materiale costituente

Gli additivi chimici sono applicabili con modalità dipendenti dalla tipologia di materiale costituente la pista o il piazzale:

- per piste e piazzali con ghiaia a basso contenuto di fini: solo la bagnatura frequente è efficace perché l'uso di inibitori chimici non compatterebbe la superficie (a causa della bassa percentuale delle diverse frazioni presente) né formerebbe una nuova superficie. Gli inibitori idrosolubili sarebbero trascinati via,
- nelle piste e nei piazzali costituiti da suoli sabbiosi i bitumi, che non sono idrosolubili, sono gli inibitori chimici più efficaci. Gli inibitori idrosolubili (sali, lignine, acrilici) sarebbero drenati dalla superficie esterna della strada. In ogni caso in sabbie sciolte medie (0,2-0,5 mm) e fini (0,1-0,2 mm) i bitumi non sono in grado di creare nuove superfici e mantenerle,
- nelle piste e nei piazzali costituiti da materiale con buona percentuale di tutte le frazioni granulometriche vanno bene tutte le tipologie di inibitori chimici
- sulle piste e su i piazzali con contenuto in silt è troppo alto (maggiore del 20-25% come derivante da un campionamento a cucchiaia e non mediante aspirazione o pulizia) non c'è inibitore chimico che funzioni: la strada deve essere ricostruita. Nelle situazioni ad alto contenuto in silt l'inibitore chimico può rendere la strada scivolosa, non compattare la

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

superficie p mantenere una nuova superficie creatasi a causa della bassa capacità legante. Unica soluzione: bagnatura frequente. Se c'è incertezza sulla composizione della superficie stradale: testare i prodotti su un tratto di 1,5 – 3 km.

C. Utilizzo di additivi a base di Sali e brine

I più conosciuti sono il cloruro di calcio ed il cloruro di magnesio entrambi composti igroscopici disponibili in fiocchi o in pastiglie. Entrambi assorbono umidità dall'aria e limitano l'evaporazione di acqua dal terreno. Il cloruro di calcio è applicabile anche in soluzione ed è utilizzabile anche per la pulizia di strade pavimentate se applicato durante la fase di pulizia.

In genere Iniziano ad assorbire umidità dall'aria a partire da certi valori di umidità relativa data una certa temperatura (20% di UR per il cloruro di calcio a 38°C mentre il cloruro di magnesio è attivo a partire dal 32% di UR indipendentemente dalla T)

Le efficienze medie si attestano:

- per il cloruro di calcio 40-60 % fino all'80% di riduzione della dispersione di polvere entro due settimana dall'applicazione, poi decresce nel tempo fino a 20% alla quinta settimana dalla applicazione. In media ha un efficienza sulla ritenzione degli aggregati del 55% nelle applicazioni standard
- per il cloruro di magnesio si parla di 77% di efficienza sulla ritenzione di aggregati nelle applicazioni standard

Le quantità di prodotti e le frequenze di applicazione si attestano:

- per il cloruro di calcio 1-2 applicazioni anno con 0,5 – 1,0 kg/m² (Sali secchi) e con 0,9 – 2,3 l/m² (in soluzione)
- per il cloruro di magnesio si parla di 1-2 applicazioni anno a con 0,9 – 2,3 l/m² (in soluzione)

D. Utilizzo di sostanze adesive filmanti

Dovrebbero essere usati come estrema ratio. Formano una superficie completamente impenetrabile. Qualche indicazioni su quantità di prodotto da applicare e frequenza di applicazione è fornita in Appendice A1 – Tabella A1_3

E. Nebulizzazione di acqua o acqua ed additivi

L'utilizzo di nebulizzatori piuttosto che irroratori per la bagnatura di piste e piazzali quindi l'erogazione di acqua ed additivi in nebbia o in spray ben direzionato serve essenzialmente per rendere più rapido ed uniforme il trattamento di una certa porzione di pista. Meno diffusamente può essere utilizzato per l'abbattimento della polvere aero dispersa su un tratto di pista o di piazzale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

non asfaltato o anche asfaltato posto in prossimità di ricettori. Per esempio:

- in un tratto di piazzale asfaltato o non prospiciente l'imbocco di una galleria dove, per via del passaggio di mezzi gommati in entrata viene risolleata della polvere che potrebbe essere catturata dall'impianto di ventilazione premente
- in un tratto di piazzale non asfaltato prossimo ad un ricettore con obiettivi anche di lavaggio pneumatici.

Tuttavia in Appendice 1 sono segnalate tecnologie quali i cannoni nebulizzatori che possono essere applicati, entro contenute dimensioni di un tratto di pista o di un piazzale, anche per scopi di abbattimento delle emissioni di polvere fugitive.

- In Appendice 1 vengono descritte le principali tecnologie utilizzabili per lo scopo.

3.5.2 Approcci secondari - pulizia delle piste e dei piazzali asfaltati

L'obiettivo è quello di

- a. evitare il risolleamento di materiale polverulento:
 - perduto dai sistemi di trasporto
 - trasportato a causa del dilavamento delle piogge
 - trasportato per erosione, trasporto e sedimentazione da parte del vento a partire da aree di terreno scoperto adiacenti alla strada
- b. evitare che materiale non polverulento perduto dai mezzi di trasporto o in minor misura proveniente da aree di terreno scoperto limitrofe venga comminuito per varie ragioni (dal passaggio dei mezzi di trasporto stessi per esempio) e reso polverulento e disponibile alla aerodispersione.

In caso di piste o piazzali in superfici dure (calcestruzzo o asfalto) sono disponibili diversi sistemi di pulizia tra cui i principali sono:

- spazzolatori: durata media 5 anni - efficienti in impianti industriali dove la polvere viene prodotta ogni giorno
- aspiratori: durata media 8 anni - utili in aree suscettibili a forte dilavamento perché sono più efficienti sulle frazioni fini
- pulitori in serie: operano prima una sollecitazione meccanica poi la rimozione mediante aspirazione
- pulitori ad aria rigenerata: soffiano aria sulle superfici contaminate ed immediatamente aspirano

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- a vortice: pulitore a secco assistito da sistemi in aspirazione: capace di rimuovere polvere e detriti fino a 2,5 µm. studi condotti dimostrano che è in grado di rimuovere il 99,6% di tutte le polveri sopra i 10 µm

Il costo di pulizia meccanizzata delle strade deve comprendere: la pulizia meccanizzata con pulitore meccanico assistito da sistema in aspirazione, la manutenzione, i salari e la raccolta e smaltimento delle polveri raccolte.

I sistemi, testati in Olanda (fonte bibliografica [1]) sono invece seguenti con frequenze di pulizia non dichiarate poiché sito-specifiche:

- camion per la pulizia ad umido con ugelli di bagnatura, spazzole rotanti ed ugello aspirante di 0,5 m: efficienza molto bassa solo il 12% di riduzione delle emissioni,
- camion per la pulizia a secco con spazzole rotanti ed ugello aspirante di 0,5 m: efficienza media, 38% di riduzione delle emissioni,
- camion per la pulizia a secco con spazzole rotanti ed sezione aspirante chiusa ed ad essi connessa con alta portata aspirante, ugello da 2,4 m e depolveratore: efficienza alta fino al 93% di riduzione delle emissioni
- camion per la pulizia ad umido senza spazzola rotanti con ugelli ad acqua in pressione a 120 bar e sistemi ad elevata portata aspirante da 2,4 m di diametro. Richiede il collettamento dell'acqua recuperata ad una unità di depurazione: efficienza molto alta fino al 98% di riduzione delle emissioni

3.5.3 Approcci secondari - pulizia dei pneumatici e della carrozzeria dei mezzi gommati utilizzati per il trasporto di materiale o comunque presenti in cantiere e transitanti su strade e piazzali asfaltati interni sulla viabilità esterna al cantiere

Per prevenire che i veicoli a motori raccolgano e trasportino polvere, con i loro copertoni, esistono diverse tecniche possibili di pulizia degli stessi.

Le più semplici prevedono semplicemente una pozza in cui il veicolo è forzato a passare

Le più sofisticate combinano pozze ed irroratori di acqua pulita e superfici di scorrimento adatte a sollecitare i copertoni e consentire l'apertura delle tracce. Questi sistemi solitamente prevedono recupero dell'acqua sporca e depurazione della stessa. L'acqua è addotta mediante irroratori in pressione per limitare i consumi di acqua ed energia e viene erogata solo quando un veicolo si avvicina al sistema.

L'applicabilità di questi sistemi prevede la presenza di un percorso obbligato che imponga ai

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

veicoli il passaggio attraverso lo stadio di lavaggio.

La scelta tra il sistema semplice a pozza ed uno più sofisticato dipende;

- dal fatto che nel sito o sulle strade pubbliche venga segnalata in modo persistente la presenza di polvere fine trasportata dai mezzi;
- dall' avere a che fare con materiali molto appiccicosi;
- dal fatto che la polvere possa contenere sostanze pericolose;
- dalla prossimità con la viabilità pubblica e con zone abitate;
- dal numero di veicoli.

Analizzando le diverse tecniche e tecnologie possibili è possibile identificare 5 sistemi di lavaggio:

1. bacini a diluvio
2. canali in contro corrente
3. lavatori con irrorazione di acqua a bassa pressione
4. lavatori con irrorazione di acqua ad elevata pressione
5. lavatori di carrozzeria dei mezzi

1. Bacini a diluvio

Sono i più semplici come progetto e consistono (**figura 3.4**) in un bacino poco profondo lungo a sufficienza per consentire almeno un giro di pneumatici completo.

Nella parte iniziale è collocata una zona equipaggiata con una serie di dossi o griglie per sollecitare i copertoni ed allargarne le tracce.

Per migliorarne le performance deve essere installato un sistema per alimentare il bacino con acqua pulita ed evacuare l'acqua sporca dal bacino per raccoglierla e trattarla.

Lunghezze tipiche: 7 ÷ 18 m

Vantaggi:

- costi bassi,
- nessuna necessità di ugelli,
- operazione continua senza bisogno di automazioni,
- i camion non si bagnano.

Svantaggi:

- richiedono pulizia giornaliera
- non lavano i flap parafango e la parte sottostante del mezzo dove lo sporco può accumularsi
- richiedono ampie superfici: > 90 m².

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 3.4

2. Canali di lavaggio in controcorrente

Consistono in un tratto di strada (**figura 3.5**) dove sono ricavati due canali, uno per il copertone destro uno per quello sinistro, inclinati, poco profondi e lunghi.

L'acqua continua a fluire nel canale in controcorrente rispetto alla direzione del traffico. L'acqua sporca viene drenata ad un bacino di pompaggio dove viene raccolta per lo smaltimento od il trattamento.

I canali in controcorrente richiedono:

- lunghezze 30 ÷ 100 m
- superfici: 135 ÷ 410 m²
- una zona equipaggiata con una serie di dossi per sollecitare i copertoni ed aprirne i battistrada

Vantaggi:

- costi bassi,
- nessuna necessità di ugelli,
- operazione continua senza bisogno di automazioni,
- i camion non si bagnano.

Svantaggi:

- richiedono pulizia giornaliera,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- non lavano i flap parafango e la parte sottostante del mezzo dove lo sporco può accumularsi,
- richiedono ampie superfici: > 135 m².

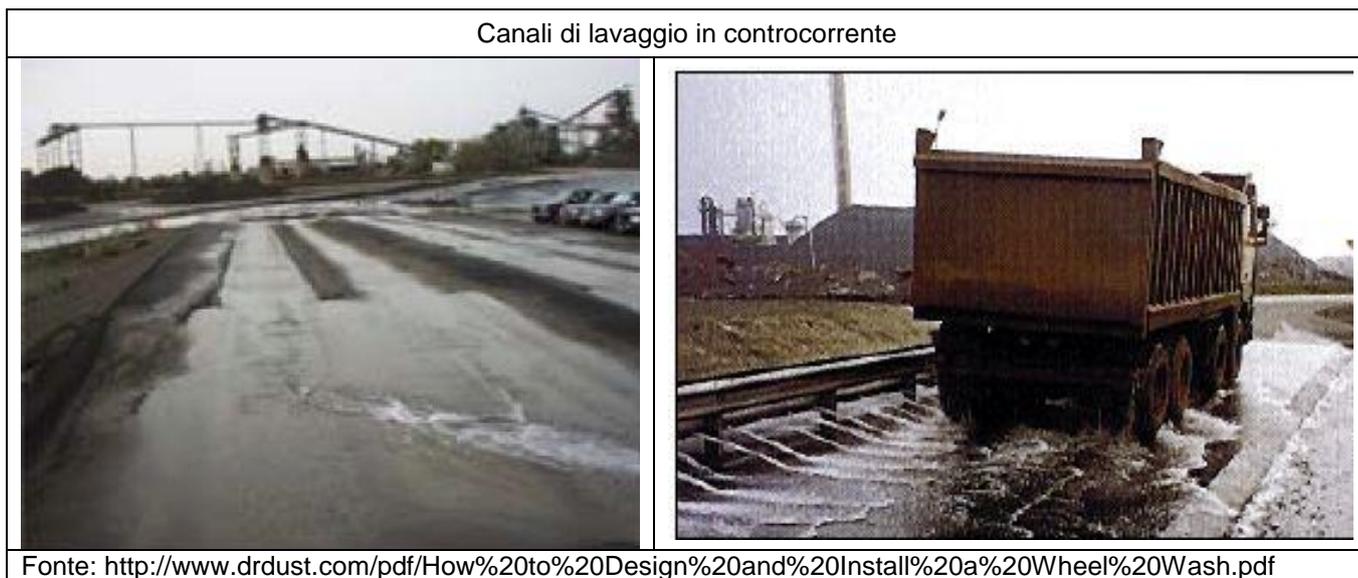


Figura 3.5

3. Lavatori inondanti a bassa pressione

Sono progettati per la pulizia dei copertoni, dei parafanghi e della parte sottostante del mezzo con utilizzo di grandi quantità di acqua erogata a bassa pressione (sotto i 150 = 10 bar).

Il consumo di acqua viaggia nell'ordine dei 4.000 ÷ 12.000 dm³/mezzo in funzione della dimensione del mezzo e della durata del ciclo di spray.

Sono sistemi (**figura 3.6**) attrezzati con pompe in grado di utilizzare acqua sporca e, in ragione del consumo di acqua elevato, attingono da grossi bacini di alimentazione.

Un lavatore ad inondazione a bassa pressione tipicamente utilizza sistemi spray localizzati lateralmente ed in basso e può essere combinato ad un tratto di pavimentazione attrezzato con grate a risalti per sollecitare i battistrada. Operano ad intermittenza usando uno o più sensori per verificare l'ingresso e l'uscita del mezzo dalla zona di lavaggio. Questa è localizzata al di sopra di un bacino di pescaggio che indirizza l'acqua sporca in un bacino di alimentazione dove viene raccolta e trattata.

Vantaggi:

- lava i pneumatici, i flap parafango e la parte sottostante del mezzo,
- richiedono piccole superfici: < 70 m² (escluso il bacino di alimentazione).

Svantaggi:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- grande consumi di acqua: > 4.000 dm³,
- gli ugelli possono intasarsi o usurarsi utilizzando acqua sporca,
- richiedono sensori e controlli per operazioni automatizzate,
- possono rimuovere olio lubrificante e grasso dalla parte sottostante del mezzo.



Figura 3.6

4. Lavatori inondanti ad alta pressione

Utilizzano acqua erogata a pressioni superiori ai 150 psi (10 bar) per aumentare l'efficacia della pulizia e ridurre il consumo di acqua.

Il consumo di acqua viaggia nell'ordine dei 150 ÷ 400 dm³/mezzo in funzione della velocità del mezzo attraverso la zona di lavaggio.

Sono progettati (**figura 3.7**) per la pulizia dei copertoni e dei flap parafango e solitamente non vengono utilizzati per pulire la parte sottostante il mezzo perché è stato constatato che l'utilizzo di sistemi spray orientati in modo da pulire questa parte inibisce la visibilità del conducente.

Una tipico sistema ad elevata pressione consiste:

- in una pompa capace di operare nel range: 600 ÷ 800 dm³/minuto
- in un serbatoio
- due o più collettori verticali ad ugelli spray sufficientemente separati da consentire almeno una giro completo di copertone

Richiedono acqua più pulita perché l'effetto abrasivo dei solidi sospesi in essa eventualmente presenti conduce rapidamente ad usura della pompa e fuori servizio degli ugelli,

Vantaggi:

- lava i pneumatici, i flap parafango e la parte sottostante del mezzo,
- richiedono piccole superfici: < 45 m²,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- basso consumo di acqua.

Svantaggi:

- gli ugelli possono intasarsi o usurarsi utilizzando acqua sporca,
- richiedono sensori e controlli per operazioni automatizzate.

Lavoratori inondanti ad alta pressione e lavatore di carrozzeria



Fonte: <http://www.drdust.com/pdf/How%20to%20Design%20and%20Install%20a%20Wheel%20Wash.pdf>

Figura 3.7

5. Lavatori di carrozzeria dei mezzi

In molte circostanze, come già descritto parlando di tipologie di mezzi a parti di carrozzeria arrotondate, il controllo del materiale sedimentato sulla carrozzeria dei mezzi, in particolare il materiale fine evita:

- emissione di polvere risolleata dalla carrozzeria in ragione delle correnti d'aria dovute al movimento dei mezzi
- dispersione di materiale dalla carrozzeria su piste e piazzali, asfaltati e non, sua ri comminuzione e ri aerodispersione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per il lavaggio della carrozzeria dei mezzi valgono le stesse considerazioni fatte per i nebulizzatori ad alta e bassa pressione utilizzati per la pulizia dei pneumatici.

L'utilizzo di questi sistemi prevede considerazioni circa

- a. sensori per operazioni di lavaggio automatizzate
- b. ubicazione di un sistema di lavaggio
- c. riciclaggio delle acque
- d. fattori che inficiano l'efficienza di un sistema di lavaggio
- e. mobilità degli impianti
- f. costi
- g. asciugatura dei pneumatici dopo lavaggio per evitare ulteriore rischio di "track out" di materiale

a. Sensori per operazioni di lavaggio automatizzate

I sistemi di lavaggio a bacino o a canale sono progettati per operare in continuo ed in assenza di automazione.

I sistemi di lavaggio ad inondazione mediante erogatori a bassa pressione ed i sistemi di lavaggio utilizzando ugelli ad alta pressione sono progettati per operare a richiesta di intervento per diminuire il consumo di acqua e ridurre usura e rotture degli equipaggiamenti.

- Per i sistemi di lavaggio fissi vengono utilizzate le "spire ad induzione magnetica ubicate nel terreno"

Appartengono alla tipologia di sensori tipicamente usati per attivare i sensori di traffico e consistono in una spira a 4x8 avvolgimenti di filo intrecciato che crea un campo magnetico nella zona di ingresso del sistema di lavaggio. Quando il campo magnetico è perturbato dalla presenza di un grosso oggetto metallico a cui può essere assimilato un mezzo pesante il sensore attiva gli ugelli spray. Un secondo sensore all'uscita può essere utilizzato per disattivare i sensori ma è più usuale utilizzare un singolo sistema connesso ad un temporizzatore programmabile per controllare la durata del ciclo.

Vantaggi:

non richiede manutenzione ed è estremamente affidabile, essendo ubicato sotto il manto stradale non può essere danneggiato o vandalizzato

- Per i sistemi di lavaggio mobili vengono invece utilizzate

1. le fotocellule

Utilizzano un trasmettitore ed un ricevitore per creare un raggio di luce che, interrotto dal

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

passaggio dei mezzi, attiva il sistema ad ugelli spray. Quando la continuità del raggio è ripristinata all'uscita del mezzo dalla zona di lavaggio gli ugelli vengono disattivati.

Svantaggi:

per quanto siano affidabili richiedono manutenzione e pulizia periodica e taratura della centratura del raggio,

sono danneggiabili o vandalizzabili come qualunque sistema ubicato fuori terra.

2. **i sensori di prossimità**

Sono sistemi a trasmettitore-ricevitore di raggio in cui le due unità sono combinate in un unico sistema che ovviamente richiede meno manutenzione ma può essere danneggiato e vandalizzato come le fotocellule.

Entrambi i sistemi hanno una buona affidabilità ma:

- devono essere posti non troppo vicino alla zona di lavaggio per evitare che le nebbie d'acqua interferiscano sulla continuità del raggio con conseguente intervento spurio degli ugelli
- devono essere collocati in posizione protetta e corazzata o annegati in ussarlo di cemento

b. Ubicazione di un sistema di lavaggio

I due parametri che maggiormente incidono sulla ubicazione di un sistema di lavaggio sono:

1. **distanza dalla zona di uscita di un impianto/cantiere**

Localizzare la zona di lavaggio il più lontano possibile dall'uscita dell'impianto aiuterà l'asciugatura dei pneumatici prima che i mezzi lascino l'impianto.

Se possibile la zona di lavaggio dovrebbe essere posizionata ad almeno 500 m dalla uscita del cantiere.

Sebbene i copertoni appaiano puliti i mezzi pesanti trasportano acqua fuori dalla zona di lavaggio sulle strade asfaltate eventualmente presenti (strade o tratti di piste piazzali interni al cantiere/impianto). Quando l'acqua evapora viene lasciato sulla pavimentazione un residuo di polvere fine che può essere ri-aero disperso a causa del passaggio di mezzi. Le particelle fini di polvere sono quelle su cui la luce meglio si diffrange aumentandone la visibilità, specie all'alba ed al tramonto, dando pertanto l'idea che la foschia sopra la strada sia carica di polvere oltre misura.

Molti impianti/cantieri posizionano la pesa all'uscita con almeno 30 metri di superficie pavimentata tra questa e l'uscita.

Nei cantieri tipicamente non c'è superficie pavimentata ed i mezzi spesso escono attraverso un letto di pietrame cordolato. In entrambi i casi i residui lasciati dai mezzi dopo la pulizia devono essere spazzati o rimossi dalla superficie stradale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

Una spazzatrice meccanica ad umido ed aspirata è il metodo migliore per rimuovere il silt ed utilizza ugelli spray posti dinnanzi alle spazzole per prevenire nuove emissioni. Un altro metodo che però non rimuove il silt è quello di flussarlo fuori dalla strada mediante lance o serbatoi mobili dotati di ugelli spray.

2. prossimità ai sistemi di adduzione e scarico delle acque

La vicinanza a zone di approvvigionamento e scarico delle acque è un altro fattore importante.

In cave con traffico superiore a 500 mezzi/giorno:

- un lavatore ad inondazione che usa più di 3780 dm³/mezzo richiede circa 2.000.000 dm³/giorno di acqua
- un lavatore a pressione che utilizza 400 dm³/mezzo di acqua richiede circa 200.000 dm³/giorno di acqua.

In ogni caso sia gli impianti ad elevato consumo sia quelli a basso consumo devono far captare l'acqua utilizzata e contaminata, operazione più difficile rispetto al pompaggio di acqua fresca all'impianto.

Il metodo migliore è quello di localizzare l'impianto o il cantiere in prossimità di un bacino artificiale se ciò non è possibile occorre costruire un bacino di sedimentazione da almeno 90 ÷ 150 m³.

Impianti portatili e cantieri difficilmente hanno accesso a laghi o bacini di sedimentazione per cui devono usare un bacino di raccolta temporaneo. Questo può essere un semplice pozzo nero in calcestruzzo prefabbricato o un più complicato sistema di drenaggio a dreni e filtri.

3. modello di traffico

Uno dei maggior problemi è cercare di impedire errati comportamenti da parte dei conducenti di mezzi pesanti che comportino il by passaggio del sistema di lavaggio. Per conseguenza il traffico di mezzi pesanti deve essere incanalato verso i sistemi di lavaggio utilizzando blocchi di roccia o altri sistemi di barricate (new jersey). Parimenti il traffico dalle zone non pavimentate deve essere controllato in modo che non vada nelle zone pavimentate presenti tra i sistemi di lavaggio e l'uscita.

Una opzione è sfruttare la topografia: una lunga salita verso una pesa è un buon posto per mettere un canale in controcorrente inoltre, metterlo dove esiste un drenaggio naturale verso un lago o un bacino è un buon sistema per abbassare i costi.

c. Riciclaggio delle acque

Riciclare l'acqua sporca può facilmente aumentare il costo di un impianto di lavaggio di 3 volte.

Le grandi cave ed i relativi impianti sono agevolate perché normalmente possiedono un lago di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

cava o un bacino di sedimentazione dove possono addurre l'acqua contaminata, trattarla e riciclarla. Situazione opposta invece per quanto riguarda i cantieri..

In questi casi deve essere costruito un bacino o una vasca di sedimentazione dove raccogliere l'acqua sporca. La loro dimensione dipende dal numero di mezzi lavati al giorno e sono spesso equipaggiati con uno o più "sfioratori" che aiutano l'acqua pulita a defluire in un pozzo da cui può essere riciclata. Molti lavatori sono attrezzati con pompe che possono utilizzare anche acqua fangosa ciò comunque si traduce in un maggior costo di sostituzione dei filtri.

Se l'acqua raccolta richiede filtrazione, specie i lavatori ad alta pressione in cui già sui collettori sono ubicati filtri di protezione degli ugelli, due sono le opzioni:

- presso filtrazione
- filtrazione a sabbia

Sinteticamente la presso filtrazione garantisce la continuità dell'impianto utilizzando presso filtri in parallelo e che consentono manutenzioni mantenendo l'impianto comunque operativo..

I secondo richiedono periodica pulizia in controflusso anche se sono più capacitivi dei primi. Per quanto più costosi del presso filtraggio le richieste di manutenzione sono inferiori.

Cantieri ed impianti mobili devono invece attrezzarsi con piccoli impianti di trattamento per raccogliere e filtrare le acqua. Questi consistono solitamente in un container ribaltabile da 20 ÷ 30 m³ dotato di dreni e filtri. La porosità ottimale dei filtri per consentire un buon flusso d'acqua ed una buona ritenzione di solidi sospesi è pari a 130 ÷ 150 µm

Sono soluzioni ottimali per impianti che devono processare massimo 50 mezzi al giorno a meno che non si utilizzino due stadi di raccolta e filtrazione in parallelo di cui uno in fase di pulizia.

d. Fattori che inficiano l'efficienza di un sistema di lavaggio

Il più importante è la velocità del mezzo attraverso il lavatore: più è bassa maggiori saranno i risultati, la velocità più bassa praticabile è di 8÷10 km/h. Per garantire queste velocità è necessaria l'installazione di dissuasori o tratti di strada corrugati.

Il secondo fattore è legato ai volumi di acqua impiegati ed alle loro pressioni di esercizio.

Per i bacini ed i canali che non usano ugelli spray l'efficienza è direttamente proporzionale al volume d'acqua erogato per camion. Vale lo stesso principio per i lavatori ad ugelli a bassa pressione per cui gli ugelli sono utilizzati più per risciacquare che per rimuovere lo sporco.

Per i lavatori utilizzando ugelli ad alta pressione invece il fattore più importante è l'ubicazione degli ugelli.

Infine la tipologia di sporco è importante. Per le cave in roccia, aventi solitamente piste di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

arroccamento non asfaltate ma stabili è più facile da rimuovere. Nei cantieri è più facile vedere mezzi con gomme e flap che ritengono grosse quantità di solidi pastosi.

Fango e residui contenenti argilla o materiali reattivi quali limo o cemento possono solidificare in depositi difficili da rimuovere.

I tratti di strada con grate sollecitanti il mezzo aiutano molto l'efficienza della pulizia attraverso i lavatori perché sollecitano i copertoni allargandone le tracce ed agevolando la fuoriuscita di materiale.

I tratti di strada con risalti sollecitanti in cemento o asfalto aiutano ma meno delle grate perché possiedono angoli più smussati che non comportano grandi flessioni e deformazioni sulle tracce dei copertoni.

Le grate invece causano questo fenomeno anche se, per conseguenza, richiedono una pulizia più frequente per rimuovere i detriti raccolti.

e. Mobilità di un impianto

Molte volte la necessità di lavare i pneumatici dei mezzi è temporanea e richiede equipaggiamenti mobili. Ce ne sono di diversi tipi ma quasi tutti montano una pompa disinnescabile e un collettore portatile ad ugelli. Solo il lavatori ad ugelli spray a bassa ed alta pressione sono idonei per applicazioni portatili.

I lavatori ad ugelli ad alta pressione usano un collettore a ugelli verticale, sono molto compatti e possono essere alloggiati su un rimorchio con un serbatoio di alimentazione che può essere collocato da un sito all'altro. Quelli a bassa pressione usano una struttura spray portatile che può essere piazzata a terra. Alcuni impianti portatili comprendono uno stadio di depurazione o un contenitore in calcestruzzo prefabbricato utilizzabile per raccogliere e ricircolare acqua. Spesso, laddove il ricircolo di solidi sospesi nei collettori ad ugelli può creare problemi o quando le pompe usate soffrono la presenza di abrasivi questi impianti sono dotati di stadi di filtrazione/depurazione di solidi.

f. Costi

Dipendono dal numero di mezzi da trattare e da quanto intensa deve essere la fase di pulizia in particolare la necessità o meno di lavare i flap parafango e la parte sottostante del mezzo.

Il modo migliore per ridurre i costi, laddove basta lavare solo i pneumatici è collocare l'impianto distante dall'uscita, ricircolare l'acqua sporca e pulire il limo sedimentato con spazzatrici meccaniche.

Nei siti dove l'acqua scarseggia il modo migliore per risparmiare è usare i lavatori ad alta

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

pressione.

Gli impianti da meno di 50 mezzi/giorno possono essere gestiti con un singolo bacino pulito e deflussato ogni giorno.

I costi dei lavatori di pneumatici ad alta e bassa pressione devono considerare le installazioni necessarie per trattare le acqua.

A ciò vanno aggiunti i costi per barricate canalizzatrici del traffico, dissuasori di velocità, grate sollecitanti.

h. Asciugatura dei pneumatici dopo lavaggio per evitare ulteriore rischio di “track out” di materiale

Per scongiurare il trascinamento di materiale rimasto ancora nelle tracce dei copertoni occorre installare un tratto in ghiaia (**figura 3.8**) intervallato e preceduto da una griglia (“grizzly”) che solleciti il copertone e rilasci il materiale:

- ghiaia ben assortita granulometricamente con ciottoli lavati aventi dimensioni variabili tra 2,5 – 8 cm. Deve essere largo almeno 9 metri e lungo almeno 15 m. Lo spessore dello strato di ghiaia deve essere di almeno 15 cm.

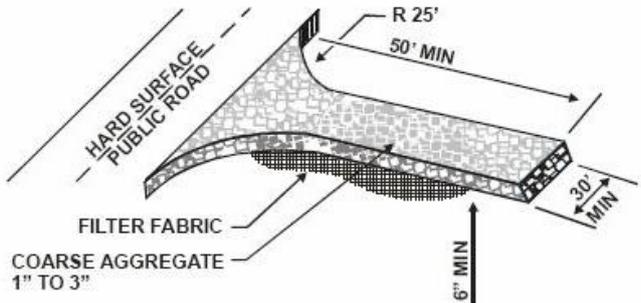
Possibile conformazione di uno strato ed un tratto in ghiaia dopo sistema di lavaggio prima dell'ingresso in strada asfaltata per evitare track out e sollecitatore di pneumatici per rilascio di materiale intrappolato nelle tracce	
	
Fonte: US Department of Transportation – Federal Highway Administration – Gravel roads maintenance and design manual – S. Dakota -November 200	Fonte: http://www.trackoutcontrol.com/about_page.htm

Figura 3.8

In **tabella 3.9** vengono riassunte le principali informazioni circa i lavatori di pneumatici estesamente descritte nel presente paragrafo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

Sintesi delle informazioni descritte nel paragrafo 3.2.9 circa il lavaggio dei pneumatici			
SISTEMA	CARATTERISTICHE	VANTAGGI	SVANTAGGI
Bacini a diluvio	Lunghezze tipiche: sufficienti per consentire almeno un giro di pneumatici completo 7 ÷ 18 m Superfici richieste: > 90 m ²	Costi bassi Nessuna necessità di ugelli Operazione continua senza bisogno di automazioni I camion non si bagnano	Richiedono pulizia giornaliera Non lavano i flap parafango e la parte sottostante del mezzo Richiedono ampie superfici
Canali di lavaggio in controcorrente	Richiedono: - lunghezze 30 ÷ 100 m - superfici: 135 ÷ 410 m ² - zona equipaggiata con una serie di dossi per sollecitare i copertoni o aprirne i battistrada	Costi bassi Nessuna necessità di ugelli Operazione continua senza bisogno di automazioni I camion non si bagnano	Richiedono pulizia giornaliera Non lavano i flap parafango e la parte sottostante del mezzo dove lo sporco può accumularsi Richiedono ampie superfici
Lavori inondanti a bassa pressione	Pressione: bassa sotto i 150 = 10 bar Consumo di acqua: 4.000 ÷ 12.000 dm ³ /mezzo. Richiedono: - superfici: < 70 m ² (escluso il bacino di alimentazione) - grossi bacini di alimentazione - un tratto di pavimentazione attrezzato con grate a risalti per sollecitare i battistrada	Lava i pneumatici, i flap parafango e la parte sottostante del mezzo Richiedono piccole superfici	Grande consumo di acqua Gli ugelli possono intasarsi o usurarsi utilizzando acqua sporca Richiedono sensori e controlli per operazioni automatizzate Possono rimuovere olio lubrificante e grasso dalla parte sottostante del mezzo
Lavori a sistemi di pulizia ad elevata pressione	Pressione: alta superiore ai 150 psi (10 bar) Consumo di acqua: 150 ÷ 400 dm ³ /mezzo. Richiedono: - superfici: < 45 m ² - acqua pulita - pompa di portata: 600 ÷ 800 dm ³ /minuto - un serbatoio - due o più collettori verticali ad ugelli spray sufficientemente separati da consentire almeno un giro completo di copertone	Lava i pneumatici, i flap parafango e la parte sottostante del mezzo Richiedono piccole superfici Basso consumo di acqua	Gli ugelli possono intasarsi o usurarsi utilizzando acqua sporca Richiedono sensori e controlli per operazioni automatizzate

Tabella 3.9

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 Movimentazione di materiali con sistemi per il trasporto continuo (nastri trasportatori)

Nel presente capitolo vengono presentate soluzioni per la gestione polvere adottate in diversi contesti e testate mediante misurazioni effettuate per verificarne il livello di efficacia. Spesso le misurazioni hanno riguardato granulometrie aerodinamiche differenti dal PM₁₀ e dal PM_{2,5} ma che di esso costituiscono un buon indicatore. Per una maggior comprensione di cosa si intenda dal punto di vista dimensionale per polvere, particolato aerodisperso o materiale particellare aerodisperso o aerosol ed in particolare per PM₁₀ si veda quanto riportato nel capitolo 1.

4.1 I nastri trasportatori

I trasportatori a nastro sono impiegati per il trasporto continuo, in orizzontale o in pendenza ed in curva, di materiali alla rinfusa e carichi concentrati leggeri.

I principali elementi costituenti di un nastro trasportatore (**figura 4.1**) sono:

- un nastro trasportatore:
 - a. in tela o gomma,
 - b. in fibre naturali o sintetiche,
 - c. in acciaio,
 - d. in rete metallica;
- una serie di rulli superiori ed inferiori di supporto,
- un tamburo motore (con relativo gruppo motore) ed uno di rinvio,
- una struttura metallica di sostegno,
- un tenditore a molla, a vite o a contrappeso del tamburo di rinvio,
- un dispositivo di carico (a scivolo) per limitare gli urti tra materiale e nastro e per convogliare il materiale nella parte centrale del nastro ed il più vicino possibile allo stesso,
- i rulli di supporto nella zona di carico disposti più vicini tra loro e rivestiti in gomma per resistere agli urti,
- le eventuali sponde laterali o bavette per impedire che il materiale cada lateralmente disposte nella zona di carico,
- i dispositivi di scarico del materiale quando questo non ha luogo nella parte motorizzata,
- dispositivi di pulizia del nastro,
- dispositivi di frenata, di frenata in caso di emergenza,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- stazioni di auto centraggio dotate di rulli di guida verticali,
- dispositivi di recupero energia in fase di discesa,

I nastri trasportatori in tela o in gomma, comunemente utilizzati nell'ambito del trasferimento di materiale alla rinfusa quindi di solidi minerali e di smarino di cantiere, sono strutture in gomma e tela a forma di nastro chiuso ad anello con giunzione vulcanizzata o metallica. La struttura si compone di:

- un nucleo che deve sopportare lo sforzo di trazione conseguente al trasporto
- una copertura che deve proteggere il nucleo dall'azione chimica e meccanica del materiale

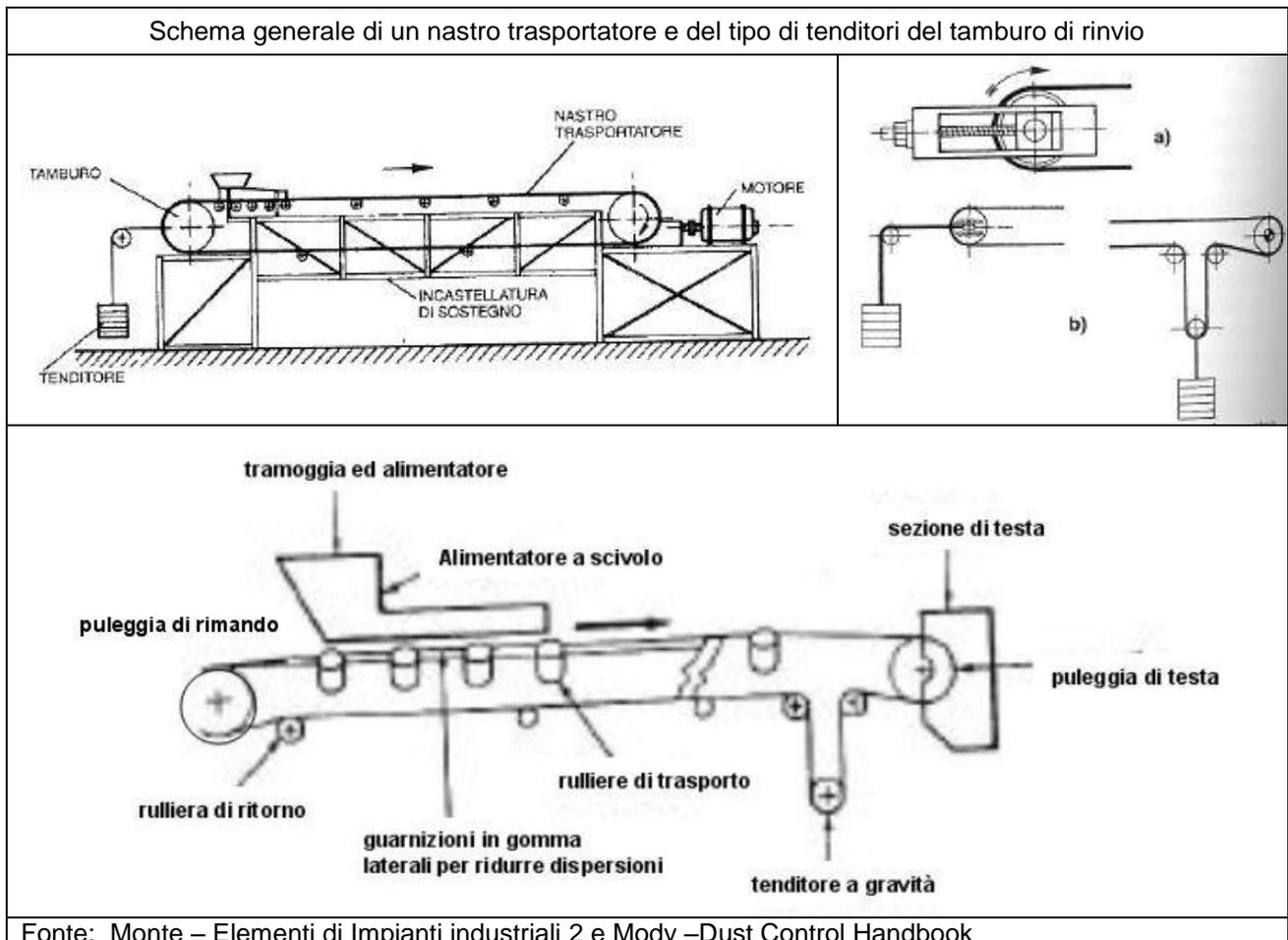


Figura 4.1

Il nucleo è costituito dalla sovrapposizione di più tele ed è rivestito sulle facce superiore (a contatto con il materiale), inferiore (a contatto con il tamburo di comando e la puleggia di rinvio) e lateralmente da uno strato di gomma.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I nastri in tela e gomma possono superare dislivelli il cui valore massimo dipende dal coefficiente di attrito del materiale sul nastro e dall'attrito interno del materiale e possono sopportare temperature di 100°C-120°C. Per nastri in tela ed in gomma lunghi qualche chilometro il nucleo tessile è rinforzato con cavi di acciaio.

I parametri caratteristici di un nastro sono:

- la lunghezza misurata tra gli assi dei tamburi estremi,
- larghezza, numero e spessore delle tele, tipo di materiale del nastro,
- inclinazione necessaria per superare un dislivello ed inclinazione massima dato il nastro ed il materiale,
- velocità del nastro (5-7 m/s per nastri a conca) in relazione al materiale trasportato alla larghezza del nastro ed alle condizioni di lavoro,
- diametro dei tamburi in relazione alla rigidezza del nastro per limitare la flessione del nastro stesso,
- diametro dei rulli (da 60 a 200 mm), loro interasse e tipologia dei rulli in funzione della velocità del nastro, del materiale trasportato, delle esigenze di scarico ed in funzione dell'assorbimento degli urti nel tratto di carico,
- cuscinetti dei rulli, loro lubrificazione permanente e protezione contro polveri ed umidità,
- angolo di avvolgimento del nastro sul tamburo motore e materiali nastro/tamburo a contatto,

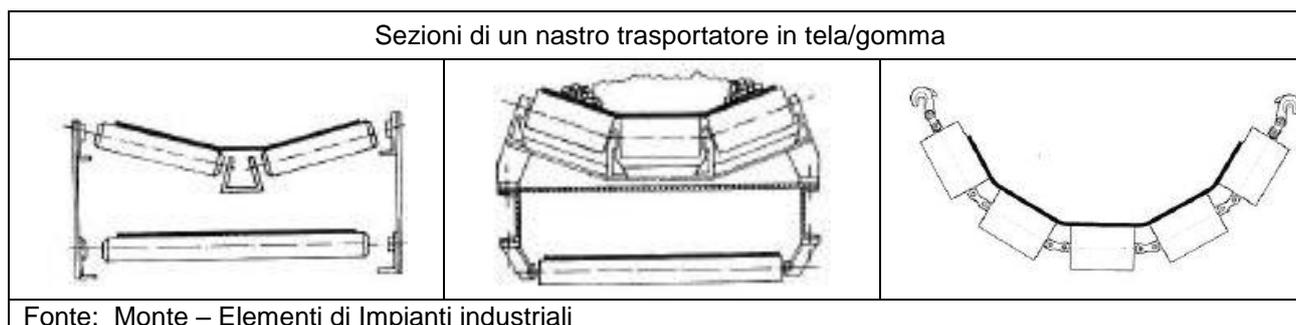


Figura 4.2

La sezione dei nastri utilizzati in campo minerario (**figura 4.2**) e nella cantieristica civile per trasportare elevate portate di materiale alla rinfusa ed in genere dei nastri in tela od in gomma è concava ed il nastro superiore è supportato:

- da due rulli inclinati tipicamente di 20° quando la larghezza del nastro è inferiore a 50 cm
- da tre rulli di cui i laterali inclinati tipicamente di 30-45° quando la larghezza è maggiore di 50 cm

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- fino a 5 rulli (a ghirlanda) uniti da catene e sospesi a sostegni per trasporto di materiali di grande pezzatura, spigolosi con portate e velocità più elevate degli altri

Nella zona di carico gli scivoli caricatori hanno una pendenza uguale all'angolo di attrito del materiale nella direzione del moto oppure sono a fori di dimensioni crescenti nella direzione del moto in modo che il materiale più fine cada per primo sul nastro e formi uno strato protettivo nei confronti del materiale più grossolano.

Quando il carico non avviene in corrispondenza della parte motorizzata (**figura 4.3**) vengono previsti scaricatori deviatori o scaricatori a vomero regolabili in altezza ed aventi bordo inferiore in gomma. Il loro impiego è possibile solo in caso di sezione piana pertanto nei nastri a conca, prima dello scarico, vi è un tratto per riportare la sezione piana. In alternativa si utilizzando due tamburi supplementari (uno di scarico uno di rinvio) montati su un supporto mobile e scorrevole su rotaia.

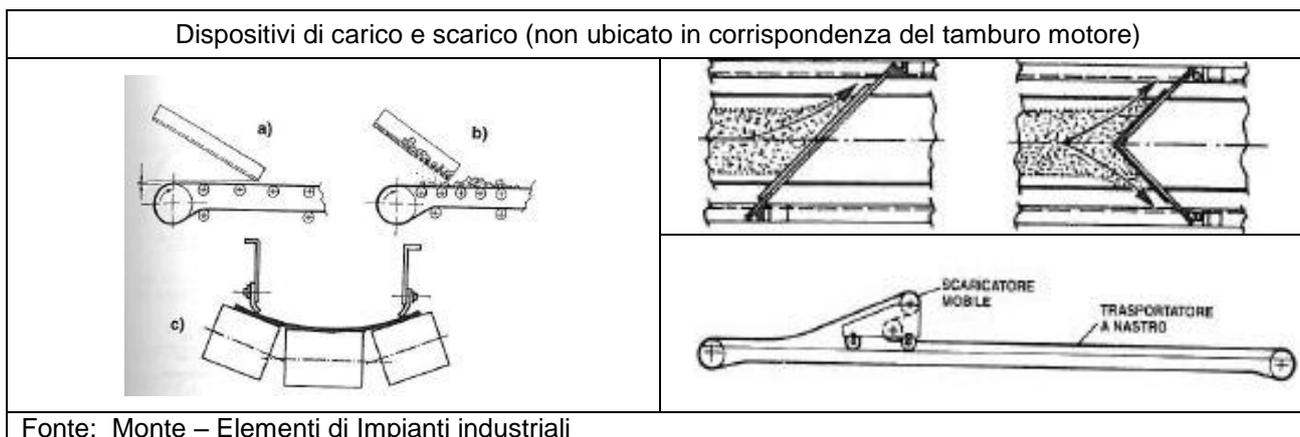


Figura 4.3

Un nastro è inoltre normalmente attrezzato con dispositivi di pulizia (**figura 4.4**) che agiscono in fase di ritorno del nastro e sono costituiti da raschiatori (bavette tenute a contatto con il nastro che asportano il materiale aderente ad esso) o spazzole rotanti mantenute in leggero contatto con il nastro, disposte su un asse parallelo a quello del tamburo motore e rotanti in senso opposto rispetto al moto del trasportatore.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 4.4

4.2 Tipologie di nastri trasportatori

- Nastri rigidi

I nastri rigidi sono concettualmente identici a quelli convenzionali ma, per evitare scivolamento del materiale il nastro è rinforzato con profili.

- Nastri trasportatori chiusi sospesi o a cappio

Sono relativamente nuovi come concezione e sono poco usati a causa del costo elevato.

Il nastro (**figura 4.5**) è sagomato a cappio attraverso sistemi a pressione e attraverso l'azione delle pulegge di supporto. Il nastro viene aperto solo per lo scarico del materiale. Con questa tipologia di nastri è possibile effettuare curve piuttosto strette (0,4 m).

La più recente innovazione nel campo dei nastri continui verticali è un nastro sagomato a forma di tasca che rende non necessaria ogni tipologia di cerniera. Sono possibili velocità fino a 6 m/s.

Questa tipologia di trasportatori, può essere utilizzata in pozzi minerari con portate di 1000 m³/h in presenza di dislivelli di 500 metri.

In caso di sistemi di autocarico può raggiungere portate di 5000 m³/h in presenza di dislivelli di 35 metri.

Questi nastri consentono il trasporto di tutte le tipologie di materiali, anche su percorsi verticali giacché i materiali costitutivi del nastro disponibili consentono resistenza al calore o a contatto con oli. Vista la semplicità costruttiva e l'assenza di parti rotanti questa tipologia di sistemi offre l'ulteriore vantaggio di risparmiare energia attraverso basse perdite di carico per attrito.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

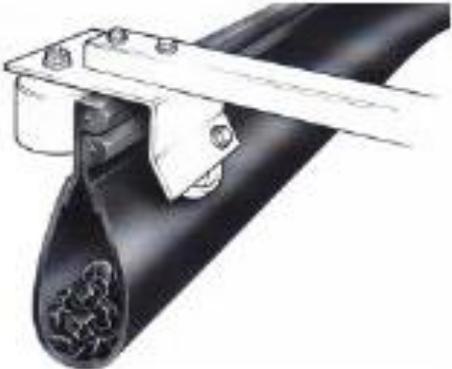
Nastri a cappio o a tasca	
	
1 modello "aerobande"	2 modello "silicon"
Fonte: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" - 2006	

Figura 4.5

▪ Nastri trasportatori chiusi tubolari

Sono particolari tipologie (**figura 4.6**) di nastri trasportatori chiusi.

Dopo il tratto di alimentazione il nastro viene sagomato in una forma avente sezione quasi circolare, gli orli del nastro si sovrappongono e formano un condotto chiuso.

Il materiale è convogliato nel lato interno del nastro che viene arrotondato da un gruppo di 3-5 pulegge di guida. In questo modo il materiale viene protetto dalla polvere e le emissioni sono minimizzate.

In un punto, solitamente confinato in una struttura chiusa, il nastro viene aperto ed il materiale scaricato. Il nastro trasportatore di questo tipo è adatto per materiali fini e grumosi di dimensioni che possono giungere fino ad 1/3 del diametro del condotto. Sono utilizzati per superare grandi distanze (e tratti inclinati fino a 60°) per esempio nelle miniere e negli impianti di lavorazione del ferro e dell'acciaio perché il sistema consente curvature e quindi minimizza i punti di trasferimento. Altre applicazioni sono nel campo del cemento, dei fertilizzanti, del cibo, dell'industria chimica, del trasporto di materiali quali metalli, carbone, coke, calcare, roccia frantumata, cemento, gesso, metalli di rame concentrati, ceneri e Sali.

La velocità del nastro varia tra 60 m/min fino a 300 m/min, approssimativamente la stessa di un nastro trasportatore convenzionale.

Circa la capacità di manipolazione un trasportatore chiuso tubolare può trasportare la stessa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

quantità di materiale di un nastro trasportatore avente una larghezza del nastro tre volte il diametro del tubolare.

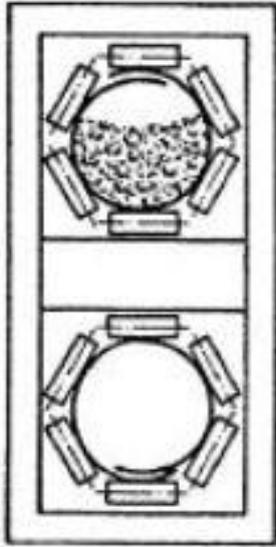
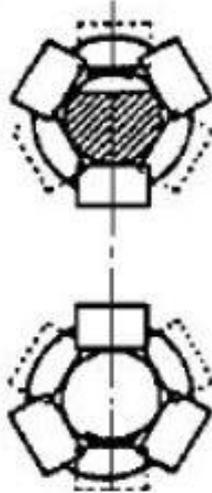
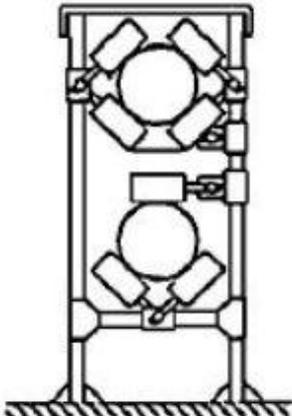
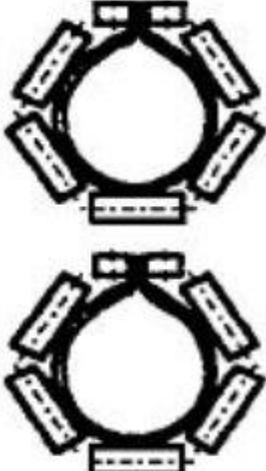
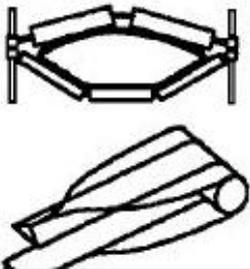
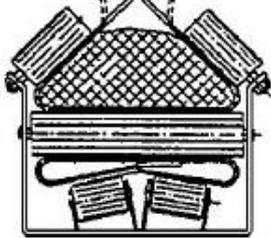
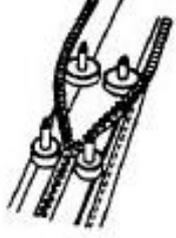
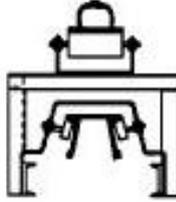
Nastri tubolari (1-5) a sandwich (6-7) a zip (8)			
			
1 modello "a tubo"	2 modello "rollgurt"	3 modello "Mitsuni"	4 modello "Rondex"
			
	6 nastro a sandwich	7 _A a profilo U con delta	
	7 nastro ripiegabile	7 _B a profilo U con Q	
Fonte: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" - 2006			

Figura 4.6

▪ Nastri trasportatori doppi o a sandwich ed a cerniera

Utilizzano due nastri (**figura 4.6**) trasportatori: uno di supporto o di portata ed uno di copertura che sono tenuti assieme nei tratti verticali o inclinati della installazione. I bordi del nastro di portata o di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

supporto sono piegati in modo da supportare il materiale durante il trasporto nei tratti verticali. Al fondo del percorso il sistema di nastri viene guidato sopra un tamburo di raccolta che consente lo scarico del materiale mentre il nastro si muove verso l'inizio del percorso. L'effetto impaccante dei due nastri consente al materiale di essere scagliato al punto di trasferimento normalmente costituito da una tramoggia. E' una tecnologia adatta in genere per qualsiasi granulometria, da fine a grossolana, tuttavia è inadatta per materiali polverulenti o granulosi o per materiali con la tendenza ad impaccarsi. E' adatta per materiali che sono soggetti a deterioramento. Lo svantaggio è l'impossibilità a percorrere tratti in curva.

Nei nastri a cerniera il nastro ripiegabile viene chiuso con l'aiuto di pulegge di supporto in modo da garantire il totale confinamento del materiale. Nel nastro a cerniere la chiusura è garantita dal fatto che i margini del nastro sono incernierabili.

4.3 Emissione di polveri da nastri trasportatori: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio

Nell'ambito delle operazioni di processo dei solidi minerali i nastri trasportatori sono il sistema più utilizzato per trasferire rocce e minerali da una zona di processo all'altra. Un nastro trasportatore può generare significative quantità di polvere aerodispersa e può essere una delle maggiori sorgenti emmissive presenti in un impianto.

Ci sono 4 principali punti (**figura 4.7**) in cui la polvere può essere generata e dispersa:

- a. zona di scarico del materiale sul nastro anche in relazione ad una non corretta armonizzazione tra la velocità del materiale in caduta e quella del nastro in marcia ed in relazione ad un eccessivo carico sul nastro.
- b. dai rulli di ritorno ubicati nella parte sottostante del nastro per via della caduta del materiale rimasto adeso o impaccato sulla superficie del nastro
- c. nei punti di scarico o trasferimento del materiale dal nastro ad un altro nastro o dal nastro ad un altro punto di processo
- d. zone di trasporto in relazione alla azione del vento (all'aperto) o dei sistemi di ventilazione premente/passaggio dei mezzi (in sotterraneo). Le emissioni sono anche esacerbate dall'effetto delle vibrazioni quando il nastro non è ben supportato. Ovviamente sono dovute a dispersione di materiale in caso di eccessivo carico sul nastro.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

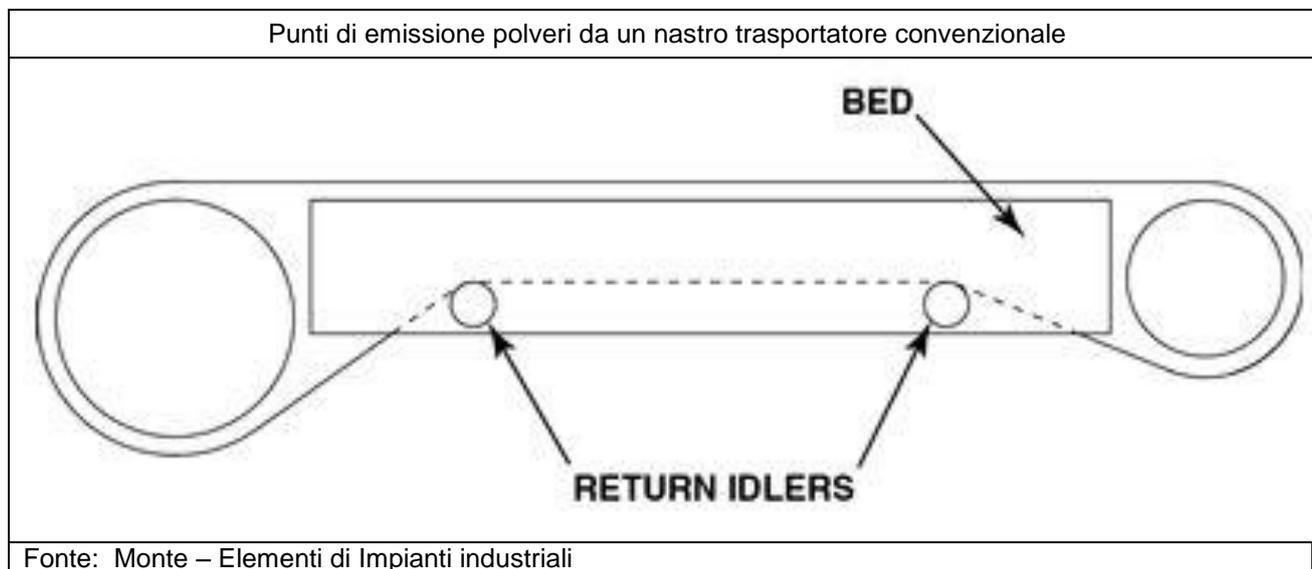


Figura 4.7

In sotterraneo

Il problema della dispersione ed emissione di polveri dovuta alla evacuazione di smarino in sotterraneo mediante nastri trasportatori si può porre nei seguenti termini:

1. sorgente di dispersione di tipologia "concentrata" - al fronte di scavo:
 - il nastro è connesso direttamente ad una macchina per lo scavo e quindi per l'abbattimento del materiale in continuo (una fresa od una TBM). Il materiale viene prodotto in pezzatura tale da essere trasportato. Il caricamento del materiale sul nastro avviene tramite tramoggia o sul retro della macchina (fresa) o internamente alla macchina (TBM).
 - il nastro è connesso ad una tramoggia dove viene caricato il materiale prodotto da una tecnica di scavo, abbattimento, evacuazione discontinua. La tramoggia può essere lo scarico di un frantumatore ubicato ad una certa distanza dal fronte. Nel primo caso il caricamento del materiale in tramoggia può essere preceduto da una fase di riduzione dei pezzi di materiale fuori taglia.
2. sorgente di dispersione di tipologia "distribuita" - lungo il cavo: il nastro corre lungo il cavo, solitamente addossato ad una parete laterale e posto in altezza. In questo tratto le sorgenti potenziali di polvere aero dispersa sono distribuite e provocate sia da fattori legati al nastro stesso (vibrazioni del nastro, perdita di materiale ed eventuale sua frantumazione ed aero dispersione da parte del passaggio dei mezzi) sia da fattori legati alla relazione tra posizione e tipo di nastro e movimenti dell'aria provocati dal tipo di schema di ventilazione presente.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3. distribuzione della polvere dispersa – ventilazione premente: una parte delle dispersioni occorrenti al fronte (caricamento del nastro), o lungo il cavo, viene trasportata in galleria. La parte avente dimensioni aerodinamiche tali da sedimentare sedimenta e può costituire sorgente di aero dispersione secondaria. La parte aventi dimensioni tali da essere aero trasportata prosegue lungo il cavo ed eventualmente viene emessa dal portale.
4. distribuzione della polvere dispersa – ventilazione premente - aspirante con portata aspirante maggiore della premente: il materiale aero disperso al fronte in parte viene captato, mentre quello prodotto lungo il cavo viene aero trasportato verso il fronte da parte della ventilazione naturale presente poiché richiamata dal gap di pressione tra premente ed aspirante.

In ogni caso, la dispersione ed emissione di polvere coinvolge in primo luogo le mansioni presenti in galleria e solo in un secondo momento eventuali ricettori esterni. I ricettori esterni sono coinvolti dalla parte di polvere dispersa dal portale solo in caso di ventilazione con schema premente. In caso di schema premente – aspirante si tratta di capire qual è l'efficienza degli stadi di abbattimento presenti nell'impianto.

Dal punto di vista gestionale gli aspetti di prevenzione primaria o di intervento secondario sono gli stessi per il caso in superficie. Tuttavia le tecniche di scavo che garantiscono l'erezione dei rivestimenti primari con un minimo franco temporale rispetto alla scavo consentono una gestione delle dispersioni di materiale dai nastri meno impegnativa.

Occorre inoltre considerare che in sotterraneo, sia in galleria sia sul piazzale sia nel cavo, per la contemporaneità di lavorazioni presenti, situazione tipica della cantieristica e delle mineraria in sotterraneo, è molto difficile discriminare, per mezzo di misurazioni (se non condotte con attrezzature real time) l'entità del contributo da parte di una sorgente piuttosto che di un'altra.

In **tabella 4.1** sono sintetizzate le soluzioni di mitigazione possibili gerarchizzate per tipologia di approccio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Elenco e classificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili al controllo delle emissioni di polveri da nastri trasportatori	
Classificazione	Soluzione
<i>Approcci pre primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività: vedi Capitolo 2: ▪ utilizzo di tecniche di “wet suppression” per la <u>bagnatura</u> del materiale nelle fasi lavorative (scavo, frantumazione) precedenti il trasporto su nastri ▪ aspirazione della polvere nelle fasi lavorative (scarico frantumatore per esempio) precedenti il trasporto su nastri
<i>Approcci primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività: vedi Capitolo 2 ▪ riduzione delle distanze di trasporto: lay out tale da contenere il più possibile le distanze di trasporto su piazzale ▪ preferire sistemi di trasporto continuo (nastri trasportatori) a sistemi di trasporto continuo (camion) ▪ corrette procedure di conduzione del nastro e controlli a carico dell'addetto impiantista, per esempio: <ol style="list-style-type: none"> 1. velocità di marcia del nastro appropriate 2. corrette procedure di carico del nastro: evitare il caricamento del nastro fino alle sue estremità ▪ corrette tecnologie di carico e di marcia del nastro: impatti nei punti di carico e nei punti di trasferimento sul “lato nastro ricevente” ▪ per materiali di classi di dispersività S1-S3 utilizzo di nastri trasportatori con progettazione che minimizzi le perdite in particolare nei punti di trasferimento: <ol style="list-style-type: none"> 1. utilizzare il trasporto pneumatico o trasportatori chiusi (a catena o a vite) o nastri tubolari chiusi (a sacca, a cappio, tubolari classici) 2. utilizzare nastri trasportatori privi di pulegge di supporto: aerobelt, a basso attrito, a diablo ▪ per materiali di classi di dispersività S4-S5: <ol style="list-style-type: none"> 1. alimentatori a bassa dispersione di polveri 2. misure primarie su nastri trasportatori convenzionali:
<i>Approcci secondari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ schermi per nastri trasportatori all'aperto o protezioni antivento laterali ▪ chiusura o copertura delle sorgenti emissive ▪ confinamento del nastro ed utilizzo di sistemi di aspirazione ▪ tecniche di bagnatura, nebulizzazione, cortine ad acqua specie ai punti di trasferimento ▪ gestione del materiale perso e pulizia dei nastri trasportatori

Tabella 4.1

4.4 Soluzioni di mitigazione per nastri trasportatori classificabili come approcci-pre primari

In questo senso si intende tutto ciò che si può fare in fase di produzione del materiale alimentato su un nastro trasportatore. Giacché un nastro trasportatore può essere utilizzato a valle di innumerevoli fasi lavorative e punti di processo quanto di seguito esposto non può che avere un taglio di carattere generale.

In generale un nastro trasportatore può essere collocato:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- a valle di sistemi discontinui quali:
 - a. cumuli (preceduto da un alimentatore connesso ad una tramoggia)
 - b. silos connessi a tramoggia ed alimentatore
 - c. nastri trasportatore connesso ad una tramoggia che si collega con il nastro mediante alimentatore
- a valle di sistemi semi_continui quali
 - a. un nastro trasportatore con connessione semplice (nastro-nastro)
 - b. un frantumatore o un molino
 - c. un vaglio

Possibili ubicazioni di un nastro trasportatore all'interno di un impianto di betonaggio
Fonte: US EPA_ AP 42 Reference Document – Concrete Batching

Figura 4.8

In figura 4.8 è rappresentato un nastro trasportatore per alimentazione dei silo-materie prime di un impianto di betonaggio. Il nastro è connesso a sistemi di carico discontinui: un cumulo ottenuto mediante scarico da camion con cassone retro ribaltabile che viene ripreso da un alimentatore preceduto da un vaglio oppure una pala frontale che preleva materiale da un cumulo.

4.4.1 Approcci pre primari – soluzioni comuni a tutte la attività descritte al Capitolo 2

Conoscere la tendenza alla aerodispersione dei materiali stoccati, movimentati, caricati, scaricati ed utilizzo di particolari utensili di taglio e controllo del loro stato di degrado (vedi Capitolo 2 – paragrafo 2.2) nelle eventuali fasi di scavo precedenti il trasporto su nastro e controllo affilatura e degrado utensili nelle eventuali fasi di scavo precedenti il trasporto su nastro

4.4.2 Approcci pre primari – bagnatura del materiale

Utilizzo di tecniche di “wet suppression” (vedi appendice 1) mediante sistemi a spray d’acqua per la bagnatura del materiale nelle fasi lavorative precedenti il trasporto su nastro.

Come è noto

- l’utilizzo di sistemi a spray d’acqua ha due obiettivi: la cattura della polvere aerodispersa e la bagnatura della superficie del materiale comminuito
- la maggior parte delle particelle di polvere create durante la comminuzione di un materiale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

non viene rilasciata in aria ma rimane adesa alla superficie del materiale comminuito

Nel momento in cui il materiale caricato sul nastro viene prodotto da una attività che:

- prevede comminuzione del materiale
- è ubicata a monte del nastro
- alimenta quest'ultimo
- si svolge con uno scarto temporale tale per cui, vista la temperatura e l'umidità relativa dell'aria di processo, l'acqua aggiunta non evapori,

una adeguata bagnatura della superficie del materiale comminuito è molto importante in sede di tecniche pre primarie di contenimento della polverosità poiché assicura che le particelle di polvere rimangono incollate sulla superficie del materiale;

Un ruolo chiave è sicuramente l'utilizzo di un sistema che bagni in modo uniforme il flusso di materiale comminuito generato, ma ancora più importante è stabilire quando effettuare questa operazione.

In questo senso è risultato consolidato in letteratura il fatto che:

- l'opzione migliore è bagnare il materiale durante il processo di comminuzione o quando un'attività prevede il più alto grado di sollecitazione e miscelazione meccanica del materiale. La conseguenza è un beneficio in merito alla riduzione del tasso di aero dispersione per qualsiasi attività posta a valle del punto di bagnatura,
- il miglior grado di uniformità di bagnatura si ottiene utilizzando più ugelli a basso flusso ed assicurandosi che questi siano orientati sul materiale in fase di comminuzione piuttosto che sulle parti in metallo della macchina o sulle pareti della galleria o della macchina,
- circa le quantità di acqua aggiunte al materiale, un sistema di bagnatura non dovrebbe aggiungere più dello 0,5% in massa di acqua al materiale ovvero circa (1 litro per tonnellata di materiale), si arriva al massimo al 4-5% ed in genere un valore consigliato spesso riscontrato si attesta all'1%.

Altri dati di progetto suggeriti in letteratura per nastri trasportatori che vengono alimentati da macchine di scavo:

- è meglio erogare 120 litri/minuto agli utensili di scavo piuttosto che 40 litri al minuto in ciascuno dei tre tipici punti di trasferimento dei trasportatori a nastro collocati a valle della macchina di scavo (macchina/nastro al fronte, nastro al fronte/caricatore, caricatore/nastro principale)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- è meglio erogare acque in prossimità degli utensili di taglio di una fresa a tamburo piuttosto che erogarla mediante spray ad alta pressione (operanti anche a 35 bar) dai lati della macchina per bloccare la polvere aero dispersa emessa,
- su una TBM gli spray ubicati alla testa rotante sono molto più efficaci di quelli ubicati sulla corona e quelli ubicati in postazione tale da intercettare lo smarino in caduta sono più efficaci di quelli esterni.

In **figura 4.9**, è raffigurato un nastro trasportatore connesso ad una macchina di scavo ubicata su un fronte di avanzamento con stadio di frantumazione del materiale:

- la bagnatura del materiale viene effettuata mediante un collettore multi ugello ubicato sopra un frantumatore a martelli (dove avviene uno dei momenti di massima sollecitazione meccanica del materiale. Il flusso di acqua standard collettato è pari a 30-38 litri/minuto ed il collettore copre tutta la larghezza del nastro. In aggiunta a ciò un collettore che monta 3 o 4 ugelli "full cone" viene ubicato all'ingresso del confinamento del frantumatore. L'obiettivo è bagnare il materiale prima per prevenire l'aero dispersione di polvere fine (4 µm di diametro aerodinamico equivalente mediano), quindi la quantità di acqua erogata è più critica rispetto alla pressione di alimentazione. Si utilizzano per lo scopo, e i dati di letteratura dimostrano essere i più efficaci ugelli a bassa pressione (d'acqua) ed ad alto volume erogato (di acqua): sostanzialmente ugelli "full cone" a grandi orifizi operanti a pressioni di alimentazione inferiori ai 4 bar. I nebulizzatori ad alta pressione devono essere evitati in questo caso per il rischio che essi forzano la polvere fuori dal confinamento verso potenziali ricettori o, in sotterraneo, nel flusso d'aria creato dalla ventilazione premente. Normalmente un collettore ad ugelli spray viene ubicato anche all'uscita del frantumatore ed al termine del caricatore in corrispondenza del punto di trasferimento di questo sul nastro trasportatore.

Esempi di applicazioni per la bagnatura del materiale prima del trasferimento su nastro trasportatore o di aspirazione delle polveri fini aerodisperse prima del conferimento di materiale su nastro trasportatore

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

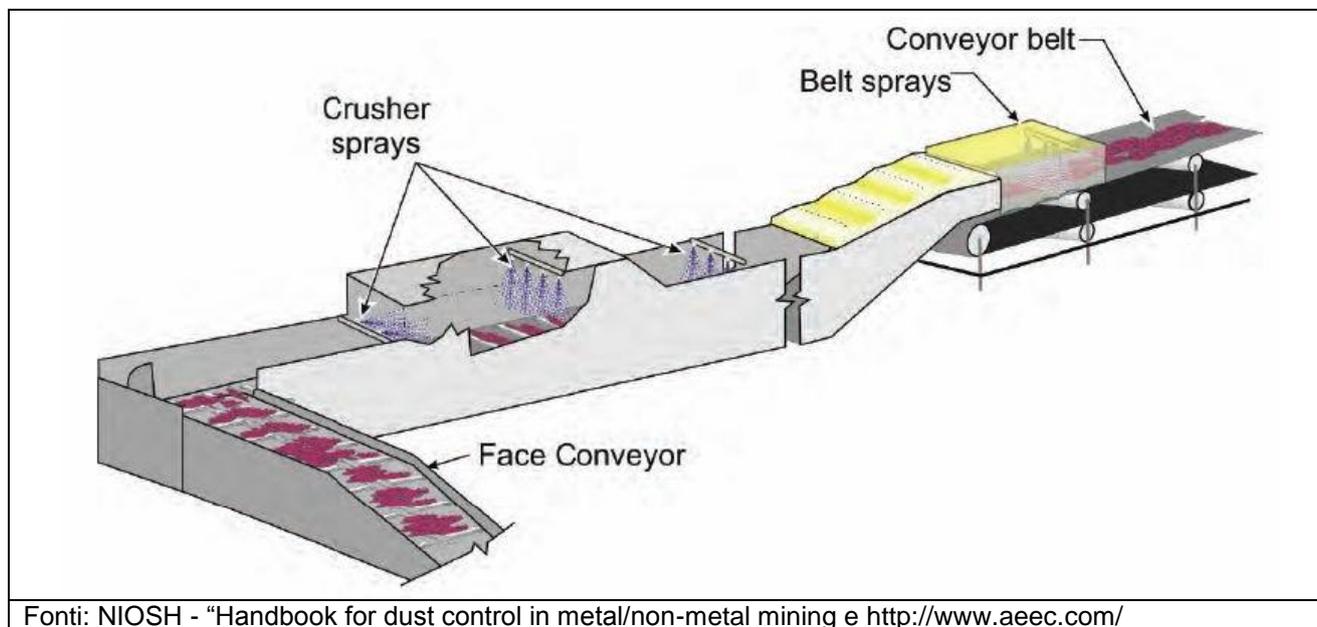


Figura 4.9

4.4.3 Approcci pre primari – aspirazione ed abbattimento polveri

Un altro sistema che può essere annoverato tra gli approcci pre primari è quello di aspirare ed abbattere (vedi appendice 2) quota parte della polvere generata dalla fase di produzione del materiale sia allo stadio di frantumazione ma anche nei sistemi di trasferimento dal nastro connesso alla macchina a quello principale.

In figura 4.9, è raffigurato un nastro trasportatore connesso ad una macchina di scavo ubicata su un fronte di avanzamento con stadio di frantumazione del materiale:

- per catturare le emissioni fugitive dal confinamento del frantumatore e del caricatore possono essere utilizzati degli scrubber (lavatori – vedi appendice 2) motorizzati da ventilatori localizzati nella zona di scarico del frantumatore e del punto di trasferimento dal caricatore al nastro principale. Le portate di aria che vengono forzate nel sistema si attestano a 11.100 – 15.000 m³/h. Il sistema crea inoltre una depressione nel confinamento tale da evitare dispersioni non controllate in presenza di fessurazioni del confinamento stesso. In alternativa agli scrubber motorizzati da ventilatori (**figura 4.10**) si possono utilizzare degli scrubber ad alta pressione motorizzati ad acqua. Questi consistono in condotti cilindrici in cui, al centro, viene collocato un ugello nebulizzatore ad acqua operante a pressioni di almeno 70 bar. Il funzionamento dell'ugello ha per conseguenza richiamo dell'aria polverosa attraverso il

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

condotto cilindrico stesso e l'abbattimento della parte dei particolati veicolati dall'aria. Si utilizzano sistemi a 5 condotti cilindrici ed a cinque ugelli che scaricano la dispersione di gocce e particelle di polvere su depolveratori a lamine ondulate. L'aria depurata viene scaricata in direzione opposta al flusso di materiale. Si sono osservate efficienze del 50% operando a 80 bar e 40 litri/minuto su ciascun ugello.

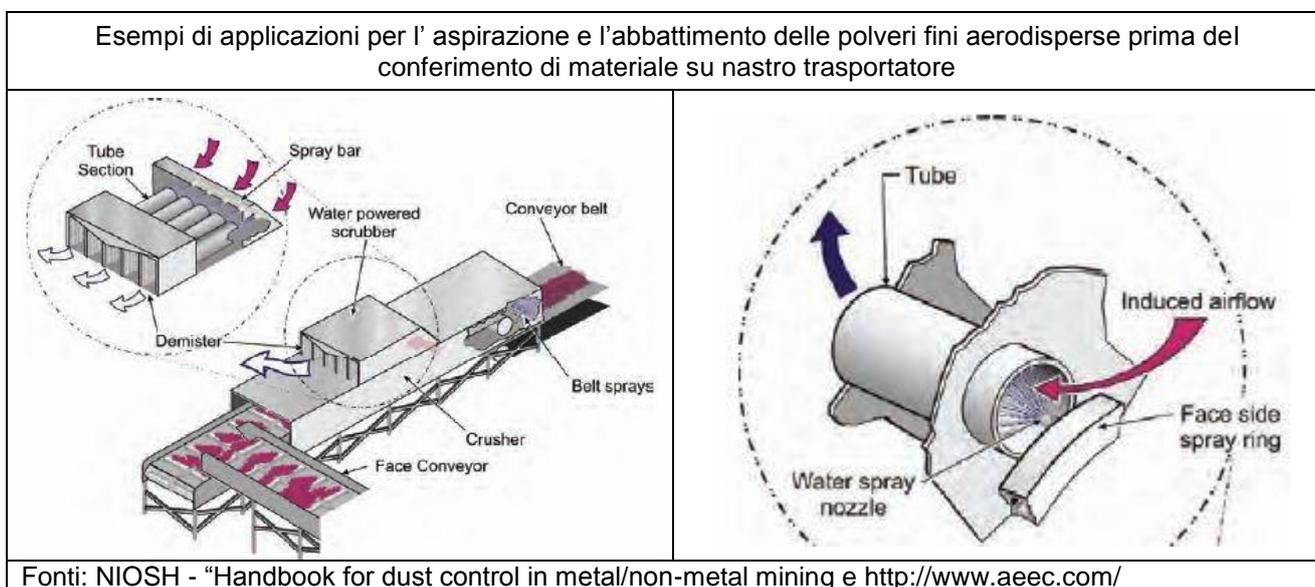


Figura 4.10

4.5 Soluzioni di mitigazione per nastri trasportatori classificabili come approcci primari

4.5.1 Utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2:

<i>Approcci primari</i>	monitoraggio delle emissioni di polveri monitoraggio delle condizioni climatiche monitoraggio delle misure di prevenzione e contenimento delle emissioni programmazione delle attività lavorative il più possibile durante eventi di moderata velocità del vento
-------------------------	---

4.5.2 Approcci primari – lay out tale da contenere il più possibile le distanze ed i tempi di trasporto su piazzale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il trasporto mediante nastro nasce proprio per superare grosse distanza senza utilizzare sistemi di trasporto continui. In ogni caso il Significa innanzi tutto minimizzare il numero dei movimenti di traffico verso e dal cantiere / sito di lay out di un sito in cui si trasportano sostanze polverose deve rendere comunque le distanze di trasporto il più corte possibile per minimizzare le zone di impianto soggette a dispersione di polvere, magari per effetto del vento e minimizzare gli interventi di gestione delle dispersioni stesse.

Anche se si trasportano materiali non particolarmente disperdibili a causa della loro umidità il discorso vale: questi materiali possono cadere dai sistemi di trasporto e successivamente disperdersi.

4.5.3 Approcci primari – preferire sistemi per il trasporto continuo (nastri trasportatori) a sistemi per il trasporto discontinuo (per es. camion)

Il trasporto discontinuo, rispetto al continuo:

- ovviamente disperde molta più polvere sia in relazione al transito su piste o piazzali sterrati sia su piste e piazzali asfaltati sporchi
- aumenta il rischio di dispersione di materiale che può essere poi comminuito e disperso

In particolare il trasporto continuo mediante nastri trasportatori riduce entrambi i problemi giacché i nastri possono essere coperti mentre le misure di gestione delle emissioni per camion e pale (discontinui) sono meno efficaci.

4.5.4 Approcci primari – corrette procedure di gestione e conduzione del nastro a carico dell'addetto impiantista

Si tratta di rispettare e verificare siano rispettati nonché segnalare deviazioni dei seguenti parametri. In sostanza occorre verificare il rispetto dei punti citati nella seguente check list:

- velocità di marcia del nastro appropriate: in particolare al punto di carico il materiale ed in nastro dovrebbero viaggiare nella stessa direzione e con la stessa velocità
- caricamento materiale: il materiale dovrebbe essere caricato nel centro del nastro ed occorre evitare il caricamento del nastro fino alle sue estremità (corretto carico del nastro).

Il nastro trasportatore dovrebbe essere progettato per operare al 75% della sua portata nominale consentita per ridurre le perdite, dispersioni di polvere ed usura sulla guarnizioni in gomma laterali. Le misure suggerite per regolare la capacità di carico di un nastro trasportatore esistente sono:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1. aumentare la velocità del nastro
2. cambiare l'inclinazione delle rulliere: da 20° a 35° per esempio
3. aumentare l'ampiezza del nastro: da 60 a 90 cm per esempio
 - tenuta delle guarnizioni dei confinamenti dei punti di trasferimento: tutti i punti da cui ci può essere perdita di polvere devono essere sigillati.
 - chiusura dei punti di trasferimento del materiale: un confinamento con uno o due nebulizzatori interni può essere sufficiente. Se non è abbastanza l'aria al punto di trasferimento può essere applicata una aspirazione localizzata connessa ad un abbattitore.
 - adeguata bagnatura: la bagnatura deve essere tale da non produrre un residuo appiccicoso di fango sul nastro. Se lo lascia, quando la parte liquida evapora, viene dispersa polvere.
 - verificare il corretto lavaggio del nastro: i lato sottostanti la parte in mandata ed in ritorno del nastro devono essere lavati in modo che i residui appiccicosi di fango vengano rimossi e non vengano sollecitati dalle rulliere.
 - verificare che il nastro resti umido e non diventi troppo asciutto rilasciando polvere.
 - verificare che i raschiatori stiano funzionando bene, e in caso sia stata installata, se non è il caso di far intervenire una seconda batteria di raschiatori.
 - verificare che in marcia non vi siano perdite di materiale dal nastro.

4.5.5 Approcci primari – controllo dell' impatto del materiale nel punto di carico e nei punti di trasferimento sul lato nastro ricevente

Si tratta di rispettare e verificare siano rispettati nonché segnalare deviazioni dei seguenti due parametri:

- nessuna perdita di materiale
- velocità di marcia del nastro appropriate: in particolare lo scivolo di trasferimento materiale deve far sì che al punto di carico il materiale ed il nastro viaggino nella stessa direzione e con la stessa velocità,
- il materiale dovrebbe essere caricato nel centro del nastro, senza scostamenti per non alterare lo stato pensionale del nastro ed occorre evitare il caricamento del nastro fino alle sue estremità (corretto carico del nastro);
- l'alterazione del materiale dovuta al trasferimento, quindi la creazione di polveri deve essere ridotta al minimo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- la velocità di discesa del materiale lungo gli scivoli caricatori connessi a tramogge ed alimentatori nonché l'altezza di caduta del materiale devono essere minimizzate: infatti (vedi appendice 2) la caduta del materiale richiama un flusso di aria Q_{IND} per effetto Venturi che attraversa il flusso di materiale stesso e disperde la parte fine del materiale in caduta. La nube formata si viene poi spostata per effetto pistone;
 - i problemi dovuti a vincoli quali eccessiva o insufficiente altezza di caduta, spessore e ampiezza dello scivolo, estensione e lunghezza dello scivolo siano gestibili in modo efficiente
- Questi obiettivi si raggiungono con una corretta progettazione delle traiettorie del materiale che lascia il trasportatore, guidandolo in modo che abbia un basso angolo di incidenza in modo da indurre un flusso libero di materiale.

Quando il materiale cade sul nastro ha per conseguenza una momentanea flessione del tratto di nastro compreso tra due rulliere ed l'emissione di uno sbuffo di polvere che può fuoriuscire attraverso le eventuali fessurazioni delle paratie in gomma di confinamento laterali.

Per prevenire questo fenomeno:

- si utilizzano tratti di nastro supportati da rulliere di impatto ravvicinate (30 cm di interasse). Queste assorbono la forza di impatto e prevengono la flessione del nastro,
- si utilizzano dei tratti di nastro e rulliere a bassa frizione e sagomati in modo tale da assorbire l'impatto del materiale ed evitare vibrazioni e flessioni del nastro.
- quando il materiale lascia lo scivolo di carico connesso al sistema tramoggia alimentatore vengono utilizzate delle paratie laterali per tenere il materiale sul nastro e collocarlo in centro. Sono equipaggiate con strisce di gomma che fungono anche da guarnizioni anti polvere tra le paratie laterali e il nastro in movimento,

Convenzionalmente si utilizzano strisce di gomma verticali. Questa tipologia però non è raccomandata per i seguenti motivi:

- si usurano facilmente e velocemente,
- devono essere spesso regolate per prevenire perdite e questo non è sempre possibile dal punto di vista organizzativo,

Schemi di soluzioni di approccio primario per la gestione dell'impatto del materiale sul nastro in fase di caricamento (o trasferimento)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

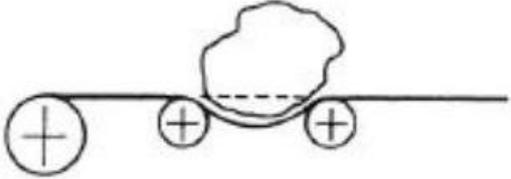
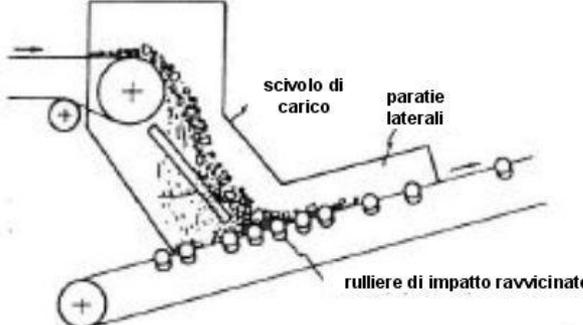
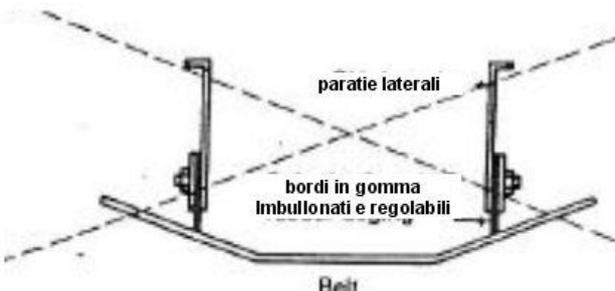
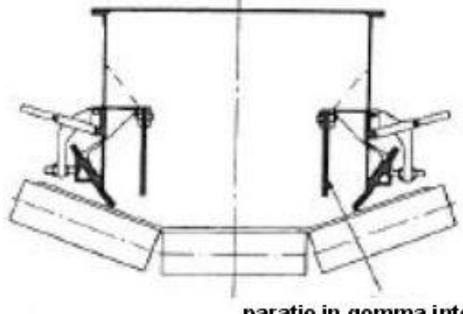
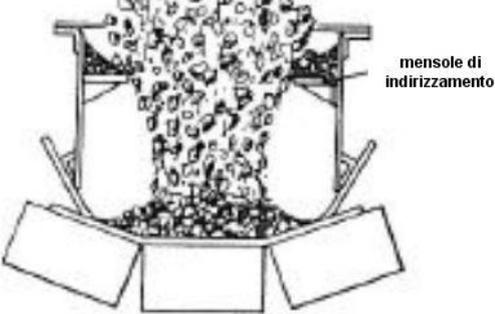
	
flessione del tratto di nastro tra le rulliere nella zona di impatto	Localizzazione delle rulliere di impatto
	
Guarnizioni in gomma tradizionali non raccomandate	Guarnizioni in gomma consigliate
	
Guarnizioni in gomma doppie	Mensole di centraggio para materiale
Fonti: V. Mody "Dust control handbook" New Jersey USA 1988	

Figura 4.11

Alcuni sistemi consigliati (**figura 4.11** e **4.12**) e sono i seguenti:

- le paratie laterali sono sufficientemente alte e spaziate in modo da accogliere sia il flusso di materiale sia l'onda di pressione dovuta dal materiale in ingresso e dall'aria indotta,
- vengono utilizzati dei morsetti a rilascio rapido al posto di bullonature per consentire una facile e rapida regolazione delle guarnizioni in gomma a strisce,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- le guarnizioni in gomma a strisce sono inclinate e la loro flessibilità consente ad esse di rimanere sempre in contatto con il nastro in movimento anche quando esso è momentaneamente in flessione tra le rulliere di impatto,
- lo spessore delle guarnizioni in gomma a strisce inclinate deve essere di almeno 1,3 cm con una resistenza elastometrica alla intaccatura (resistenza durometrica – metodo ASTM D 2240) pari a 60-65 (con 100: nessuna intaccatura misurabile) e presentare un'area usurabile molto ampia per allungarne il tempo di vita,
- i bordi sommitali delle paratie laterali devono essere coperti e sigillati con guarnizioni in neoprene auto adesive.

Nella zona di impatto le guarnizioni in gomma dovrebbero essere raddoppiate per evitare che il materiale colpisca direttamente quelle inclinate usurandole più rapidamente del dovuto

Per il centraggio del materiale caricato sul nastro e per un suo corretto allineamento, oltre che per ulteriore protezione delle guarnizioni in gomma dall'impatto diretto del materiale dovrebbero essere installate delle mensole di protezione.

Quando la velocità di discesa del materiale è troppo elevata le particelle costituenti il materiale riescono a separarsi ed a generare emissione di polvere. Inoltre aria viene richiamata verso il fondo della tramoggia/scivolo sollevando polvere al termine del sistema di scarico. L'impatto del materiale genera altre emissioni di polvere. L'emissione dipende dalla lunghezza di caduta.

La velocità di discesa può essere minimizzata:

- installando deviatori lungo la condotta/scivolo (come per esempio nelle lunghe tubazioni piene)
- installando una testa di carico al termine della discenderia per regolare il volume di materiale in uscita
- usando una discenderia in cascata (tubazione o tramogge in cascata)
- utilizzando bassi angoli di discesa.

Illustrazioni di soluzioni di approccio primario per la gestione dell'impatto del materiale sul nastro in fase di caricamento (o trasferimento)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Mensole di centraggio

Guarnizioni in gomma laterali



Sistema a bassa frizione per l'assorbimento degli urti dovuti al carico



Guarnizioni doppie

Fonti: <http://www.asgco.com/> e <http://www.aeec.com/>

Figura 4.12

Una cascata ha il vantaggio di combinare basse altezze di caduta e di diminuire la velocità a causa del fatto che il materiale scivola e cade alternativamente.

Per il carico dei nastri trasportatori, nell'ottica di rispettare gli obiettivi suddetti, quando possibile il materiale in fase di carico proveniente dal complesso tramoggia-alimentatore dovrebbe essere fatto cadere su uno scatolato contenente roccia frantumata (rock-box) piuttosto che su una superficie metallica. Ciò porta benefici sia in termini di dispersioni dalle fasi di carico sia in termini di:

- diminuzione della altezza di caduta del materiale e quindi del flusso di aria indotto e di quello da aspirare (vedi – aspirazioni localizzate);
- ridurre le emissioni dalla guarnizione in gomma posteriore del confinamento della puleggia di coda;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Se il carico riguarda materiali fini o abrasivi possono essere utilizzate delle rock-box (**figura 4.13 e 4.14**) costituite da scatolati angolari saldati sullo scivolo di alimentazione. Il materiale in ingresso scivola sul materiale stoccato negli angolari riducendo così l'altezza di caduta.

Gli scivoli di caduta devono evitare bruschi cambi di direzione (a meno siano progettati per ridurre l'altezza di caduta) per evitare accumuli, intasamenti e generazione di polvere.

Per carico di materiali fini o grumosi il fondo dello scivolo di carico può essere costituito da un vaglio che seleziona una determinata granulometria per farla cadere sul nastro a monte del punto di scarico. Sul punto di scarico si viene perciò a creare un letto di materiale fine che, prevenendo forti impatti del materiale sul nastro, previene usura dello stesso e generazione di polvere

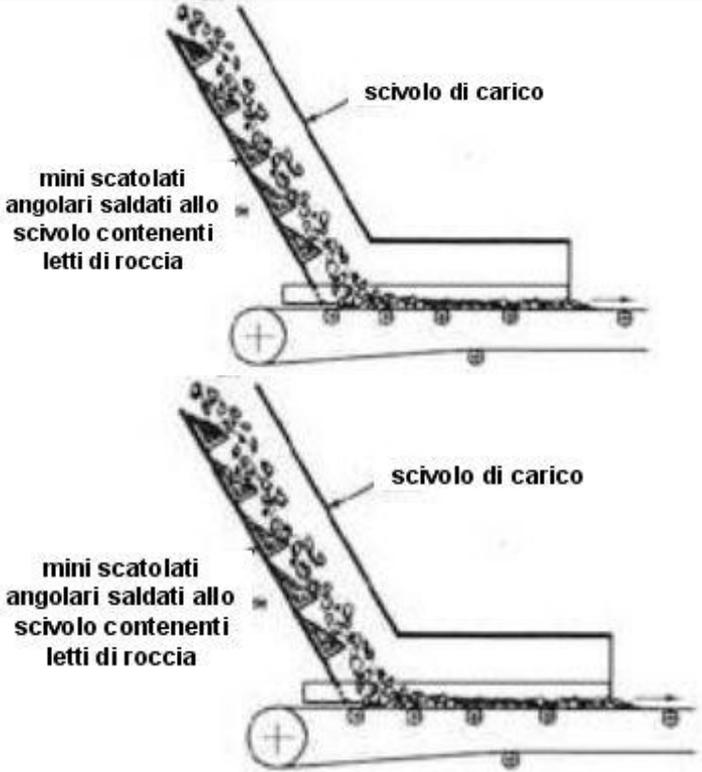
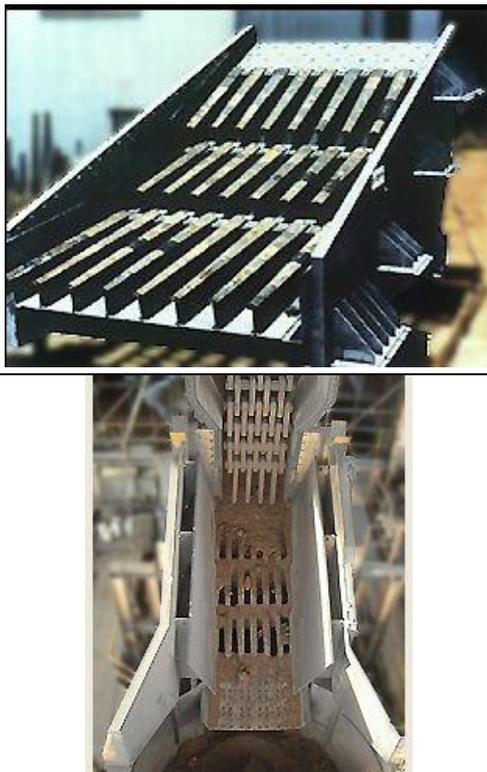
Schema di una sezione di carico con rock/stonebox e sistema di creazione di un letto di fini ed illustrazioni afferenti a quest'ultimo sistema.	
	
Sezione di carico con mini rock/stonebox e sezione di carico con letto di fini	Sistemi per la creazione di un letto di fini alla sezione di carico
Fonti: V. Mody "Dust control handbook" New Jersey USA 1988 e http://www.asgco.com/ e http://www.aeec.com/	

Figura 4.13

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

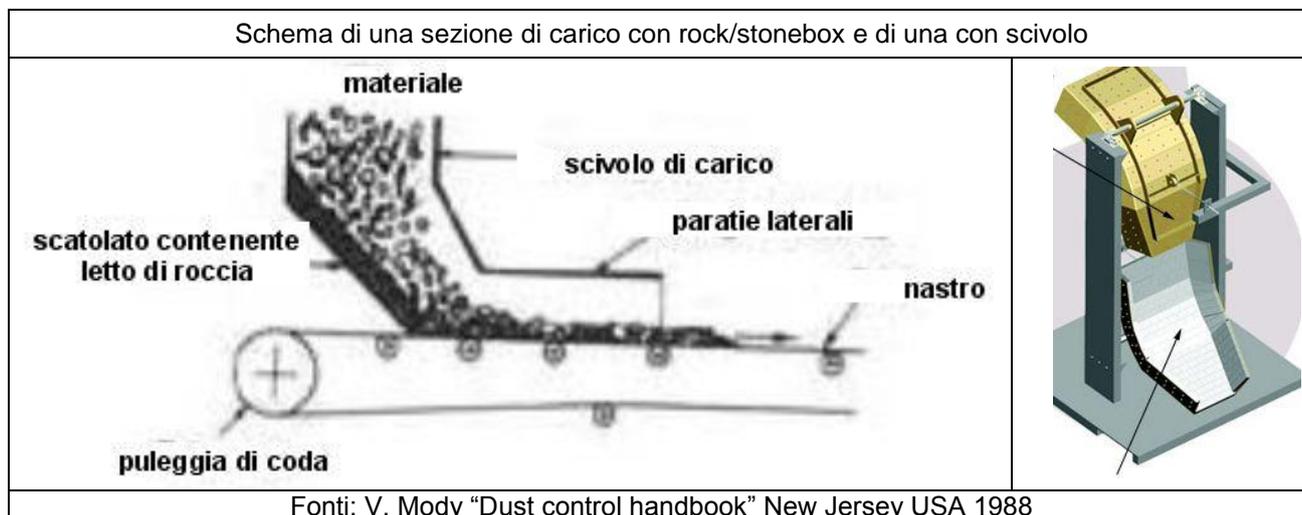


Figura 4.14

4.5.6 Approcci primari – per materiali afferenti alle classi di dispersività S1 – S3 – utilizzo di trasportatori chiusi: pneumatici, a catena o coclea, tubolari

I punti di trasferimento di un nastro sono importanti punti di emissione e la possibilità di minimizzare queste ultime dipende da quella di evitare punti di trasferimento usando tipologie di nastri consentano, per esempio, l'effettuazione di curve. L'emissione dipende dal tipo di materiali e dal progetto del punto di trasferimento tuttavia come indicazione, con riferimento al carbone, per un punto di trasferimento chiuso semplice si parla di 0,3 – 2 g di polvere emessa/per tonnellata di materiale trasferito.

I trasportatori chiusi più conosciuti sono:

1. trasportatori pneumatici in aspirazione
2. trasportatori pneumatici in pressione
3. trasportatori a catena
4. trasportatori a coclea
5. nastri trasportatori tubolari chiusi

1. Trasportatori pneumatici in aspirazione

Come quelli in pressione trasportano il materiale in condotte chiuse mediante un flusso d'aria aspirato da un ventilatore posizionato al termine della catena di trasporto (**figura 4.15**). A differenza dei sistemi in pressione, che sono sistemi di trasporto, i sistemi in aspirazione sono sistemi di scarico/trasporto. Possono essere utilizzati sia installazioni mobili o sia come

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

installazioni fisse.

I sistemi mobili sono adatti nei contesti portuali dove diverse attività possono essere necessarie in prossimità di uno stesso punto o se lo scarico è una attività non continua ma che si ripete nel tempo. Sono adatti in prossimità di ogni zona di una nave che richiede di essere scaricata grazie al fatto che questo sistema è in grado di essere posto in prossimità di parti anche difficilmente raggiungibili.

Il materiale viene aspirato da un ugello aspirante e trasportato in depressione ad un separatore che divide il flusso d'aria da quello di materiale. Il materiale trasportato viene scaricato in molti casi mediante un ciclone con scarico a valvola stellare. Il materiale scaricato viene poi convogliato a un sistema di trasporto continuo ma, se utilizzato al posto di un nastro trasportatore, il materiale viene scaricato nel sito di stoccaggio (cumulo, silo o tramoggia)

Queste installazioni sono molto flessibili grazie:

- ai movimenti di rotazione e di apertura/ chiusura della testa aspirante
- al fatto che la testa aspirante può essere curvata e telescopizzata
- alla concezione di guidabilità della macchina

La produttività del sistema è influenzata:

- dal tipo di materiale
- area trasversale del condotto aspirante
- depressione
- lunghezza e percorso delle condotte

Per il grano si hanno produttività di 500-600 tonnellate ora per gli ossidi di alluminio 1000 tonnellate per ora.

Al termine delle operazioni di scarico gli strati di materiale diventano talmente sottili che è più pratico utilizzare altri sistemi quali pale frontali per evacuarli. Sono applicabili in molti contesti industriali, tipicamente nei settori agricoli e minerario, chimico ed alimentare per:

- materiali quali grano, ossido di alluminio, coke, cemento, calcare, calce, argilla, potassa, solfati di sodio, fertilizzanti, Sali , plastiche:
- materiali in massa con massa volumica inferiore ad 1,2 g/cm³

I vantaggi dal punto di vista della riduzione delle emissioni di polveri sono legati:

- al fatto che il sistema è chiuso
- al fatto che la polvere viene controllata mediante sistemi di filtrazione,
- alla semplicità della costruzione,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

- dal lungo tempo di vita,
- dal fatto che nessun sistema in movimento viene utilizzato nella zona di carico.

I costi sono bassi e l'unico svantaggio è legato all'alto consumo di energia tipico di tutti i sistemi pneumatici:

- per prodotti leggeri come quelli agricoli si parla di 1 kWh/tonnellata
- per materiali pesanti come argilla o cemento si parla di 2 kWh/tonnellata
- per un sistema di trasporto meccanizzato si parla di 0.3-0,8 kWh/tonnellata

Possono anche essere aggiunti filtri a tessuto sul flusso d'aria oltre il separatore per eliminare la polvere dall'aria scaricata. Si possono raggiungere valori in emissione di 5 mg/Nm³ ma mediamente i sistemi sono dimensionati, per ridurre i costi su livelli in emissione di 20-25 mg/Nm³.

2. Trasportatori pneumatici in pressione

Principalmente usati per trasporto di materiale in polvere in sistemi chiusi. Il principio è identico a quello dei trasportatori in aspirazione ma il ventilatore /compressore è posto in testa al circuito anziché in coda (**figura 4.15**).

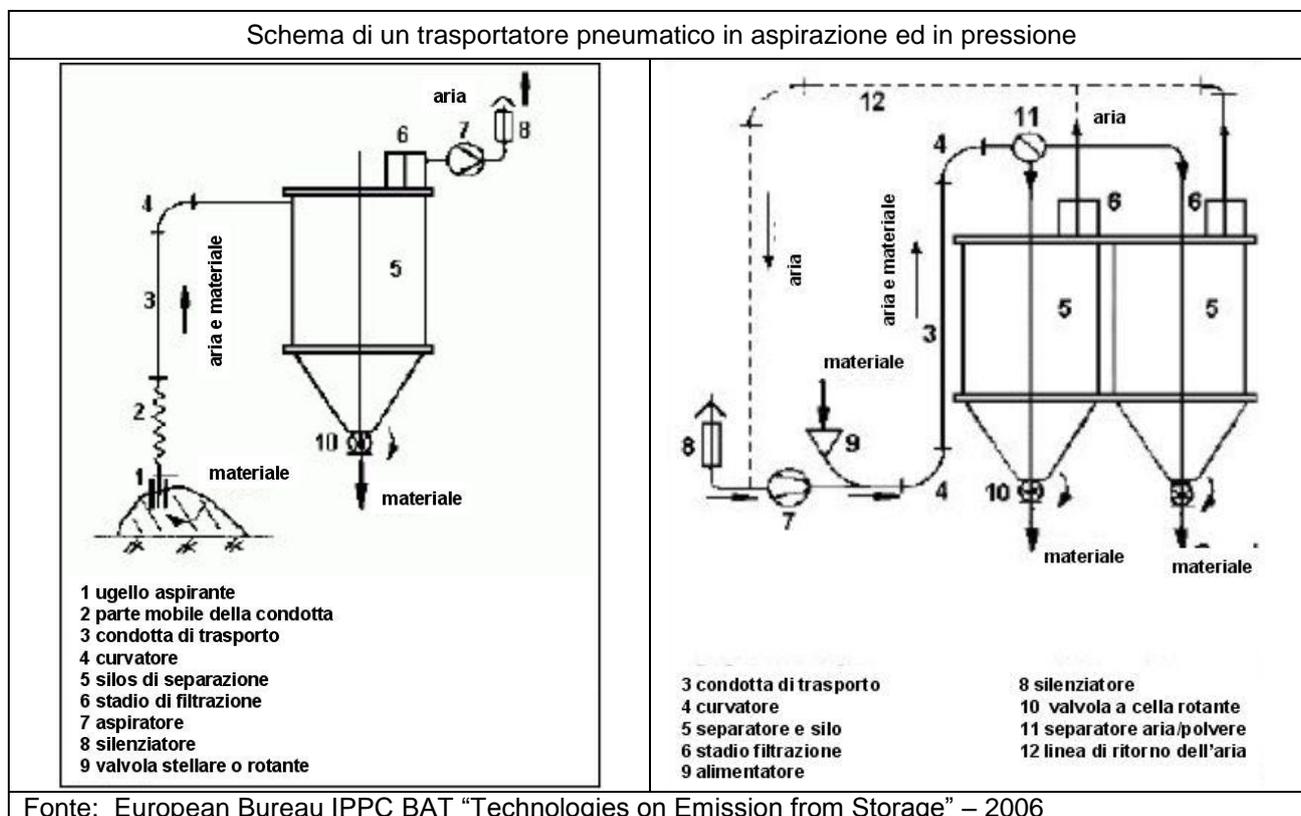


Figura 4.15

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il materiale trasportato viene introdotto nel sistema di condotte mediante un alimentatore (a cella rotante, a vite, a tramoggia) e sfruttando la differenza di pressione viene disperso nel flusso d'aria. Il sistema di condotte è ovviamente in pressione rispetto all'esterno. Il resto dell'impianto è identico a quello in aspirazione

Sono adatti per materiali cristallini in polvere fine quali cemento, calce, gesso e sono utilizzati anche per il carico di camion-silo e sono caratterizzati, come ogni sistema pneumatico da alto consumo di energia

Le emissioni sono scarse in quanto questi sistemi operano normalmente a ciclo chiuso. Per i sistemi equipaggiati solo con sistemi di filtrazione ovviamente il livello emissivo sale ma rimane basso. L'alimentazione del materiale è il solo punto critico

3. Trasportatori a catena

Sono sistemi a forte produttività, completamente chiusi, con una o due catene di guida continue. Le catene (**figura 4.16**) sono mosse mediante ruote dentate ed il sistema è dotato di tensionatori che sono anche utilizzati per impedire la flessione della catena.

Il consumo di energia, molto basso, si attesta a: 0,006 kWh/tonnellata metro di altezza superato.

La velocità di marcia si attesta a: 1 m/s

La produttività si attesta a: 1000 tonnellate/ora.

Gli elementi della catena danneggiata sono di facile sostituzione.

La tecnologia dei trasportatori a catena annovera due tipologie di macchine:

a. a mastelli

La catena marcia in una struttura di confinamento, la forma del collettore di raccolta del materiale viene scelta sia per accogliere la tipologia di materiale trasportato sia per adattarsi al percorso di trasporto:

- per percorsi orizzontali e poco inclinati sono usati collettori piatti, rettangolari e a forma di L
- per percorsi verticali o nettamente inclinati vengono utilizzati profili ad U, a forcina o ad anello. La presa e lo scarico del materiale sono accompagnati dal movimento del sistema.

La tecnologia richiede poco spazio.

Gli svantaggi sono legati all'usura ed all'energia richiesta,.

La produttività si attesta a: 10 – 2000 m³/h su lunghezze massime di 50-150 m.

Sono utilizzati per il carico di bunker e silo e per il carico/scarico di materiali polverosi o moderatamente granulari con poca tendenza ad impaccarsi. Il sistema chiuso si adatta a prodotti quali grano, semi, cibo, mangime, carbone, cemento, prodotti chimici e minerali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le emissioni sono basse o nulle se l'area di scarico e di alimentazione sono confinate

b. a raschietti

Sono simili a quelli a mastelli ma non sono allocati in strutture di contenimento. Il materiale trasportato è condotto mediante collettori agganciati alla catena che spingono il materiale. La presa e lo scarico possono avvenire in qualsiasi punto del sistema. Sono usati per alimentare e recuperare cumuli di minerali, carbone e Sali.

Per quanto riguarda le emissioni la polvere viene emessa durante la presa ed il trasporto del materiale. L'attrito tra materiale e paratie e fondo del sistema può comportare frantumazione del materiale. La formazione di polvere può essere ridotta inumidendo il materiale.

4. Trasportatori a coclea

Sono trasportatori (**figura 4.16**) in cui il materiale viene guidato lungo una struttura di contenimento fissa o una condotta mediante un trasportatore a vite senza fine rotante.

E' adatto a tratti orizzontali o inclinati fino a 30°.

Il movimento verticale è possibile ma richiede una costruzione completamente differente del trasportatore.

Nel movimento orizzontale il materiale è spinto in avanti lungo il fondo del confinamento, nel movimento verticale il materiale ruota assieme alla vite lungo una condotta.

Nelle viti orizzontali il materiale può essere caricato e scaricato in diversi punti, lo scarico viene direzionato mediante rampe. Le viti verticali hanno un punto di carico in basso ed uno di scarico in alto.

Il massimo grado di riempimento, in relazione alla sezione della vite è del 40% per i canali e 80% per le condotte.

La massima produttività per una vite verticale, senza alzare eccessivamente i costi, è di 1000-2000 tonnellate/ora.

Sono adatti per il trasporto di materiale molto polverulenti come ossido di alluminio in polvere, cemento, grano, gesso, fertilizzanti, carbone, calce, fosfati.

Sono adatti per il trasporto di deiezioni animali e polpa di barbabietola da zucchero con una portata fino a 900 tonnellate/ora con sezioni fino a 2 metri.

I trasportatori a vite sono usati per il trasporto di materiale sia polverulento sia granulare su distanze relativamente brevi (40 m). Inadatte a materiali abrasivi o che tendono ad impaccarsi.

Questi sistemi sono compatti ed, a causa dei sistemi di carico scarico, possono raggiungere aree difficilmente raggiungibili per altre vie sebbene non siano adatti per navi con piccole aperture di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

stiva.

Il consumo di energia è relativamente alto dovuto alla potenza richiesta dal movimento a vite.

Emissioni: le viti verticali sono sempre chiuse, quelle orizzontali aperte o chiuse. In tutti i casi la polvere viene emessa nel punto in cui il materiale viene caricato e scaricato a meno che questi non siano confinati.

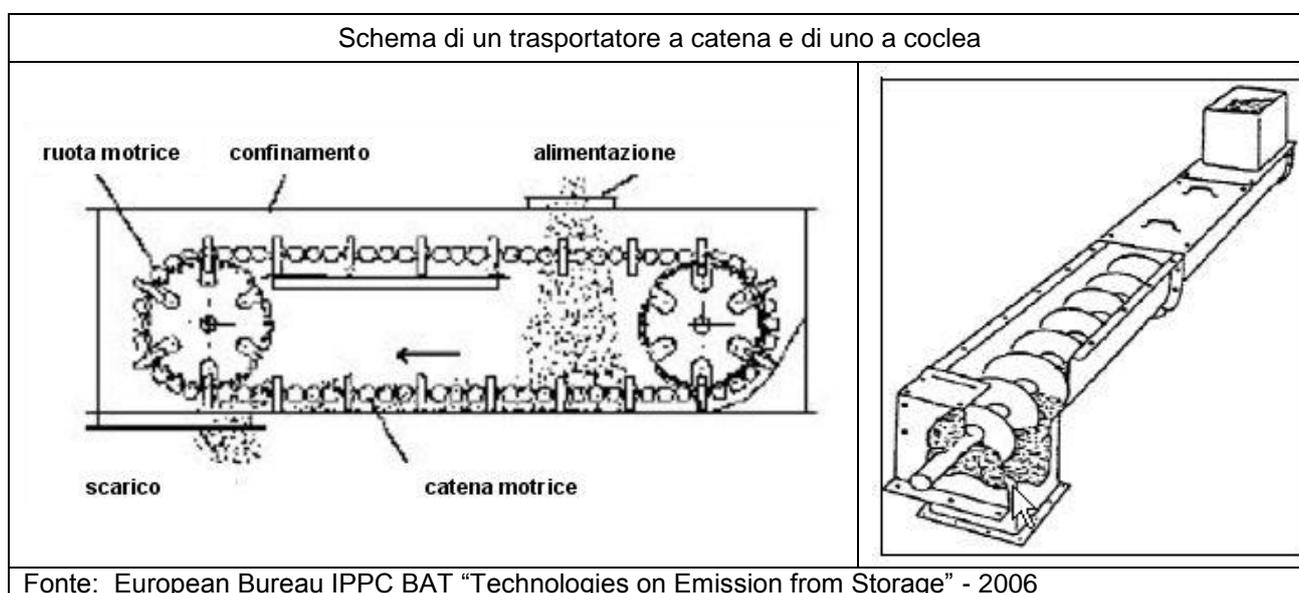


Figura 4.16

5. Trasportatori a nastro tubolari chiusi

Le altre tipologie si riferiscono a trasportatori a nastro in cui il nastro stesso od un secondo nastro blocca il materiale. Queste tipologie di nastri trasportatori sono stati descritti al paragrafo "descrizione" della presente scheda e, riassumendo, afferiscono ai seguenti modelli di nastri trasportatori:

- a cappio
- tubolare
- doppio (a sandwich)
- ripiegabile
- a cerniera (a zip)

In **tabella 4.2** sono state sintetizzate le caratteristiche principali di queste tipologie di nastri mentre in **figura 4.17** sono stati riportati i risultati di misurazioni di polveri inalabili e respirabili (si veda la differenza rispetto alle polveri PM₁₀ in base a quanto riportato nel Capitolo 1) condotte all'interno di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

uno stabilimento per la produzione di cemento in corrispondenza di nastri trasportatori chiusi (tubolari) ed aperti utilizzati per il trasporto di clinker di cemento. Si noti quanto le misure di polveri inalabili e respirabili condotte in postazioni ubicate presso e tra le rulliere del nastro tubolare chiuso in funzione siano prossime ai valori di fondo ambientale rilevati nelle stesse postazioni a nastro fermo. Di diversa entità invece i risultati ottenuti nelle stesse postazioni presso nastro aperto e confinato in funzione.

Caratteristiche generali di nastri trasportatori chiusi				
Tipologie ⇒	nastro trasportatore a coppia	nastro trasportatore tubolare	nastro trasportatore doppio	nastro trasportatore ripiegabile
caratteristiche ↓				
Sviluppato per una situazione specifica	meno perdite di materiale (anche quindi dispersione polvere) qualità del prodotto non influenzata dal clima possibilità di superare tratti in forte pendenza a parte il nastro doppio possono fare curve molto strette: fare curve significa non aver bisogno di punti di trasferimento dove è più difficile controllare la emissione di polvere			
Svantaggi/Vantaggi	Curve: il raggio della curva può essere anche di soli 0,4 m	Possibile superare pendenze da 20-40° fino a 60° Curve: il raggio della curva deve essere di diverse centinaia di metri	Possibile superare pendenze ° fino a 90° Curve: il raggio della curva può essere di pochi metri	
Applicabilità	SI	SPESSO	SI	POCO FREQUENTE
Capacità	400 t/h	fino a 3000 t/h	fino a 400° t/h teoricamente fino a 15000 t/h	nella pratica fino a 1500 t/h
Materiale trasportato	< 100 mm	Non troppo grossi	Non troppo grossi	Non troppo grossi
Benefici Ambientali	La differenza in termini di efficienza nella gestione delle emissioni di polvere tra un nastro aperto ed uno coperto con lo stesso numero di punti di trasferimento è dell'80-90%. Usando un tubolare e risparmiando due punti di trasferimento: 95-98%. Per minerali e rocce sale a: coperto: 95-98% tubolare con due punti di trasferimento in meno: 98-99%			
Fonte: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" - 2006				

Tabella 4.2

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

Data

20/06/2011

Misure di polveri inalabili e respirabili effettuate presso diversi nastri trasportatori in un impianto di produzione del cemento

apparato di prelievo tipo di campionamento tipo di preselettore postazione	Q portata di aspirazione [dm ³ /min] t durata del campionamento [min]	massa polvere raccolta al netto dei bianchi [mg]	V _A volume aspirato [m ³]	V _{AC} volume aspirato corretto [m ³]	concentrazione polveri [mg/m ³]	Parametri ambientali [medie]
campionatore portatile SKC UNIVERSAL utilizzato come stazionario campionamento ambientale di polveri INALABILI preselettore: <i>grembialino conico ugello Ø 7 mm</i> NASTRO CHIUSO "PIPE" FERMO FONDO AMBIENTALE TRA LE RULLIERE	Q = 2,8 dm ³ /min t = 302 min	0,02	0,846	0,759	0,03	P: 944 hPa T = 10,5 °C φ = 45,5 %
campionatore portatile SKC AIRCHECK utilizzato come stazionario campionamento ambientale polveri RESPIRABILI preselettore: <i>GK cyclone</i> NASTRO CHIUSO "PIPE" FERMO FONDO AMBIENTALE TRA LE RULLIERE	Q = 4,2 dm ³ /min t = 302 min	0,02	1,268	1,138	0,02	P: 944 hPa T = 10,5 °C φ = 45,5
campionatore portatile SKC UNIVERSAL utilizzato come stazionario campionamento ambientale polveri INALABILI preselettore: <i>grembialino conico ugello Ø 7 mm</i> NASTRO CHIUSO "PIPE" IN FUNZIONE VICINO ALLE RULLIERE	Q = 2,8 dm ³ /min t = 365 min	0,06	1,022	0,922	0,07	P: 943 hPa T = 8,5 °C φ = 63 %
campionatore portatile SKC AIRCHECK utilizzato come stazionario campionamento ambientale polveri RESPIRABILI preselettore: <i>GK cyclone</i> NASTRO CHIUSO "PIPE" IN FUNZIONE VICINO ALLE RULLIERE	Q = 4,2 dm ³ /min t = 291 min	0,03	1,222	1,103	0,03	P: 943 hPa T = 8,5 °C φ = 63 %
campionatore portatile SKC UNIVERSAL utilizzato come stazionario campionamento ambientale di polveri INALABILI preselettore: <i>grembialino conico ugello Ø 7 mm</i> NASTRO CHIUSO "PIPE" IN FUNZIONE TRA LE RULLIERE	Q = 2,8 dm ³ /min t = 370 min	0,05	1,036	0,935	0,05	P: 943 hPa T = 8,5 °C φ = 63 %
campionatore portatile SKC UNIVERSAL utilizzato come stazionario campionamento ambientale polveri RESPIRABILI preselettore: <i>Higgins Dewell cyclone</i> NASTRO CHIUSO "PIPE" IN FUNZIONE TRA LE RULLIERE	Q = 2,2 dm ³ /min t = 370 min	0,02	0,814	0,735	0,03	P: 943 hPa T = 8,5 °C φ = 63 %
campionatore portatile SKC UNIVERSAL utilizzato come stazionario campionamento ambientale di polveri INALABILI preselettore: <i>grembialino conico ugello Ø 7 mm</i> NASTRO APERTO IN FUNZIONE TRA LE RULLIERE	Q = 2,8 dm ³ /min t = 354 min e t = 290 min	8,84 e 5,55	0,991 e 0,812	0,864 e 0,689	9,1	P: 943 hPa T = 18,5 °C φ = 28 % P: 942 hPa T = 26 °C φ = 19 %
campionatore portatile SKC AIRCHECK utilizzato come stazionario campionamento ambientale polveri RESPIRABILI preselettore: <i>Higgins Dewell cyclone</i> NASTRO APERTO IN FUNZIONE TRA LE RULLIERE	Q = 2,2 dm ³ /min t = 354 min e t = 290 min	0,71 e 0,22	0,779 e 0,638	0,679 e 0,542	0,72	P: 943 hPa T = 18,5 °C φ = 28 % P: 942 hPa T = 26 °C φ = 19 %

Fonte: interna

Figura 4.17

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.5.7 Approcci primari – per materiali afferenti alle classi di dispersività S1-S3 – utilizzo di nastri trasportatori privi di pulegge di supporto

Una sorgente importante di polverosità è costituita dal contatto con le pulegge da parte del nastro in fase di ritorno. Per evitare queste sorgenti si può lavorare in assenza di pulegge (**figura 4.18**) ed utilizzare le seguenti tipologie di nastro, facilmente chiudibili ed adatte perciò a materiali polverosi non bagnabili:

1. nastri aerobelt

Il nastro che porta il materiale si muove sulla sommità di una lastra caratterizzata dalla presenza di piccoli fori attraverso i quali viene soffiata aria. Si crea perciò un film d'aria che tra lastra e nastro che muove lo stesso.

Rispetto ad un nastro convenzionale chiuso le emissioni si riducono del 60-90%. La lunghezza massima è di 300 m, lo spessore di 300 – 1800 mm, infine la capacità di 3400 m³/h

2. trasportatori a basso attrito

Il nastro viene chiuso e scorre su un altro nastro o, parzialmente, su una lastra od una piastra a bassa resistenza all'attrito. Ciò richiede tuttavia una elevata resistenza per cui le lunghezze e le portate sono ridotte:

Rispetto ad un nastro convenzionale chiuso le emissioni si riducono del 60-90%.

La lunghezza massima è di 300 m, lo spessore è di 300 – 1800 mm, infine la capacità di 3400 m³/h.

3. trasportatori con pulegge a diavolo

Il nastro si adatta alla forma a “diavolo” delle pulegge di sostegno.

Rispetto ad un nastro convenzionale chiuso le emissioni si riducono del 60-90%.

La velocità della superficie della puleggia diavolo non si armonizza in ogni punto con quella del nastro a causa della forma della puleggia. Ciò può comportare eccessiva usura del nastro. Si risolve incrementando la tensione del nastro per evitare il contatto con la puleggia nella parte mediana

La lunghezza massima è di 300 m, lo spessore è di 300 – 1800 mm, infine la capacità di 3400 m³/h.

Circa l'energia consumata: uno studio su un nastro da 10 km convenzionale indica forti risparmi in caso di:

- buon progetto e spaziatura delle pulegge
- tolleranze nella installazione

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

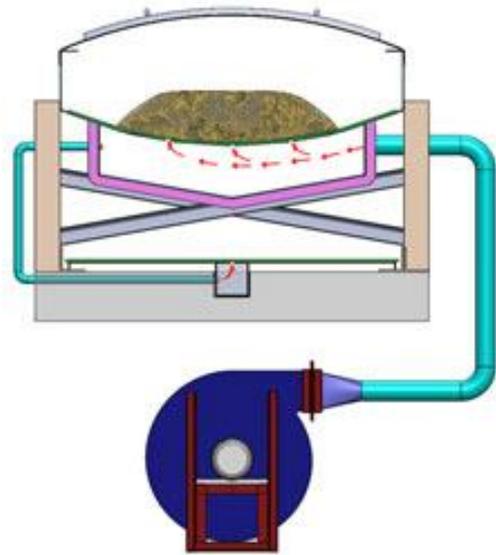
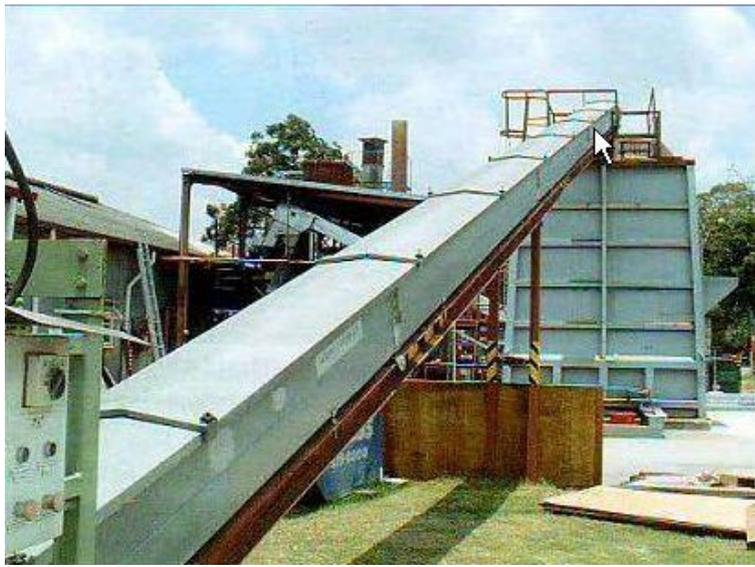
F0

Data

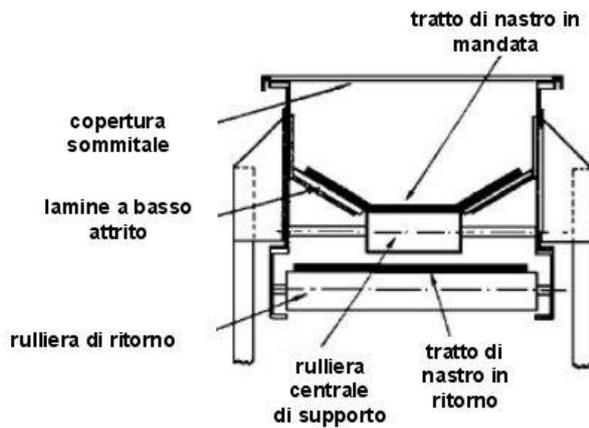
20/06/2011

- copertura pulegge con bassa resistenza al rotolamento

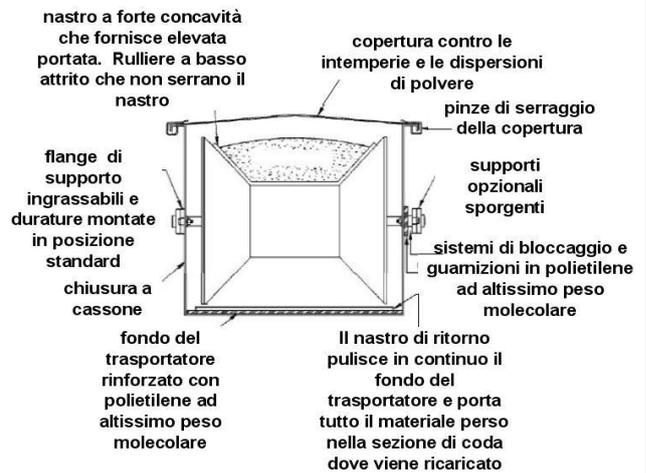
Tipologie di nastri trasportatori privi di pulegge di supporto



Nastro aerobelt



Nastro a basso attrito



Nastro a diablo

Fonte: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" - 2006

Figura 4.18

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.5.8 Approcci primari – per materiali afferenti alle classi di dispersività S1-S3 ed S4-S5 – utilizzo di alimentatori a bassa dispersione di polveri

L'alimentazione e lo scarico sono i punti più significativi per la formazione di polvere dai sistemi di trasporto continui. Alcune tipologie (figura 4.19) tipiche di alimentatori sono

- **Nastroalimentatori**

Sono tramogge rettangolari. Il materiale cade dalla unità di stoccaggio sopra la tramoggia sul trasportatore ubicato dietro di essa.

- **Alimentatore a rullo**

Sono aperture realizzate al fondo di bunker o silos. Il materiale viene caricato in un alimentatore rotante. Il rullo convoglia il materiale al trasportatore ubicato dietro di esso.

La portata di scarico varia con quella di rotazione del rullo.

- **Alimentatore a vite**

Gli alimentatori a vite corrispondono al classico convogliatore a vite. Attraverso la rotazione del convogliatore a vite ubicato in una struttura di confinamento il materiale viene trasportato in modo controllato da un alimentatore longitudinale che si apre su sul sistema di trasporto vero e proprio

- **Distributore rotante**

Sono usati per alimentare bunker e silos. Il materiale scivola da una piastra inclinata ricavata al fondo del sistema di stoccaggio lungo una fenditura di scarico. Un meccanismo di scarico si muove lungo la apertura a fenditura. Fissato a questo meccanismo c'è un sistema a tazze o pale rotanti che rimuove il materiale dalla uscita a fenditura e lo fa precipitare sul nastro trasportatore.

- **Alimentatore rotante**

Sono usati per alimentare nastri trasportatori collegati a bunker e silos. Lo scarico viene effettuato da una cella a palette rotanti confinata in un cilindro connesso ad ingressi ed uscite tronco - cilindriche. Ingresso ed uscita dell'alimentatore sono giuntati a tenuta al silos ed al sistema di trasporto.

Le emissioni occorrono per gli alimentatori non confinati. La non adattabilità o corretta scelta di un alimentatore nei confronti del sistema di stoccaggio o di trasporto ha per conseguenza la sovra alimentazione e quindi occorrenza di emissioni. La non adattabilità può anche essere dovuta a una scorretta velocità di marcia del trasportatore o di alimentazione dell'alimentatore.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

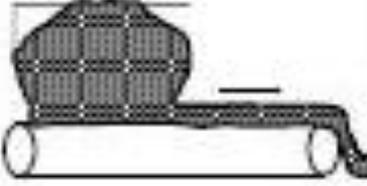
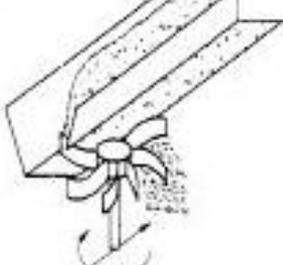
Tipologie di alimentatori		
		
Nastro alimentatore	Alimentatore a rullo	
		Alimentatore rotante
Nastro alimentatore	Distributore rotante	
Fonte: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" - 2006		

Figura 4.19

4.5.9 Approcci primari – per materiali afferenti alle classi di dispersività S4-S5 o misure supplementari per materiali afferenti alle classi di dispersività S1-S3

Per evitare l'emissione di polvere dalla sommità di un nastro trasportatore occorre:

- aumentare la tensione del nastro
- mettere le pulegge di supporto il più possibile ravvicinate (ridondare)
- ubicare una lastra di supporto sotto al nastro nella sezione di carico (vedi paragrafo 4.5.6)
- diminuire la velocità del nastro
- aumentarne la concavità

Per evitare l'emissione di polvere dal fondo di un nastro trasportatore occorre:

- scegliere un nastro che prevenga l'impaccamento di materiale
- utilizzare additivi che impediscano l'agglomerazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011	

4.6 Soluzioni di mitigazione per nastri trasportatori classificabili come approcci secondari

4.6.1 Approcci secondari: schermature per nastri trasportatori all'aperto

a. Installazione di barriere per ridurre la velocità del vento

Sono i classici sistemi (**figura 4.20**) utilizzati per ridurre la velocità del vento per esempio per limitarne l'azione erosiva su appezzamenti di terreni esposti o in prossimità di cumuli. In questo caso devono essere applicate lungo il percorso del nastro o in prossimità di un punto critico.

Comprendono:

- cancellate antivento
- barriere antineve
- reti antivento in iuta
- piantumazioni e antivento

Le barriere ubicate ad angolazione corretta rispetto alla direzione dei venti dominanti e spaziate a distanze pari a 15 volte l'altezza della barriera stessa possono essere veramente efficaci per il controllo dell'effetto del vento sul nastro considerando però l'altezza a cui è collocato il nastro.

L'altezza delle cancellate o delle barriere antivento dovrebbe essere di almeno 1-1,5 m con porosità inferiore al 50% in caso di combinazioni con reti antivento, tutte ubicate in particolare in prossimità del confine del cantiere con strade pubbliche



Figura 4.20

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

b. schermature

Sono applicabili (**figura 4.21**) a trasportatori aperti all'aperto per proteggerli dall'effetto del vento.

Si dividono in:

- schermi longitudinali
- schermi trasversali

Sono applicabili lungo il trasporto ma in particolare in testa ed allo scarico (in combinazione con irroratori/nebulizzatori ad acqua)

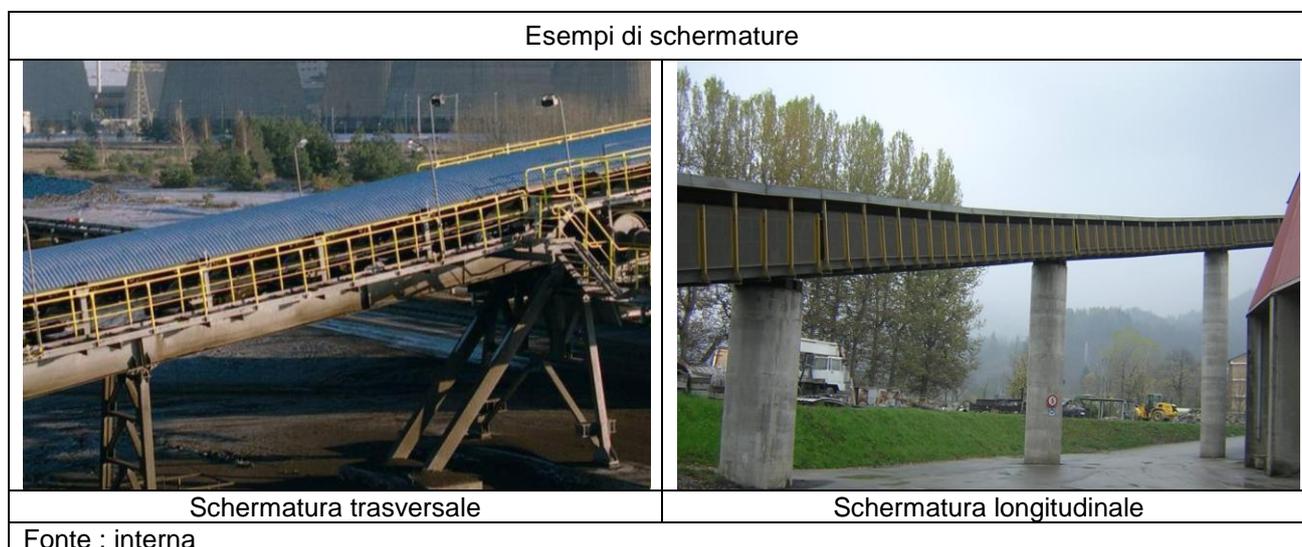


Figura 4.21

4.6.2 Approcci secondari: chiusure e coperture delle sorgenti emissive

1. Confinamenti

I sistemi di confinamento sono una tecnica efficace per il controllo delle dispersioni di polvere da molti punti degli impianti di processo di minerali e rocce compresi i nastri trasportatori.

I confinamenti possono essere applicati sia sui punti di trasferimento (tipici) sia sui tratti di trasporto.

I confinamenti applicati ai punti di trasferimento sono normalmente corredati da sistemi, cortine antipolvere, per trattenere la polvere aerodispersa e per limitare l'ingresso di aria, richiamata dal movimento di materiale, all'interno del confinamento stesso.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Circa i confinamenti applicati lungo il tratto di trasporto si possono citare le seguenti tipologie:

a. Tratti di trasporto: confinamenti parziali

La più comune tipologia afferisce all'uso di paratie in gomma laterali (vedi **figura 4.12**) progettate per mantenere il materiale sul nastro in particolare immediatamente dopo l'uscita dagli scivoli di carico. Un profilo inclinato delle paratie, con angoli di circa 30°, rispetto alla verticale è più vantaggioso rispetto ad un profilo verticale tipico anche per motivi di usura delle stesse paratie. L'utilizzo di questi sistemi consente anche miglioramenti nelle modalità di carico del materiale sul nastro e riduce la quantità di polvere generata.

Altri sistemi di confinamento sono le calotte o le semicalotte (**figura 4.22** detti anche cofani) applicate sui tratti di trasporto



Figura 4.22

b. Tratti di trasporto: confinamenti totali

I confinamenti totali applicati sui tratti di trasporto possono essere:

- costruzioni in muratura o, se è possibile sfruttarle, in gallerie
- sistemi a a tetto o calotta sommitale con paratie laterali tali da limitare l'effetto del vento (grigliati o lamine) e sistemi di base tali da trattenere nel confinamento il materiale o la polvere persa

c. Punti caratteristici: confinamenti totali

Verranno trattati al paragrafo successivo in relazione al fatto che su questa tipologia di confinamenti, vista la caratteristica del punto in cui sono applicati, sono installati sistemi di aspirazione, bagnatura e nebulizzazione d'acqua.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per punto caratteristico si intende:

- il punto di carico sul nastro di materiale proveniente da vari sistemi di stoccaggio o macchine (frantumatori, vagli, molini)
- il punto di scarico da un nastro ad un sistema di stoccaggio od una macchina (frantumatore, vaglio, molino)
- un punto di trasferimento da nastro a nastro.

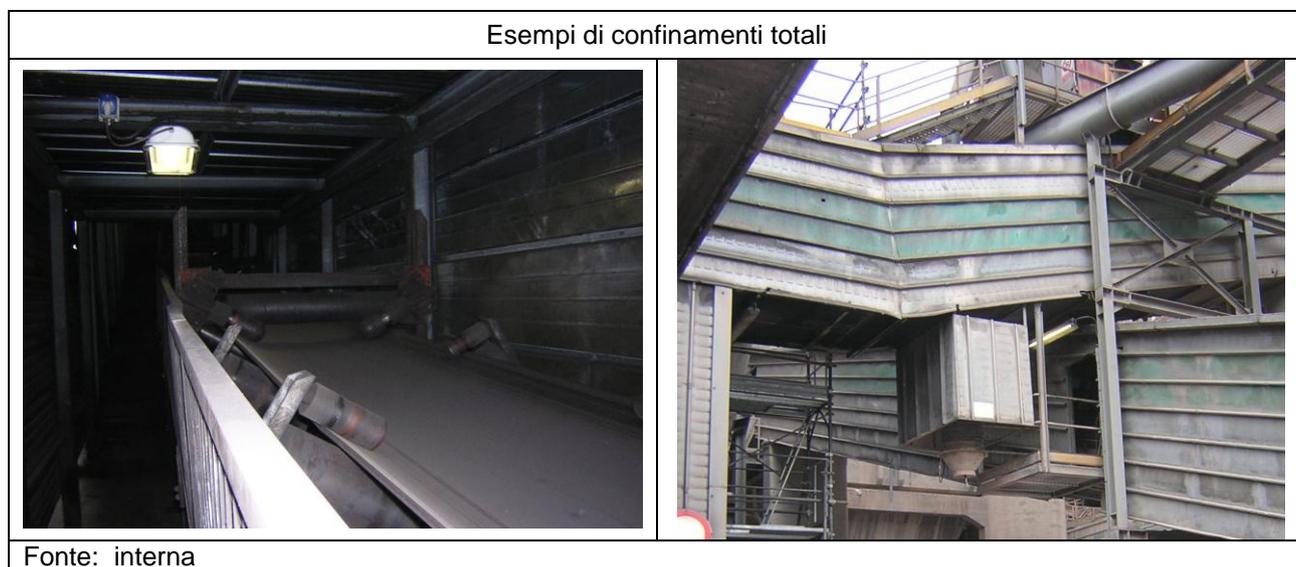


Figura 4.23

Sono punti soggetti a confinamento totale (**figura 4.23**) giacchè in queste zone, per effetto Venturi dovuto al movimento di materiale, viene richiamata molta aria ("flusso di aria indotto", Q_{ind} vedi [Appendice 2](#)) che contribuisce alla aerodispersione della polvere e che può mettere in pressione il confinamento stesso se sotto dimensionato .

I confinamenti totali applicati ai punti di trasferimento devono possedere le seguenti caratteristiche::

- essere coperti e chiusi da almeno tre lati,
- avere sezione trasversale ampia per diminuire la velocità dell'aria richiamata dallo scarico del materiale ma sufficientemente stretta per massimizzare l'efficacia degli eventuali sistemi di abbattimento ad umido (mediante nebulizzazione d'acqua) della polvere aerodispersa mediante nebulizzatori d'acqua
- essere corredati da sistemi detti "cortine antipolvere" aventi il duplice obiettivo di:
 - limitare il richiamo d'aria

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- trattenere la polvere all'interno del confinamento.

Ai punti di trasferimento, un noto produttore di sistemi di gestione polvere per nastri trasportatori suggerisce:

- a valle del punto di scarico il confinamento si deve estendere in lunghezza ad almeno tre volte la larghezza del nastro ed in altezza per una distanza pari ad una volta la larghezza del nastro
- a monte del punto di scarico il confinamento si deve estendere in lunghezza ad almeno una volta la larghezza del nastro

2. Le cortine anti polvere

Le cortine antipolvere (**figura 4.24**) sono utilizzate: per bloccare la polvere all'interno di un confinamento applicato in un punto caratteristico (per dispersione di polvere) di un nastro trasportatore. Ovviamente tra questi, i punti in cui sicuramente sono da installarsi comprendono: la sezione di testa o di scarico, la sezione di coda o di carico ed eventuali punti di scarico intermedi.

Sono fatte di gomma (molto costose) con una resistenza elastometrica alla intaccatura (resistenza durometrica – metodo ASTM D 2240) pari a 60-65 (con 100: nessuna intaccatura misurabile) e possono essere incernierate alle suddette sezioni per consentire facili accessi durante le fasi di manutenzione.

Le strisce di plastica o anche di gomma aventi le stesse caratteristiche delle cortine hanno invece lo scopo di:

- limitare il richiamo d'aria dalla sezione di ingresso di un punto di trasferimento dovuto al movimento del materiale
- massimizzare la zona di influenza di una aspirazione localizzata costituendo intorno al sistema di aspirazione un punto semi – flangiato

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

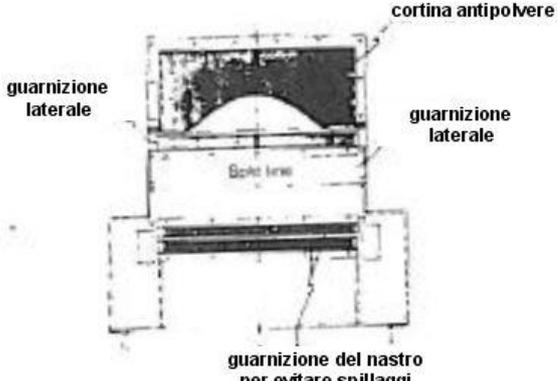
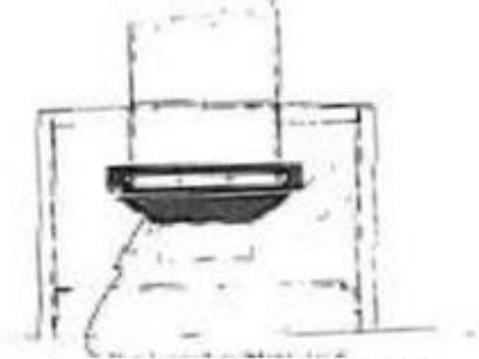
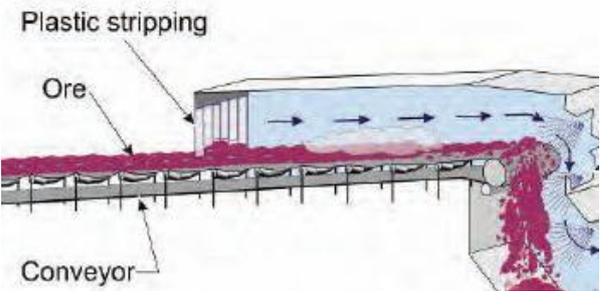
Figura 4.24: esempi di cortine e strisce antipolvere	
 <p style="text-align: center;">cortina antipolvere</p>	 <p style="text-align: center;">cortina antipolvere</p> <p>guarnizione laterale guarnizione laterale</p> <p style="text-align: center;">Bolt line</p> <p style="text-align: center;">guarnizione del nastro per evitare spillaggi</p>
cortina antipolvere semplice	cortina antipolvere alla puleggia di testa
 <p style="text-align: center;">guarnizione nastro per evitare perdite nella parte retrostante</p>	 <p>Plastic stripping</p> <p>Ore</p> <p>Conveyor</p>
cortina antipolvere alla puleggia di coda	strisce in plastica per limitare il richiamo di aria
	
cortine antipolvere dopo punto di carico	cortine antipolvere dopo punto di carico
Fonti: V. Mody "Dust control handbook" New Jersey USA 1988, NIOSH - "Handbook for dust control in metal/non-metal mining e http://www.aeec.com/	

Figura 4.23

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.6.3 Approcci secondari: sistemi ad aspirazione localizzata

L'utilizzo di sistemi di aspirazione localizzata e pertanto di estrattori d'aria connessi a stadi di abbattimento e raccolta delle polveri abbattuta è una pratica comune sia in termini di cappe localizzate in più punti caratteristici (essenzialmente punti di carico e scarico e punti di trasferimento) e connessione ad un'unica unità di depolverazione (impianti di aspirazione centralizzati) dell'aria estratta sia in termini di singoli estrattori connessi a singole unità di depolverazione ed abbattimento.

Occorre ricordare che le unità di aspirazione ed abbattimento singole sono usate se la distanza sorgente – impianto centralizzato è elevata o se la polvere è abrasiva o esplosiva, ovviamente, in caso di più sorgenti l'utilizzo di un sistema centralizzato con un' unica unità di abbattimento è meno costosa di più unità di abbattimento sia in termini di investimento sia in termini di manutenzione.

In Appendice 2 vengono sinteticamente descritti gli approcci di progetto ai sistemi di estrazione d'aria e le caratteristiche generali dei sistemi di abbattimento a secco ed ad umido della polvere raccolta.

In genere nei punti caratteristici dei nastri trasportatori vengono applicate unità di aspirazione ed abbattimento singole composte da un sistema di pre abbattimento ciclonico per eliminare la polvere grossolana raccolta ed una unità depolverante principale quasi sempre costituita da filtri a maniche o filtri a cartucce con i seguenti vantaggi:

- ampio spettro di applicazioni
- alte efficienze
- alta disponibilità
- lungo tempo di vita
- semplicità costruttiva
- ampia gamma di elementi filtranti: tubi, sacche, cartucce
- ampia gamma di sistemi di pulizia dei filtri: scuotimento meccanico, impulsi, aria in contropressione

Sempre in relazione alla applicazione di aspirazioni localizzate su punti caratteristici di nastri trasportatori occorre:

decidere se utilizzare un sistema a bassa o alta velocità di transito dell'aria nei condotti;

decidere la distanza del piano aspirante della cappa (punto iniziale del sistema di aspirazione) dalla sorgente di polverosità: il sistema deve captare polvere e non materiale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In genere:

- come è stato descritto nel paragrafo relativo ai confinamenti ed in generale nei paragrafi precedenti, i confinamenti dei punti caratteristici in cui sono applicate aspirazioni localizzate devono essere attrezzati (a monte e valle del punto di carico/trasferimento nei punti di ingresso ed uscita del nastro dal confinamento) con sistemi di tenuta (cortine o altri sistemi citati) realizzando ciò che viene normalmente definito “confinamento ristretto dei punti di carico/scarico/trasferimento”: ciò limita le aperture da cui può entrare l’aria richiamata dalla presenza del sistema di aspirazione, entrare l’aria indotta dalla caduta del materiale e fuoriuscire per effetto pistone la nube di polvere formata dopo la caduta del materiale;
- il sistema di aspirazione deve mantenere una velocità di aspirazione sul piano di ingresso della cappa aspirante pari ad almeno, regola empirica della Mining Association of Canada, 1,2 m/s a cui vanno aggiunti 0,3 m/s come fattore di sicurezza (quindi di 1,5 m/s). Se il nastro trasportatore sta lasciando il confinamento una regola empirica prevede 1,2 m/s di velocità dell’aria alla sezione aspirante più il valore di velocità di marcia del nastro per contrastare l’effetto di trascinamento. Un’ulteriore regola empirica prevede 1200 - 1400 m³/h al “piede” di larghezza del nastro. Per evitare il trascinamento di polvere grossolana la Mining Association of Canada suggerisce di sagomare la cappa aspirante in modo che la velocità di aspirazione sul piano frontale sia inferiore a 2,5 m/s.
- il piano della cappa aspirante deve essere ubicato, sempre per evitare di catturare polvere grossolana (Mining Association of Canada), ad almeno 1,8 m dal punto di carico/scarico/trasferimento;
- per evitare la sedimentazione di polvere nei condotti di aspirazione che portano allo stadio di abbattimento viene suggerito un angolo non minore di 58° per i condotti in rimonta ed una velocità di transito dell’aria nei condotti orizzontali (che devono essere provvisti di sportelli di ispezione e pulizia del sedimentato) compresa tra 18-20 m/s. Si veda tuttavia quanto riportato in Appendice 2 in merito ai sistemi di aspirazione a bassa velocità dell’aria nei condotti.

In **figura 4.25a** viene raffigurata la formazione di polveri nei punti di carico o di trasferimento di materiale su e da nastro dovuta essenzialmente a fenomeni di richiamo di aria legati alla caduta del materiale.

In **figura 4.25b** viene raffigurato un punto di trasferimento tra nastri corredato da:

- confinamento stretto con cortine plastiche di guarnizione per limitare richiamo di aria sia dalla caduta del materiale sia dalla depressione creata dal sistema aspirante

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- sistema di aspirazione ubicato a 1,8 metri dal punto di trasferimento.

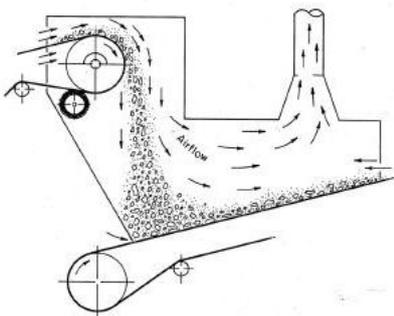
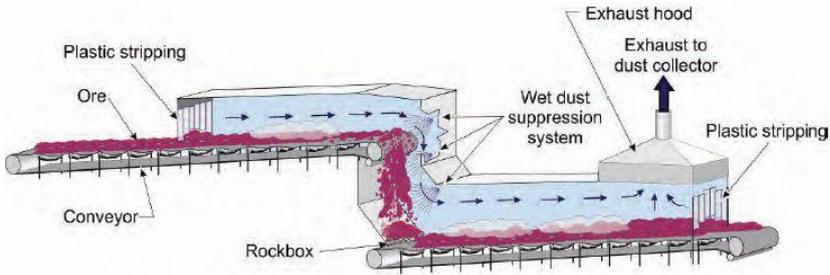
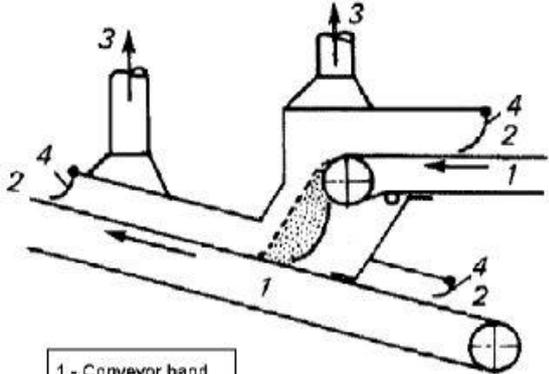
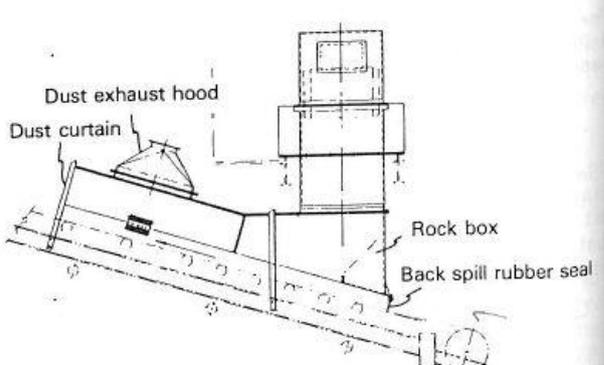
Esempi di installazione di sistemi di aspirazione localizzata			
			
a formazione di polvere per richiamo di aria	b punto di trasferimento di due nastri con presenza di sistema di aspirazione localizzata		
 <div data-bbox="245 1355 432 1460" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;"> 1.- Conveyor band 2.- Air Inlet 3.- Suction Point 4.- Apron </div>			
c confinamento totale al punto di trasferimento di due nastri con doppia cappa aspirante	d confinamento totale ristretto di un punto di alimentazione di un nastro con rock box		
Fonti: V. Mody "Dust control handbook" New Jersey USA 1988, NIOSH - "Handbook for dust control in mining" and "Handbook for dust control in metal/non-metal mining e European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" - 2006			

Figura 4.25

In **figura 4.25c** viene raffigurato un confinamento totale ristretto con installazione di un sistema di aspirazione al punto di trasferimento tra due nastri trasportatori. A monte e valle del punto di carico sono state installate due guarnizione in gomma per limitare il richiamo di aria dovuto alla caduta del materiale ed ai sistemi in aspirazione. Al punto di caduta del materiale l'altezza di caduta e l'energia di impatto vengono limitate scivolo di discesa. A circa 1,8 metri in altezza ed in distanza orizzontale dal punto di carico sono stati ubicate due cappe aspiranti

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In **figura 4.25d** viene raffigurato un confinamento totale ristretto con installazione di un sistema di aspirazione al punto di carico di un nastro trasportatore. A monte del punto di carico è stata installata una guarnizione in gomma per limitare il richiamo di aria dovuto alla caduta del materiale. A valle una cortina antipolvere per evitare che la nube di polvere formatasi dalla caduta del materiale fuoriesca dal confinamento. Al punto di caduta del materiale l'altezza di caduta e l'energia di impatto vengono limitate mediante rock box. A circa 1,8 metri dal punto di carico è stata ubicata la cappa aspirante

4.6.4 Approcci secondari: gestione del materiale perso da un nastro trasportatore

a. Separatore per perdite di materiale

Le perdite di materiale o di polvere possono cadere sul lato non trasportante del nastro ed eventualmente accumularsi sulla superficie della puleggia di coda. L'accumulo può comportare movimenti che spostano il nastro lateralmente rendendo le guarnizioni in gomma laterali della sezione di carico inefficaci. Per evitare ciò occorre installare un vomere o un separatore a V (**figura 4.26a**) sul lato non trasportante del nastro con lo scopo di pulirlo, prevenire accumulo di materiale e polvere sulla puleggia di coda e mantenere l'allineamento.



Figura 4.26

b. Raccoglitori rotanti

I raccoglitori rotanti (**figura 4.26b**) sono posizionati su quelle parti di nastro dove conviene ovvero dove molto materiale cade dalla parte sottostante del nastro. Ruotano lentamente, raccolgono il materiale e lo riportano sul nastro. E' una tecnica impiegata su nastri esistenti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.6.5 Approcci secondari: sistemi di pulizia di nastri trasportatori, bagnatura secondaria e wet suppression

Per evitare emissione di polvere da nastri trasportatori sono adottabili le seguenti tecniche di pulizia:

- raschiatori connessi ad un raccogliatore rotante e ricaricamento del materiale
- lavaggio con acqua
- aria compressa
- scuotimento
- aspirazione dal basso
- giramento del nastro sul tratto di ritorno
- vasca di autolavaggio sotto al nastro

Un esempio di sistema completo è applicato su un nastro di miniera trasportante minerale e ganga costituita da argilla fine al 41% (molto appiccicosa) di umidità, ceneri vulcaniche e roccia silicea.

Per pulire il nastro sono stati installati:

- un raschiatore primario e secondario sulla puleggia di testa
- una serie di rulli per spremere via dal nastro la rimanente parte di fango
- un sistema di sedimentazione e recupero dell'acqua

Benefici: 20-40% di efficienza in funzione della complessità dell'impianto.

Applicabilità:

- sono sistemi che richiedono molta manutenzione
- i recuperatori rotanti sono inadatti a materiale polveroso.

a. Scraper o raschiatori

Sono sistemi (**figura 4.27 a, b, c**) molto efficaci per ridurre la polvere che viene liberata da un nastro trasportatore. Sebbene siano disponibili in diverse tipologie, fogge, nomi commerciali legati ai diversi distributori la loro funzione è sempre la stessa: ridurre il tasso di materiale che viene riportato indietro dal nastro dopo lo scarico del materiale.

Il materiale riportato indietro dal nastro è la quota parte di materiale che rimane appiccicata o adesa al nastro dopo la puleggia di testa. Quando questo materiale asciuga e passa sulle rulliere di ritorno cade dal nastro e si aerodisperde in modo primario o secondario (si frantuma e viene aerodisperso in un secondo momento magari per effetto del vento).

I raschiatori dovrebbero essere installati alla puleggia motrice (solitamente punto di scarico) per

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

rimuovere il particolato fine che rimane adeso alla superficie del nastro e ridurre la perdita di materiale durante il tratto in ritorno. Ai raschiatori dovrebbe essere connesso uno scivolo o un sistema per far ritornare il materiale rimosso nel flusso di materiale scaricato o per stoccarlo in contenitori destinati a discarica. Se il problema è di rilevanza rispetto ai valori di emissione osservati vengono solitamente installati un raschiatore primario in corrispondenza delle puleggia di testa e due o tre secondari nei tratti di ritorno del nastro.

Occorre tuttavia ricordare che la parte di materiale rimasta adesa sul nastro dopo la puleggia di testa e che viene rimossa mediante raschiatori è necessariamente la parte più grossolana del materiale. La parte più fine rimane, anche con utilizzo di multiraschiatori, adesa sul nastro. Nondimeno l'uso di raschiatori evita la caduta di materiale grossolano che può comunque comminarsi a materiale fine ed essere aerodisperso.

Un altro sistema utilizzato per la pulizia del tratto di nastro in ritorno opera per spazzolatura e consiste in una spazzola motorizzata (**figura 4.27 d, e, f**) che pulisca il nastro ruotando in direzione opposta a quella di marcia del nastro. Viene solitamente ubicata vicino alla puleggia di testa, ovvero dove il materiale e quindi il nastro sono ancora sufficientemente umidi (e le particelle agglomerate).

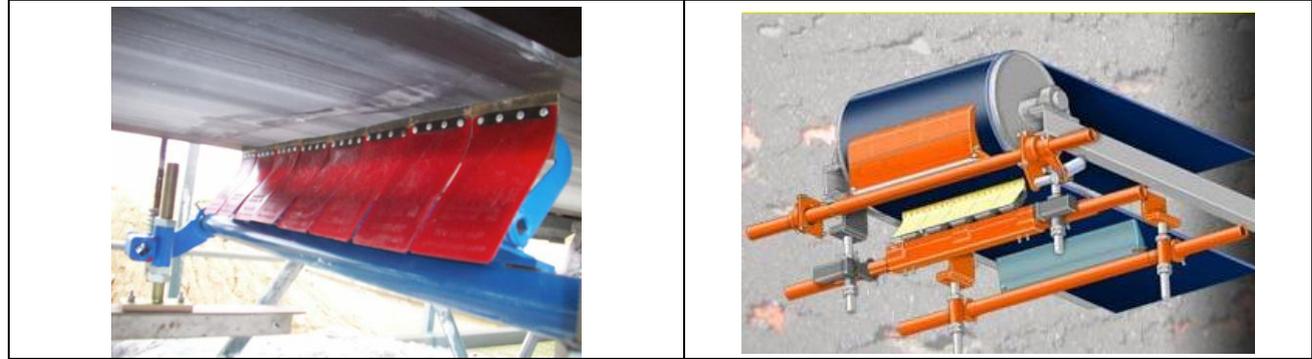
Ovviamente i migliori risultati si ottengono combinato le tecniche di raschiatura e spazzolatura a quelle di bagnatura.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

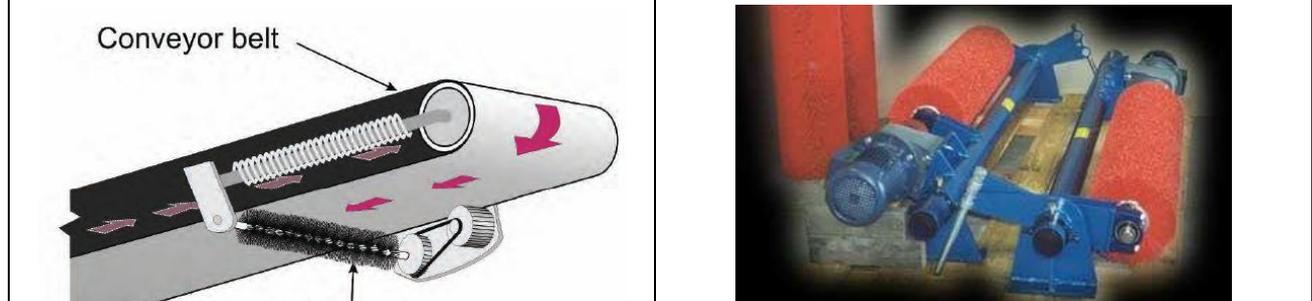
Sistemi di pulizia a secco dei nastri trasportatori



a: raschiatore primario alla puleggia di coda



b: raschiatore secondario dopo la puleggia di coda **c:** raschiatore primario e raschiatori secondari



d: spazzolatore pensionato rotante in senso opposto a quello di marcia del nastro **e:** sistema di spazzolatura

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

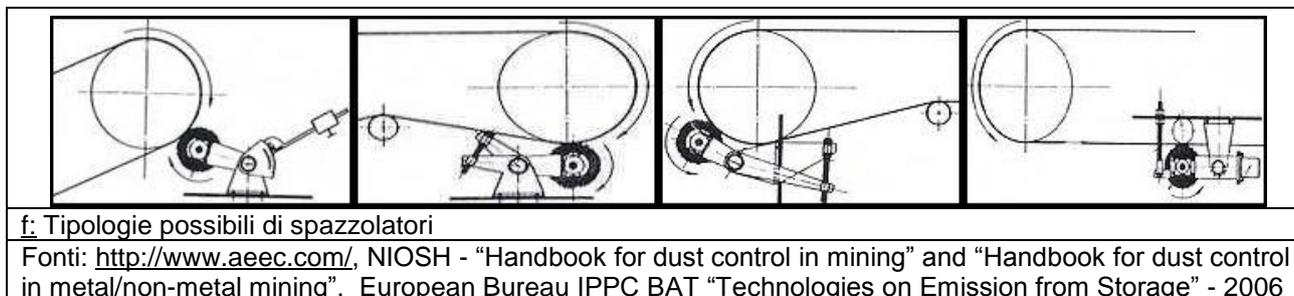


Figura 4.27

b. Irrorazione di acqua per il lavaggio del nastro – lato di carico e lato non di carico e per la bagnatura secondaria del materiale

Per la rimozione dei fini rimasti adesi al nastro dopo operazioni di raschiatura e/o spazzolatura si utilizzano stazioni di bagnatura attrezzate con ugelli full-cone (vedi Appendice 1).

A volte queste stazioni di lavaggio sono seguite (**figura 4.28**) da operazioni di "raschiatura di fino" effettuate con raschiatori in gomma espansa detti "foam-backed carpet o tappeti in gomma espansa o belt wiper" posizionati lungo tutta la lunghezza del nastro e tensionati in modo tale strofinare il tratto di nastro già soggetto a raschiatura. Questa tecnologia viene inoltre applicata al tratto di nastro non soggetto a trasporto di materiale. L'obiettivo è bloccare la polvere fine che qui precipita a causa di perdite dalla puleggia di testa e dalle rulliere superiori.

In letteratura si segnalano, per la bagnatura del nastro combinata ad operazioni di raschiatura, (**figura 4.28**) valori di efficienza in termini di riduzione del materiale rimasto adeso sul nastro nel tratto di ritorno pari a:

- 8-13% per bagnatura effettuata tra i raschiatori primario e secondario o comunque applicata in combinazione al raschiatore secondario

In termini di riduzione delle emissioni di polvere dovute al materiale precipitato dal nastro dopo essere rimasto adeso al tratto di ritorno sono segnalati:

- una riduzione del 48% in termini di polvere respirabile e 78% in termini di polvere totale con l'aggiunta di un sistema spray erogante 150 litri/minuto su un nastro da 1,5 m di larghezza in corrispondenza del raschiatore secondario
- 89-90% con l'uso di raschiatori connessi a stazioni confinate di lavaggio.

Per la bagnatura del tratto "non trasportante materiale" del nastro in combinazione con spazzolatura mediante tappeti in gomma espansa, in letteratura sono segnalati:

- 75% di riduzione sulle polveri respirabili usando il sistema a tappeto ed un ugello full cone erogante 1,2 litri/minuto di acqua.

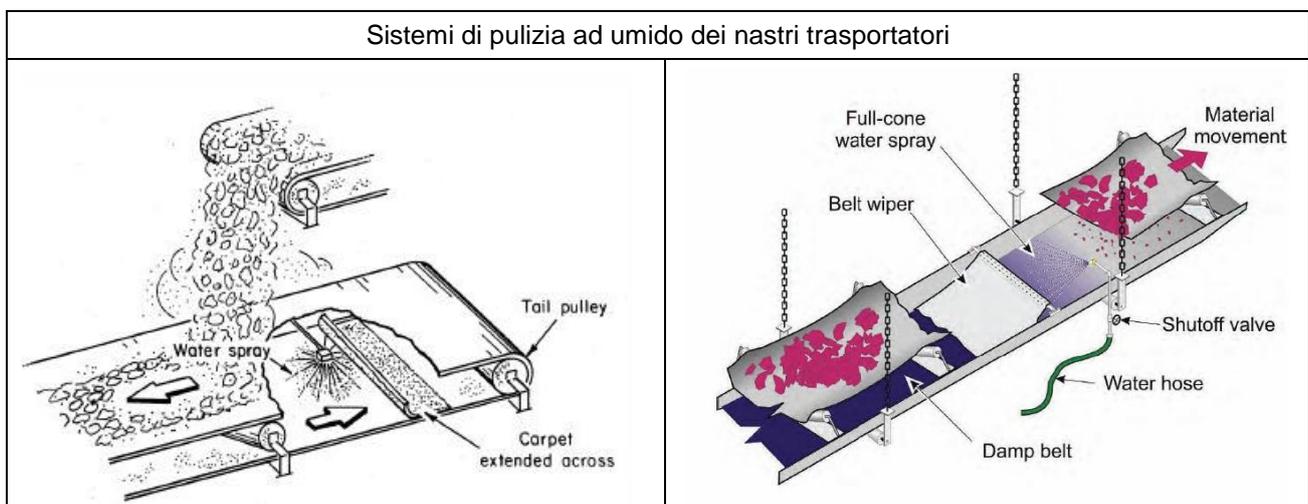
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

- 75% di riduzione utilizzando solo l'ugello full cone settato però a 8 litri al minuto ed ubicato a circa 1500 metri dalla puleggia di coda per evitare lo slittamento del nastro ancora umido

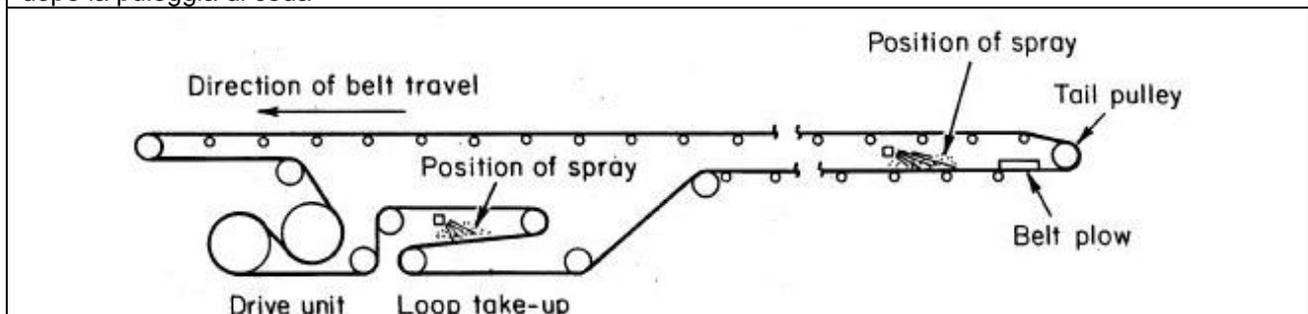
L'utilizzo dei due sistemi combinati, ovvero bagnatura del tratto superiore ed inferiore del nastro (figura 4.28) è stata testata con ottenimento di un 67% di riduzione di polvere respirabile, con il seguente settaggio:

- bagnatura del tratto non trasportante eseguita vicino alla puleggia di coda, prima del tratto di ritorno sotto le rulliere di sostegno, combinata con raschiatura mediante V-Plow,
- bagnatura del tratto di trasporto eseguita prima dei tensionatori e del passaggio alla puleggia di testa
- erogazione complessiva di 2 litri/minuto temporizzata alla partenza del nastro

In figura 4.28 c e d è stato riportato un esempio di stazione per il lavaggio e la raschiatura di entrambi i lati di un nastro trasportatore.



a: sistemi di bagnatura e raschiatura mediante tappeti in gomma espansa del lato non di carico di un nastro dopo la puleggia di coda



b: Sistema per la bagnatura e la raschiatura di entrambi i lati di un nastro trasportatore

Fonti: NIOSH - "Handbook for dust control in mining" and "Handbook for dust control in metal/non-metal

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

mining”

Figura 4.28 a e b

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

Data

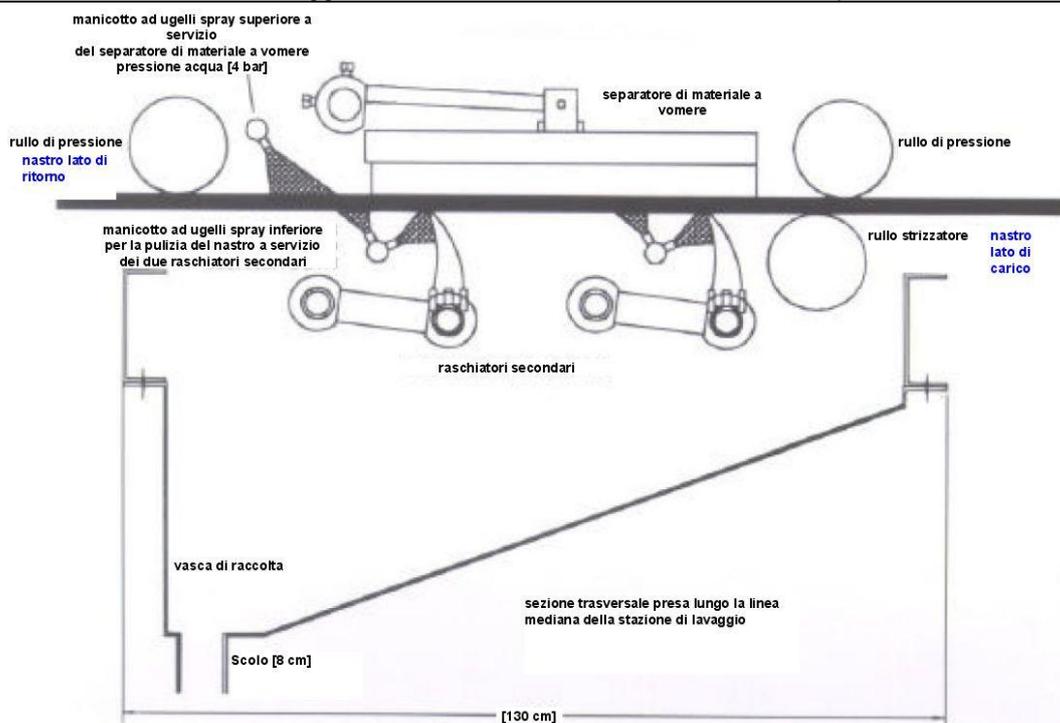
20/06/2011

Sistemi di pulizia ad umido dei nastri trasportatori



Belt Width	Number of Nozzles Per Bar	Total Num. Nozzles	
			6
18	2	4	2,9
24	2	4	2,9
30	3	6	4,3
36	3	6	4,3
42	4	8	5,8
48	4	8	5,8
54	5	10	7,3
60	5	10	7,3
66	6	12	8,7
72	6	12	8,7
78	7	14	10,2
84	7	14	10,2
90	8	16	11,6
96	8	16	11,6

c: stazione di raschiamento e lavaggio chiusa di entrambi i lati di un nastro trasportatore: consumi a 4 bar



d: stazione di raschiamento e lavaggio chiusa di entrambi i lati di un nastro trasportatore: consumi a 4 bar

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fonte: <http://www.aeec.com/>

Figura 4.28 c e d

b1 Irrorazione di acqua per la bagnatura del materiale

La bagnatura del materiale (“approccio pre primario” – vedi paragrafo 4.4.2) all’atto di produzione dello stesso (al fronte di scavo di una galleria per esempio), con l’aggiunta di 0,5-1% in massa di acqua, limita la aerodispersione di polvere durante il trasporto ed in particolare ai punti caratteristici di carico/scarico/trasferimento. In ogni caso, anche in ragione del clima, del vento, dell’ingresso di aria indotta nei punti caratteristici, l’acqua aggiunta in produzione può evaporare e, in termini di approccio secondario, sono utili punti per la ri bagnatura del materiale lungo il percorso del nastro.

Per la bagnatura del materiale lungo il nastro si usano generalmente:

- ugelli flat fan o full cone (vedi Appendice 1) con erogazione di 4-15 litri/minuto ad una pressione di 3-4 bar

b2 Nebulizzazione di acqua per la bagnatura del materiale e l’abbattimento della polvere aerodispersa

Le tecniche di wet suppression (vedi Appendice 1) possono essere applicate ai punti di carico ed ai punti di trasferimento del materiale (**figura 4.29**). In ogni caso il maggior effetto che esse hanno è comunque quello di bagnare il materiale che in questi punti viene maggiormente sollecitato. Ci sono poche indicazioni in letteratura circa il progetto di una installazione di nebulizzazione su un punto di trasferimento/carico/scarico di un nastro tuttavia:

- gli ugelli devono coprire tutta la lunghezza del nastro
- si utilizzano ugelli full cone o fan cone ma tendenzialmente si usano i secondi perché minimizzano la quantità di acqua utilizzata per superficie coperta
- per evitare di creare turbolenza eccessiva nel confinamento meglio usare più ugelli a basso flusso che pochi ad alto flusso
- se si utilizzano ugelli atomizzatori una pressione dell’aria di 2 bar è un valore più volte segnalato in letteratura
- per quanto riguarda le condizioni operative dell’ugello vengono segnalati:
 - pressione acqua variabile tra 0,5 – 1 bar
 - litri di acqua erogati: sufficienti ad aggiungere comunque 1% in massa di acqua al materiale, la portata erogata comunque deve essere scelta in modo tale che, data la pressione dell’aria e dell’acqua, e la quantità di acqua da aggiungere al materiale, la dimensione del foro di efflusso dell’ugello sia tale da generare gocce tendenzialmente nel campo 1-10 µm

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- calcolare 1 ugello per ogni 0,5-1 m³ di confinamento
- un dato segnalato in letteratura per la soppressione ad umido delle polveri formatesi nei punti di trasferimento di nastri trasportatori suggerisce almeno tre ugelli in grado di fornire complessivamente 12 litri/minuto a 4 bar.

In **figura 4.30** viene raffigurata una combinazione delle varie soluzioni tecniche di approccio secondario per il contenimento delle dispersioni di polvere applicabili ad un punto di trasferimento:

- utilizzo di strisce in plastica per limitare il richiamo d'aria (sezione ristretta) e massimizzare la zona di influenza della aspirazione localizzata (in questo caso realizzata con cappa a baldacchino flangiata mediante parti costitutive del confinamento stesso);
 - allargamenti di sezione nei punti di trasferimento e restringimenti in corrispondenza dei nebulizzatori;
 - scivolo e scatolato contenente roccia (rockbox) al punto di impatto per diminuire altezza di caduta ed energia di impatto;
 - paratie in gomma sulle sezioni trasversali
 - nebulizzatori d'acqua per abbattimento ad umido della polvere aerodispersa
- sistema di aspirazione localizzato a valle del punto di trasferimento.

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

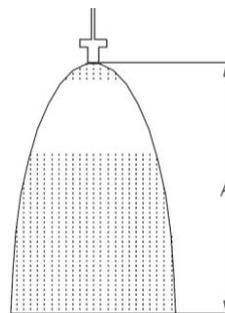
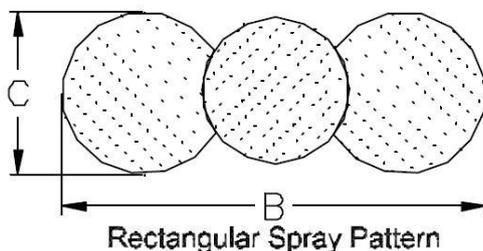
Rev.

F0

Data

20/06/2011

Sistemi di bagnatura del materiale al punto di trasferimento di nastri o di wet suppression al punto di trasferimento o di carico del materiale



Dimensions (Ft)		
A	B	C
4	3.5	2.5

Testa nebulizzatrice multiugello (9 ugelli – foro di efflusso 0,7 mm) installata al punto di trasferimento tra nastri: consumi (funzione della potenza della pompa installata) a 7 bar variabili tra 0,7 e 2 l/min

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

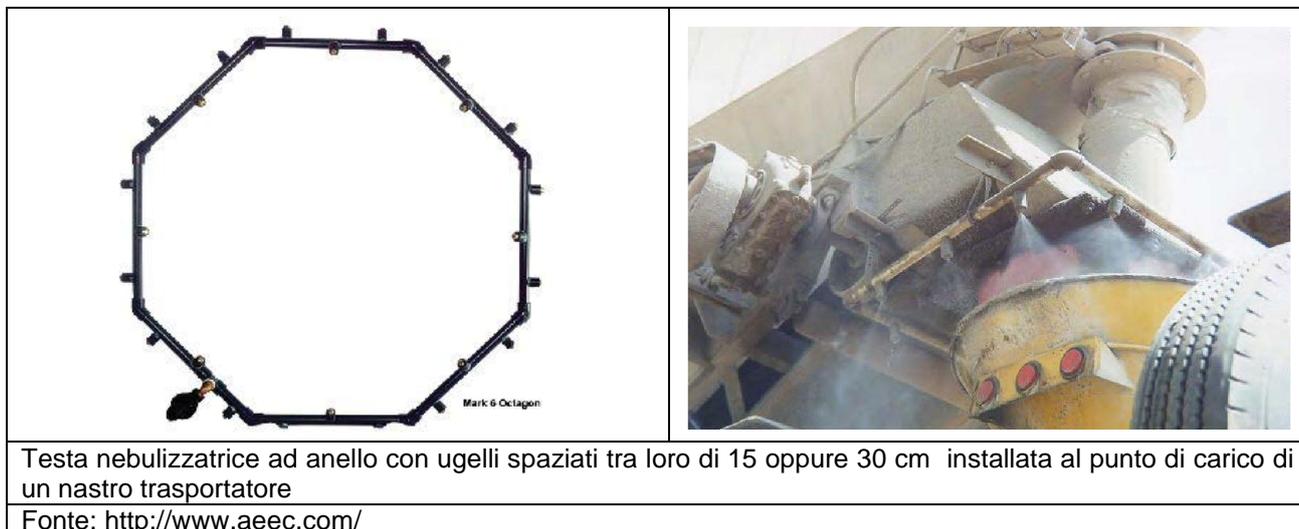


Figura 4.29

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

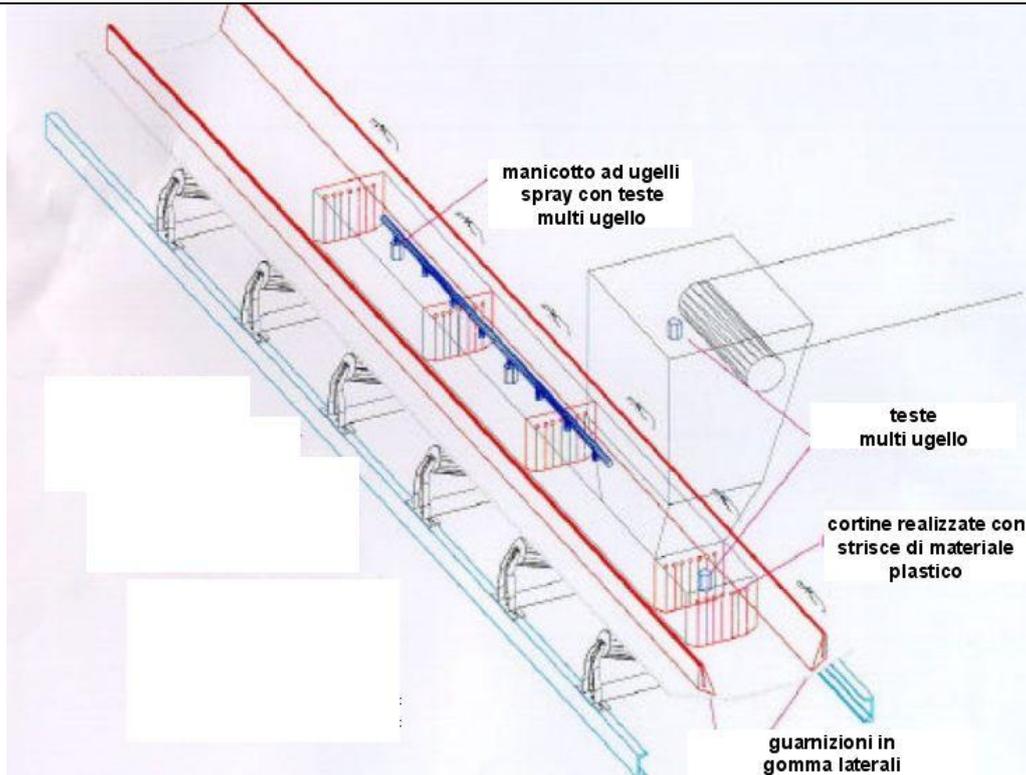
Rev.

F0

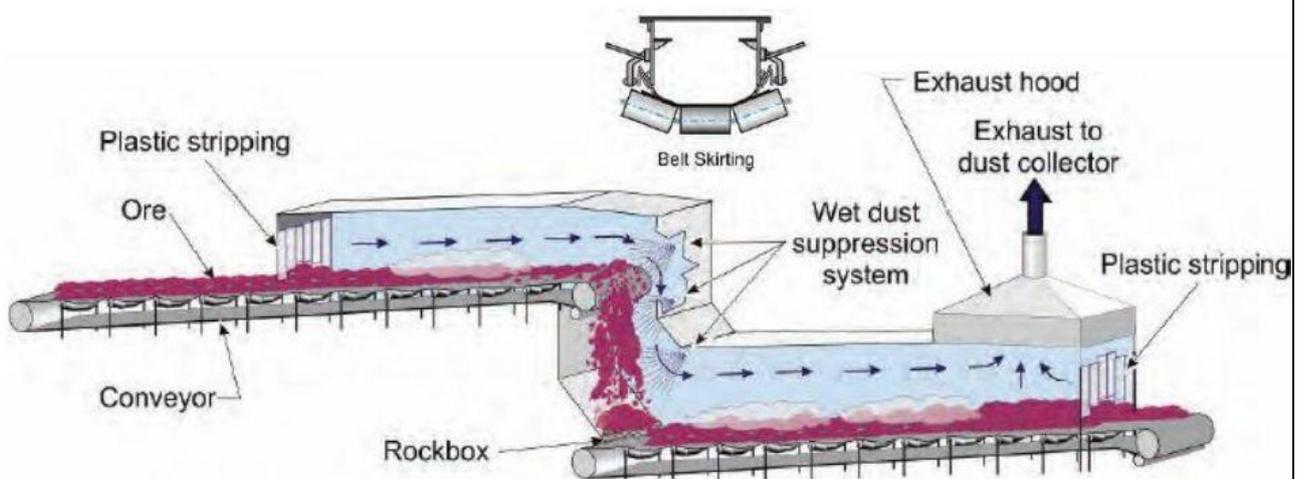
Data

20/06/2011

Combinazione delle varie soluzioni tecniche di approccio secondario per il contenimento delle dispersioni di polvere applicabili ad un punto di trasferimento



Fonte: <http://www.aeec.com/>



Fonte: NIOSH - "Handbook for dust control in metal/non-metal mining"

Figura 4.30

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.6.6 Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario per nastri trasportatori

Nelle **figure 4.31 ÷ 4.37** (Fonte: V. Mody "Dust control handbook" New Jersey USA 1988) vengono presentati alcuni esempi applicativi di tecniche di approccio secondario nei confronti di nastri trasportatori. Occorre ricordare (per quanto riguarda gli ugelli si veda soprattutto l'Appendice 1 e per quanto riguarda le aspirazioni localizzate l'Appendice 2) che:

- 1 tonnellata del sistema metrico decimale corrisponda a 0,98 T ovvero Long Ton
- gli ugelli per **l'abbattimento della polvere**: sono ugelli per la bagnatura del materiale e sono ubicati laddove, per un'attività/macchina, si realizza il massimo grado di sollecitazione meccanica del materiale.

Sono ugelli che possono essere scelti tra quelli che producono gocce di medie – grosse dimensioni (anche 100-200 µm), a pressioni non eccessive (anche intorno ai 3-4 bar).

L'obiettivo, in termini di scelta della portata e di caratteristiche dimensionali dello spray erogato, è quello di aggiungere dallo 0,1% fino all'1% in massa di acqua al materiale (0,5% valore tipico).

Come tipologie si possono utilizzare full cone (se la distanza dal materiale è elevata) oppure hollow cone.

Si scelgono spesso gli ugelli flat fan perché lo spray a ventaglio consente una maggiore direzionalità sul materiale anziché sulle pareti del confinamento.

Gli ugelli devono essere attivati solo durante il ciclo di scarico.

- gli ugelli per **la cattura della polvere**: sono ugelli atomizzatori e possono operare solo ad acqua o ad acqua ed aria.

Devono produrre gocce di dimensioni prossime alla polvere da catturare quindi nel campo 1-100 µm e sono ubicati vicino alla sorgente di polverosità.

Sono ugelli che operano a pressioni dell'acqua maggiori (7-14 bar) con consumi intorno ai 2-4 l/min. In caso di problemi dovuti a spostamento polvere causato dalla pressione eccessiva dello spray si possono abbassare le pressioni ma salgono i consumi.

Come tipologie di ugello si usano gli hollow cone o i classici atomizzatori con teste a singolo o multi ugello.

Gli ugelli devono essere attivati durante il ciclo di scarico e mantenuti attivi anche dopo lo scarico fino a che non si osserva un' adeguata riduzione delle polveri disperse

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

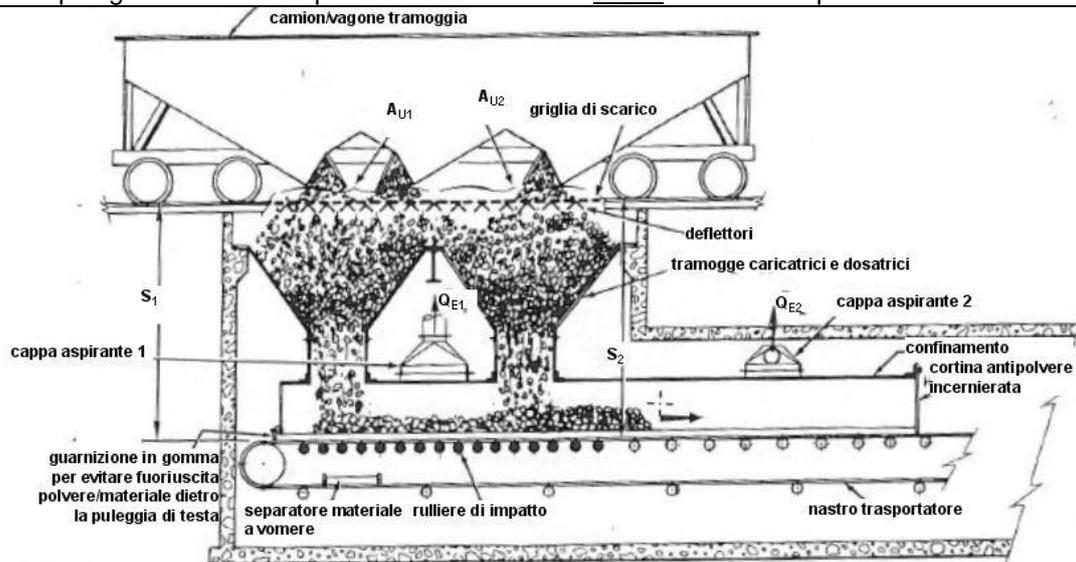
Data

20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da vagoni ferroviario a silo e tramogge su nastro trasportatore

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_{E1} = 10A_{U1} \frac{\sqrt{R_1 S_1^2}}{D}$$

$$Q_{E2} = 10A_{U2} \frac{\sqrt{R_2 S_2^2}}{D}$$

Q_{E1} e Q_{E2} : portata di aria aspirata [cfm]
 A_{U1} e A_{U2} : superfici aperte del confinamento a monte delle aspirazioni [ft²]
 R_1 e R_2 : portata in massa materiale [Tpm]
 S_1 e S_2 : altezza di caduta [ft]
 D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 4.31

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da alimentatore vibrante a nastro trasportatore

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

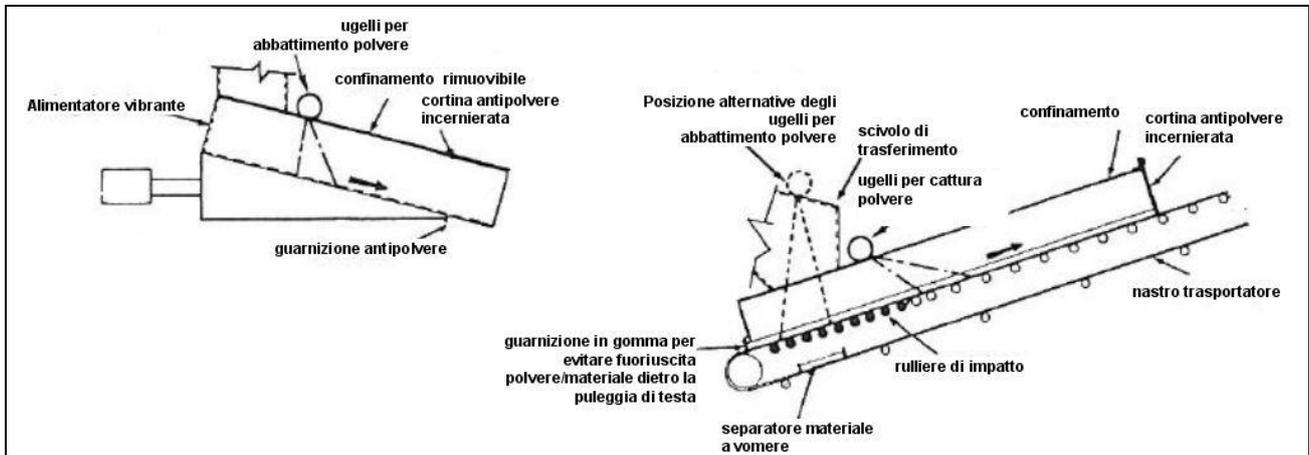
CZ0029_F0.doc

Rev.

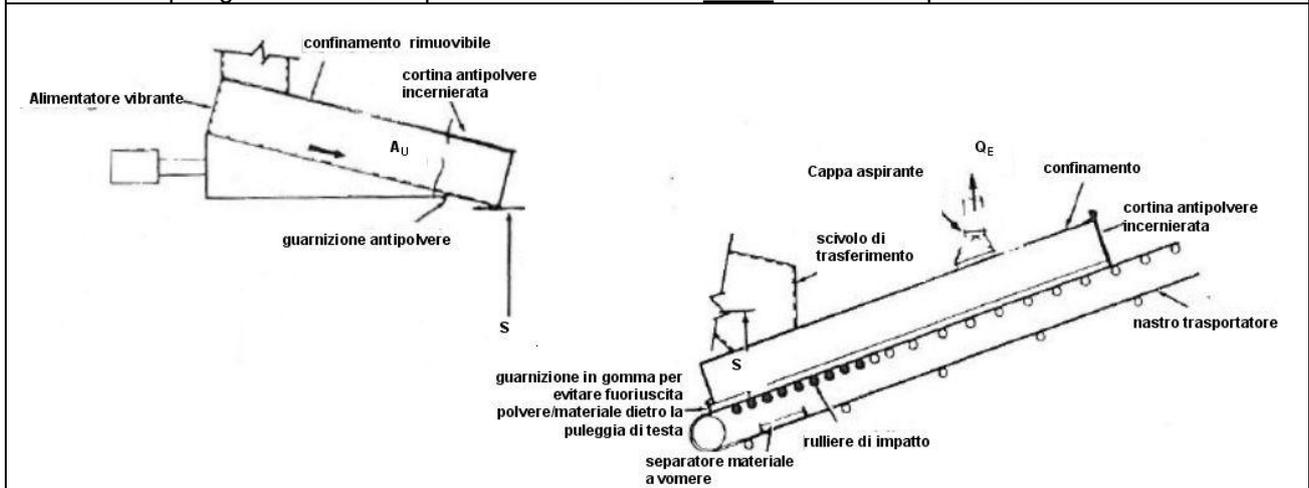
F0

Data

20/06/2011



Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

Q_E: portata di aria aspirata [cfm]
 A_U: superficie aperta del confinamento a monte della aspirazione [ft²]
 R: portata in massa materiale [Tph]
 S: altezza di caduta [ft]
 D: dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 4.32

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

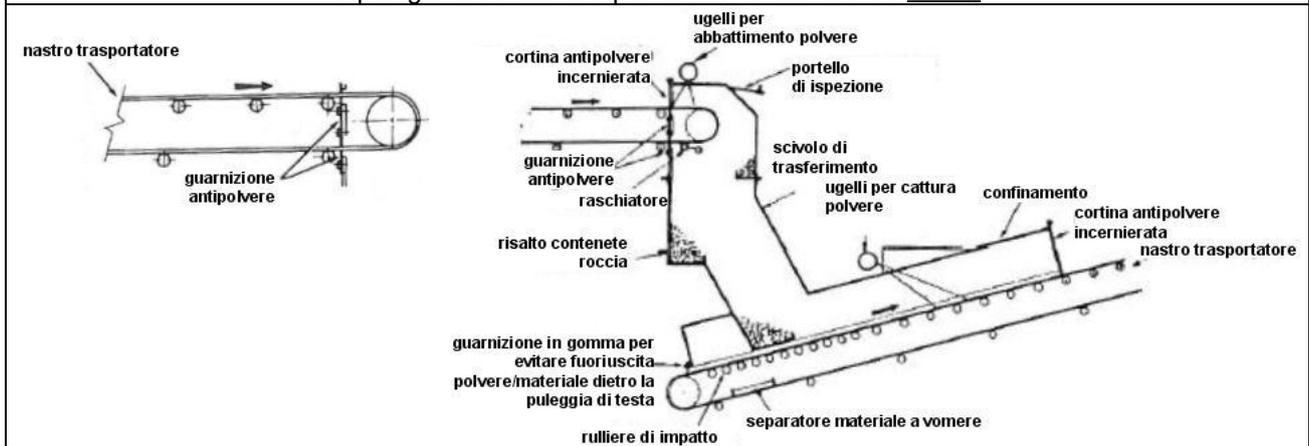
F0

Data

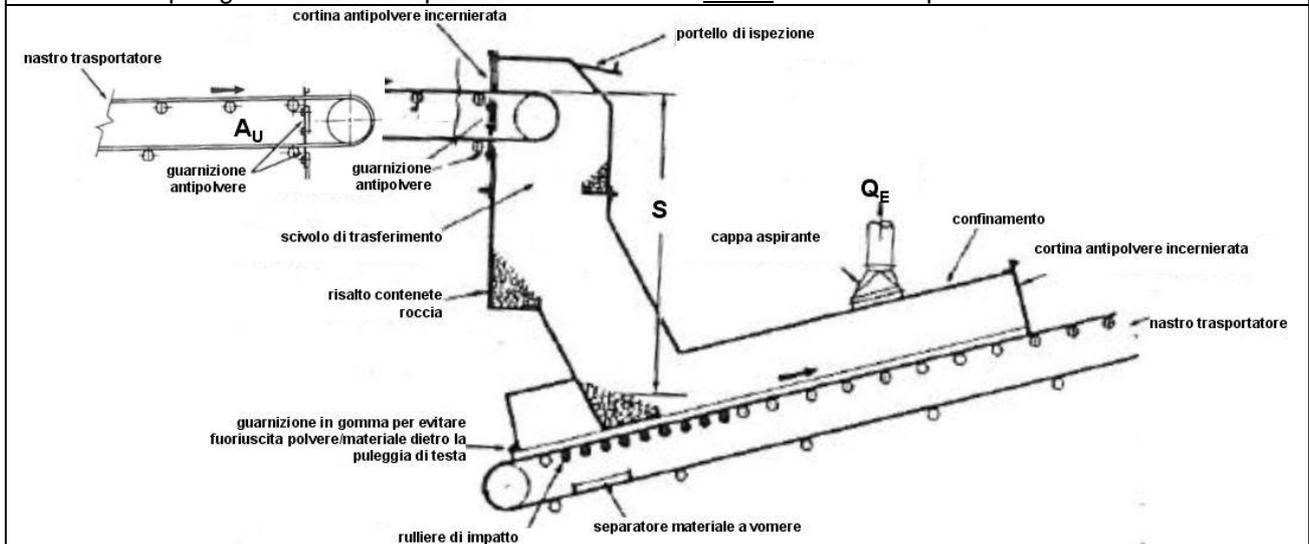
20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da nastro trasportatore a nastro trasportatore

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido



Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]
 A_U : superficie aperta del confinamento a monte della aspirazione [ft²]
 R : portata in massa materiale [Tph]
 S : altezza di caduta [ft]
 D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 4.33

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

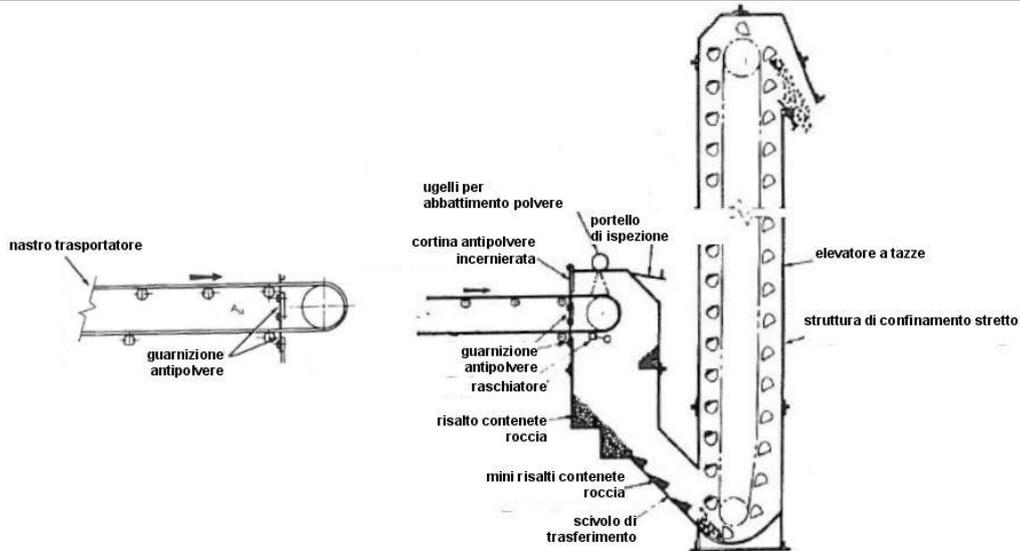
F0

Data

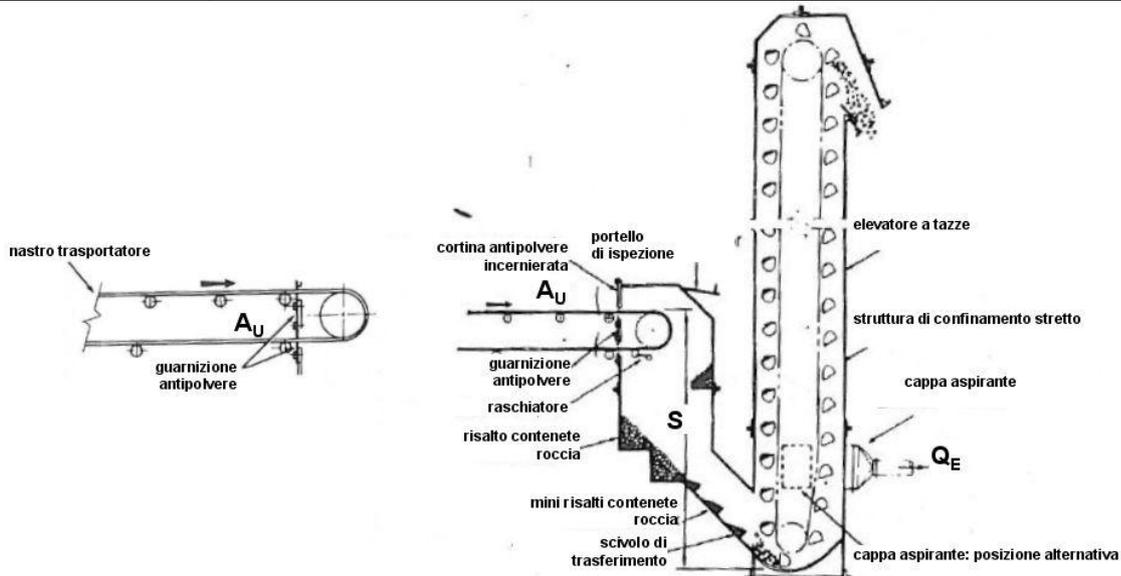
20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da nastro trasportatore a elevatore a tazze

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido



Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]
 A_U : superficie aperta del confinamento a monte della aspirazione [ft²]
 R : portata in massa materiale [Tph]
 S : altezza di caduta [ft]
 D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 4.34

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

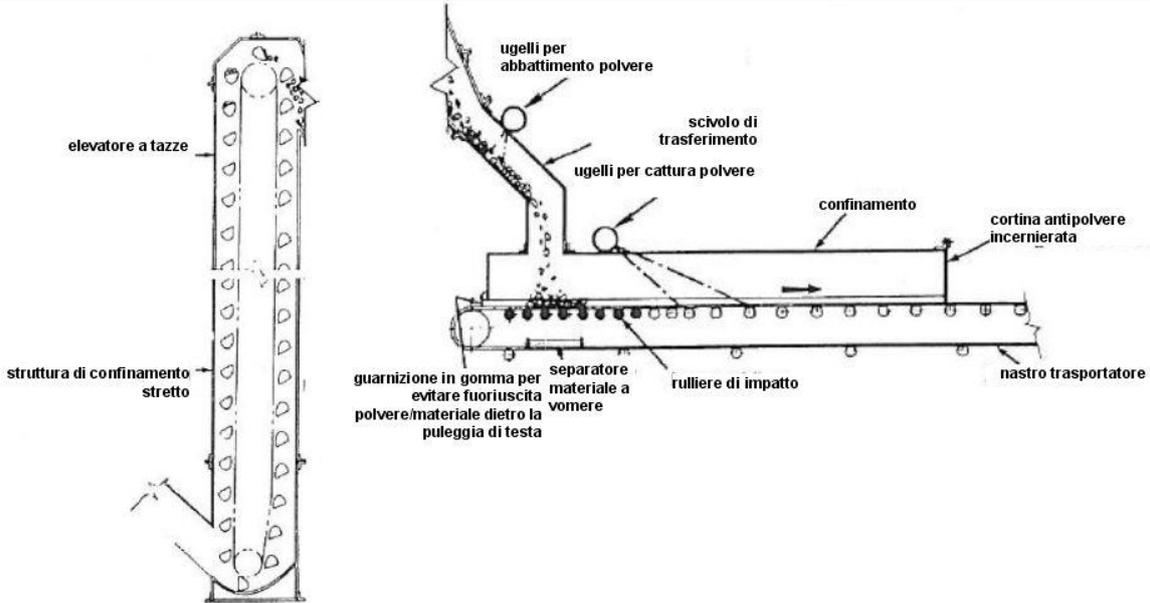
F0

Data

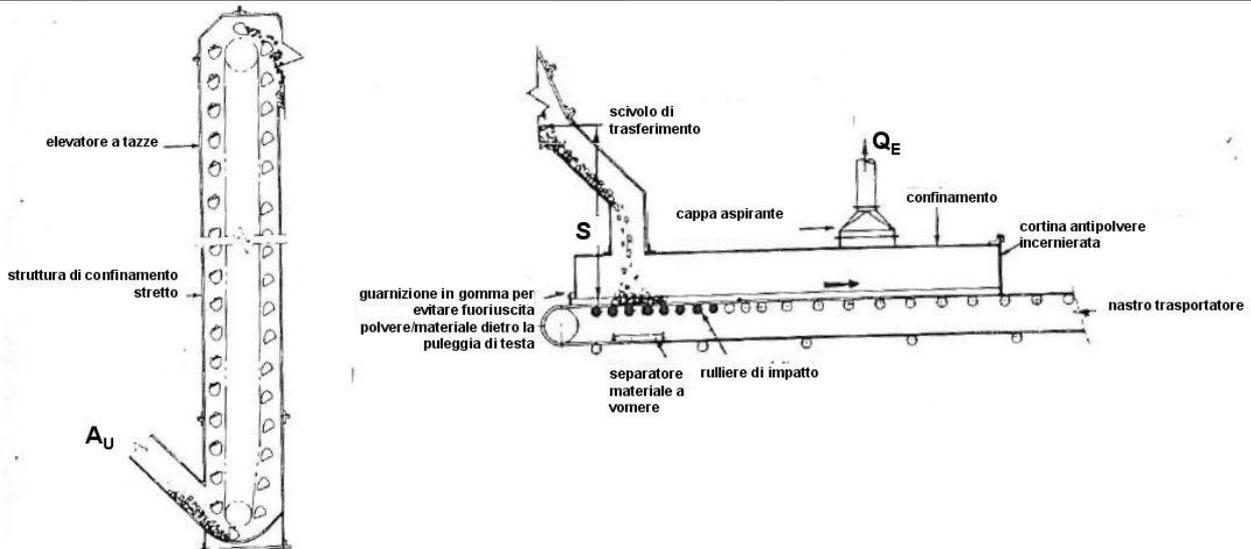
20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da elevatore a tazze a nastro trasportatore

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido



Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]

A_U : superficie aperta del confinamento a monte della aspirazione [ft²]

R : portata in massa materiale [Tph]

S : altezza di caduta [ft]

D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE</p>		<p><i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc</p>	<p><i>Rev.</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

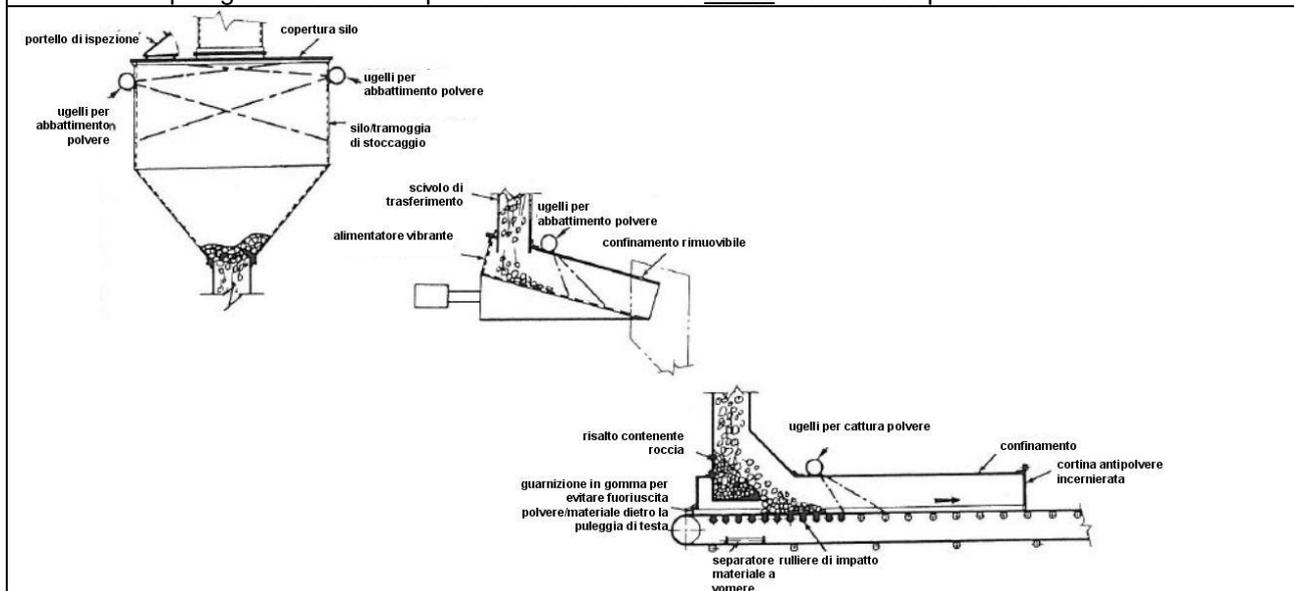
Figura 4.35

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da tramoggia a alimentatore e nastro

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]
 A_U : superficie aperta del confinamento a monte della aspirazione [ft²]
 R : portata in massa materiale [Tph]
 S : altezza di caduta [ft]
 D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 4.36

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da nastro a tramoggia

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

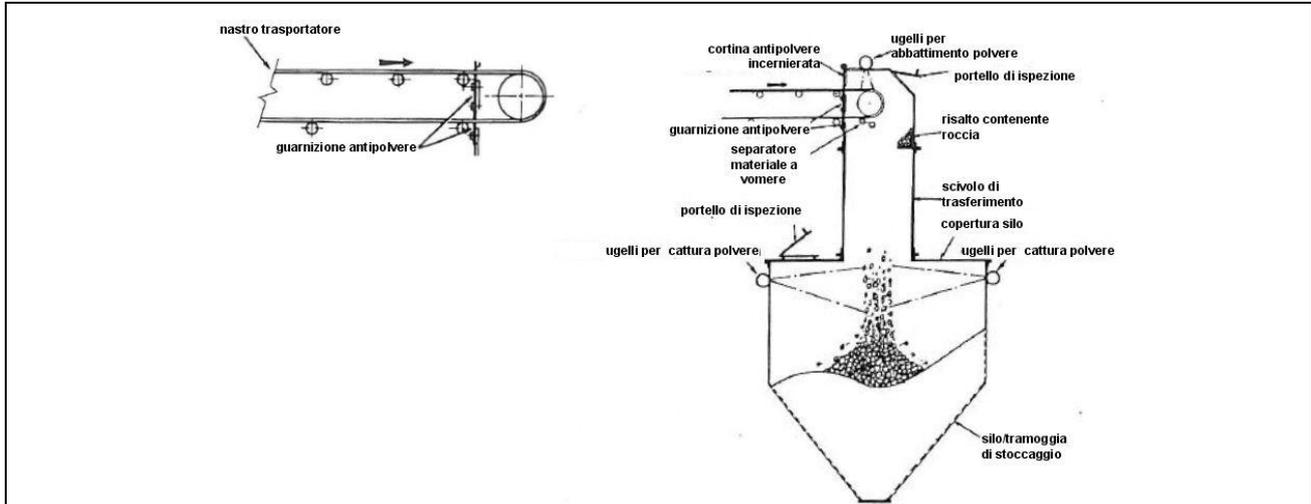
CZ0029_F0.doc

Rev.

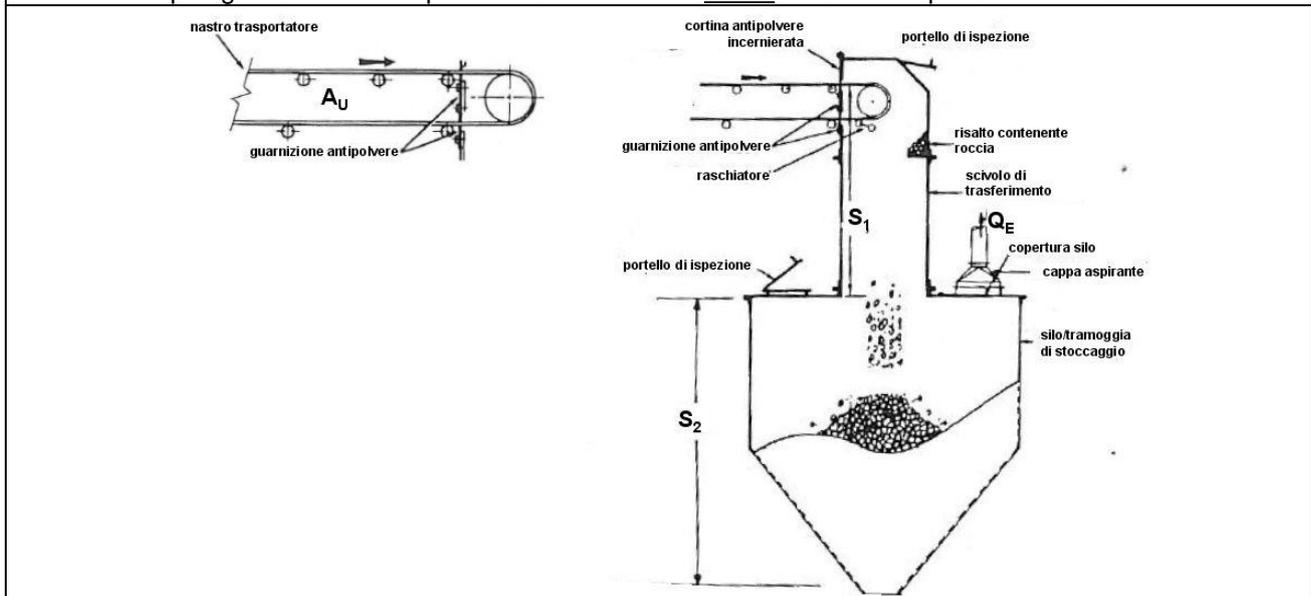
F0

Data

20/06/2011



Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_{E1} = 10A_{U1} \frac{\sqrt{R_1 S_1^2}}{D}$$

$$Q_{E2} = 10A_{U2} \frac{\sqrt{R_2 S_2^2}}{D}$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]
 A_U : superficie aperta del confinamento a monte della aspirazione [ft²]
 R_1 e R_2 : portata in massa materiale [Tph]
 S : altezza di caduta [ft]
 D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 4.37

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5 Stoccaggio di materiali, movimento terra e relative operazioni di carico e scarico

5.1 Stoccaggio di materiale in sistemi aperti e chiusi

La gestione del problema “emissione polveri” per quanto concerne le operazioni di stoccaggio definitivo o temporaneo di materiali da cantiere nonché al movimento terra, si riferisce, in generale, allo stoccaggio in sistemi all’aperto ovvero allo stoccaggio definitivo o temporaneo in cumuli. Il motivo per cui viene raramente affrontato il problema “emissione polveri” con riferimento allo stoccaggio in sistemi chiusi è dovuto al fatto che le tecniche di mitigazione delle emissioni di polveri da sistemi di stoccaggio all’aperto in cumuli necessariamente vedono come soluzioni primarie (per prevenire la formazione di polvere) l’utilizzo, quando possibile, di sistemi di stoccaggio chiusi quali silos connessi a tramogge o di tramogge-silos. Ovviamente per questi ultimi si pone il problema della gestione delle emissioni di polveri in fase di carico del materiale e di prelievo o scarico dello stesso. Questa tipologia di sorgenti sono state trattate nell’ambito dei paragrafi di descrizione del problema solo quando si ponevano in stretta attinenza con lo stoccaggio in cumuli mentre sono state trattate in modo più approfondito nell’ambito delle schede relative alle soluzioni di mitigazione polveri possibili ovvero lo stoccaggio definitivo o transitorio in silos, tramogge-silos, depositi e bunker.

In linea teorica tuttavia, lo stoccaggio di materiali da cantiere, materie prime, additivi e smarino prime può essere suddiviso nelle seguenti tipologie:

- stoccaggio in cumuli all’aperto,
- stoccaggio in sacchi e sacche per grandi masse di materiale,
- stoccaggio in silos e depositi,
- stoccaggio in imballaggi per materiali pericolosi.

5.2 Stoccaggio di materiale in sistemi aperti o in cumuli

Lo stoccaggio all’aperto in cumuli è utilizzato per grandi e piccole quantità di materiali solidi ed è funzionale:

- alla costituzione di riserve di materiali ubicate tra il luogo dove il materiale è estratto o scavato e l’impianto che lo deve processare o mettere a dimora anche e soprattutto in relazione alle esigenze di trasporto,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- alla costituzione di sistemi polmone tra due operazioni distinte che operano in tempi diversi o con diverse quantità di materiale ed in particolare con riferimento a sistemi di scavo e sistemi di trasporto,
- alla necessità di miscelare diverse tipologie di materiali,
- alla necessità di omogeneizzare un flusso di materiale
- alla necessità di effettuare un trasferimento di materiale tra un sistema di trasporto continuo ed uno discontinuo o viceversa
- alla necessità di caratterizzare un materiale estratto o scavato.

I grossi volumi di solidi processati possono essere stoccati in cumuli ubicati all'aperto o in sistemi chiusi. Lo stoccaggio in cumuli è in generale previsto:

- all'aperto per i materiali a grossa granulometrie
- in sistemi chiusi è previsto per i materiali a granulometria fine e che non devono inumidirsi.

Un cumulo è considerato:

- attivo quando il materiale viene continuamente alimentato e ripreso dal cumulo.
- inattivo quando non viene alimentato o ripreso del materiale per lunghi periodi.

Lo stoccaggio all'aperto è pertanto adatto per materiali in massa quali carbone, gesso, minerali industriali (utili o "solidi minerari o da giacimento minerario"), scorie, sabbie ovvero di materiali poco o non sensibili al clima. La base dell'area di stoccaggio può essere isolata per proteggere il materiale da eventuali contaminazioni. Solitamente viene realizzata in cemento e, in caso di stoccaggi di materiale combustibile, viene impermeabilizzata. In caso di stoccaggio di materiali quali calcarì è invece solitamente equipaggiata con sistemi drenanti per l'evacuazione delle acque meteoriche. Lo stoccaggio in cumuli all'aperto può essere utilizzato sia per stoccaggi a *breve termine* sia per stoccaggi a *lungo termine* ed in generale, i cumuli, sono di tipo longitudinale o ad anello. In funzione delle richieste (stoccaggio di diversi materiali nello stesso sito) lo stoccaggio può essere effettuato contro una o più pareti. I fertilizzanti per esempio sono accumulati contro sistemi a tre pareti (o baie aperte) o sotto coperture (tettoie) dedicate. Ci sono diverse tecniche per costruire un cumulo e recuperare materiale da esso così come esistono diverse tipologie di cumulo costruibili. Le più importanti tecniche costruttive, le più importanti tipologie di cumulo (eccetto la situazione in cui un cumulo è eretto utilizzando come appoggio un altro cumulo fatto dello stesso o di diverso materiale) ed i criteri per la loro scelta sono elencati nelle tabelle che seguono. In **figura 5.1** sono elencate e raffigurate le diverse tipologie di stoccaggio in cumuli possibili, in **figura 5.2** sono elencate e raffigurate le diverse tipologie di tecniche possibili per la loro erezione, infine in

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

tabella 5.1 i criteri possibili per la scelta delle due tipologie di cumuli più comuni.

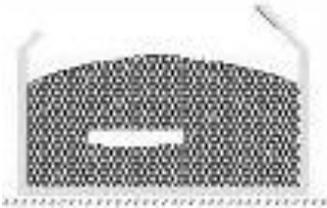
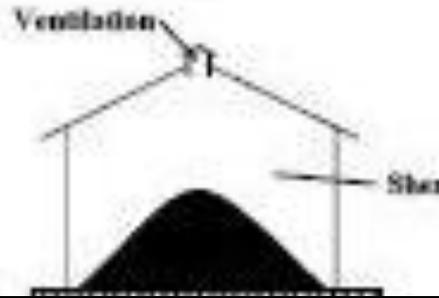
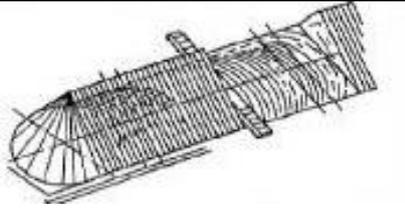
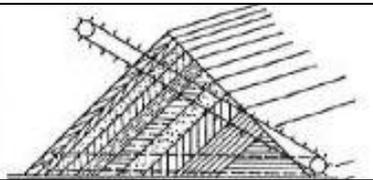
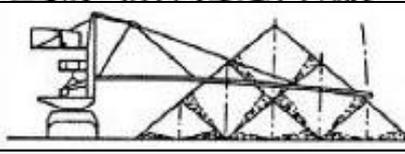
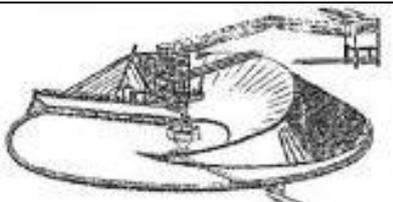
Elenco e classificazione delle tipologie possibili di stoccaggio in cumuli		
		
cumulo a cono	cumulo longitudinale	cumulo ad anello
		
cumulo ad angolo tra due muri	cumulo tra due muri	cumulo addossato ad un muro
		
cumulo tra tre muri (baia aperta)	Cumulo in capannoni aperti sulla sommità	Cumulo in capannone a tettoia
Fonte: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" - 2006		

Figura 5.1

Elenco dei possibili criteri per la scelta delle due forme di stoccaggio in cumuli più comuni	
<u>Cumuli longitudinali</u>	<u>Cumuli ad anello</u>
adatte ad elevatissime capienze (milioni di tonnellate)	Adatti a capienze fino a 100.000 tonnellate
Adatti se in futuro si prevede di ampliare l'area di stoccaggio o le quantità stoccate	Adatte se manca o non è necessaria pianificazione di eventuali ampliamenti d'area o di quantità
Preferibili in siti estesi in lunghezza	Preferibili in caso di siti con spazi limitati e definiti
Adatti laddove cumuli a lungo termine sono posizionati accanto a cumuli a breve termine	
Fonte: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" - 2006	

Tabella 5.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Elenco e classificazione delle tecniche possibili per l'erezione delle strutture di cumulo elencate		
Struttura del cumulo	Tecnica	Descrizione
	A "conchiglia conica"	Cumuli a profilo conico costruiti ed accessibili mediante utilizzo di un nastro trasportatore mobile ed orientabile (cumuli a conchiglia-conico longitudinali) o mediante un convogliatore rotante (cumuli sagomati ad anello)
	A strati	Cumuli eretti lateralmente su strati inclinati mediante utilizzo di un convogliatore orientabile che può essere sollevato, abbassato, basculato e telescopizzato.
	A "tetto"	Cumuli a strati inclinati costruiti a forma di tetto mediante utilizzo di un trasportatore che può essere alzato ed abbassato
	Ad andana	Cumuli allineati che a loro volta sono costituiti in strati (per esempio a tetto) mediante utilizzo di un trasportatore orientabile che può essere alzato, abbassato, basculato, telescopizzato.
	A tettoconico	Unione di cumulo a conchiglia conica ed a tetto (a strati inclinati)

Fonte: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" - 2006

Figura 5.2

5.2.1 Macchine utilizzate per la costituzione di cumuli

Le **macchine** tipicamente utilizzate per la costruzione dei cumuli sono:

1. vagonetti (connessi a gru)
2. dumper o camion a cassoni e vagoni
3. nastri di lancio caricatori o nastri scaricatori
4. escavatori o pale frontali
5. benne (connesse a gru)

Per la ripresa di materiale da un cumulo sono tipicamente utilizzati sistemi a retro carico quali gru a

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ponete, gru laterali, gru a portale ma anche sistemi quali quelli che sono stati appena descritti.

1. Vagonetti

Sono usati sia per il carico sia per il trasporto, sono bidoni trasportabili dotati di almeno una apertura. Non possono caricarsi di materiale ma sono normalmente riempiti dalla sommità.

Dal punto di vista della dispersione delle polveri sono poco adatti al trasporto di materiali polverosi.

Per lo scarico del materiale possono (**figura 5.3**):

- essere dotati di una piastra di fondo basculabile
- essere inclinabili
- aprirsi sul fondo alla stregua di una benna

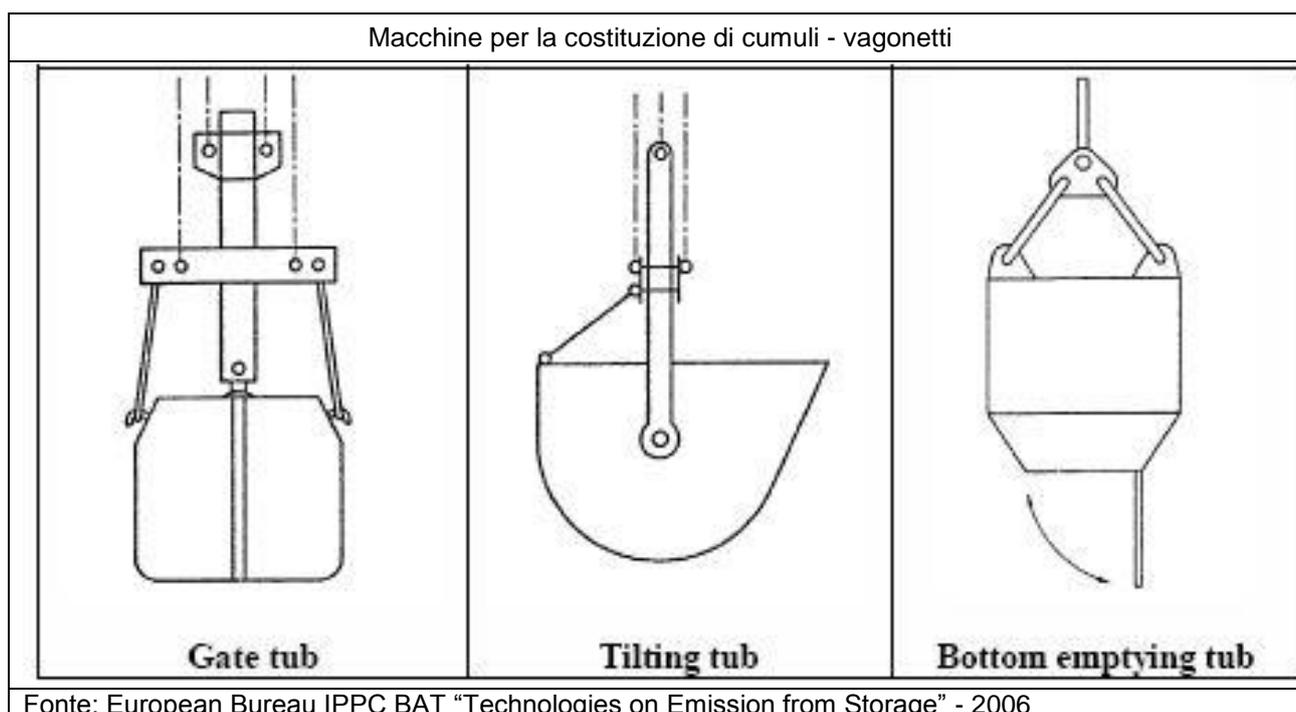


Figura 5.3

2. Dumper, camion a cassoni e vagoni

I dumper, i camion o vagoni a cassone ribaltabile operano scaricando il materiale su un lato del cumulo. In funzione delle esigenze i dumper possono essere attrezzati con cassoni ribaltabili sui lati o sul retro. A volte un cumulo può essere formato riempiendolo direttamente con il materiale scaricato dal dumper.

Possono essere suddivisi nelle tipologie elencate in **tabella 5.2**. Lo svuotamento di un camion/vagone è effettuato mediante aperture di scarico laterali, con ribaltamento del cassone

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

(figura 5.4) o mediante aperture di scarico dal fondo. Quando si utilizzano aperture laterali il materiale viene guidato mediante condotte speciali al successivo sistema di manipolazione del materiale (per esempio un ripartitore) oppure direttamente nastro. Le stazioni di scarico sono generalmente coperte (specie quando si manipolano materiali sensibili all'umidità).

Lo scarico laterale su nastro è tipico delle attività portuali: il materiale viene convogliato sia su un successivo mezzo di trasporto sia ad un sistema di stoccaggio (cumulo, tettoia o silo).

Dal punto di vista della emissione dei polveri è la fase di carico mediante, benne, condotte e nastri e lo scarico sono i momenti più rilevanti come emissioni

spesso, per queste fasi e sui relativi sistemi vengono installati sistemi di confinamento o aspirazione

Suddivisione possibile per dumper, camion a cassone e vagoni in funzione delle costituzione di cumuli		
tipologia	principio	materiale
aperti	Sono aperti sulla sommità. Non sono autocaricanti (in parte mediante benne o equipaggiamenti speciali inclinabili).	Carbone carbonella rottami metalli rocce gesso e minerali
aperti con scarico a gravità dosabile	Area di carico dotata di diverse tramogge. Scarico laterale mediante aperture regolabili.	Sabbia, ghiaia, e frantumati
aperti con scarico a gravità istantaneo	Aperti sulla sommità. Fondo sagomato a slitta. Scarico istantaneo mediante aperture su un lato o anche dal fondo.	Sabbia, ghiaia, frantumati e gesso
ribaltabili	Con cassone ribaltabile su un lato o anche frontalmente e comandato da un sistema pneumatico. Con valvola a tramoggia.	rifiuti edilizi, materiali edilizi e gesso
per scarico in pressione	Camion/vagoni chiusi. Riempimento mediante condotta in un silos.	cemento, calce, sabbie quarzifere, soda, ossido di alluminio, zucchero, farina, semole, sale.
coperti con scarico a gravità regolabile	Sommità chiusa da una copertura regolabile e: area di carico dotata di diverse tramogge ma con sommità chiusa da copertura retraibile; scarico laterale mediante aperture regolabili ma con sommità chiusa da copertura retraibile.	materiali sensibili all'umidità: per es. grano
coperti con scarico a gravità istantaneo	sommità chiusa da una copertura regolabile: fondo sagomato a slitta, scarico istantaneo mediante aperture su un lato o anche dal fondo.	materiali sensibili all'umidità: per es. gesso

Fonte: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" - 2006

Tabella 5.2

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 5.4

3. **Nastri di lancio caricatori o "nastri scaricatori"**

I nastri scaricatori (**figura 5.5**) sono nastri trasportatori che lanciano il materiale direttamente sopra al cumulo. In funzione della tipologia del cumulo questi sistemi sono progettati per ruotare o far avanzare sia il braccio di lavoro sia le travi di supporto. Sempre in funzione del tipo di cumulo e della tecnica costruttiva la parte scaricatrice del convogliatore può essere fatta scivolare in avanti, regolata in altezza, telescopizzata o ribaltata lateralmente.

Sono nastri trasportatori in gomma molto corti che raggiungono elevate velocità di trasferimento del materiale (10-20 m/s). sono usati come ultimo anello della catena di trasferimento di un materiale se, per ragioni locali, il trasportatore o il sistema di carico non può essere installato abbastanza vicino al punto di scarico. Sono usati:

- per riempire piccoli cumuli se le proprietà del materiale sono tali per cui sono consentiti solo impilaggi in cumuli aperti a bassissima angolazione
- in generale laddove sistemi di trasporto e carico non possono essere installati abbastanza vicino al punto di scarico.

I sistemi di costituzione di un cumulo devono in ogni caso essere flessibili specie laddove miscelazione ed omogeneizzazione del materiale è una delle ragioni della sua costituzione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4. Escavatori e pale frontali

Sono utilizzati:

- per lavorare su piccoli cumuli,
- per il carico di veicoli,
- per il confezionamento di casse e cassoni,
- per il riempimento di tramogge.

Le emissioni di polvere sono dovute:

- dal sollevamento della benna
- dal sollevamento da parte del vento
- dalla caduta del materiale
- dalle lavorazioni effettuate all'aperto
- per evacuare il materiale rimasto nelle stive delle navi dopo lo scarico.

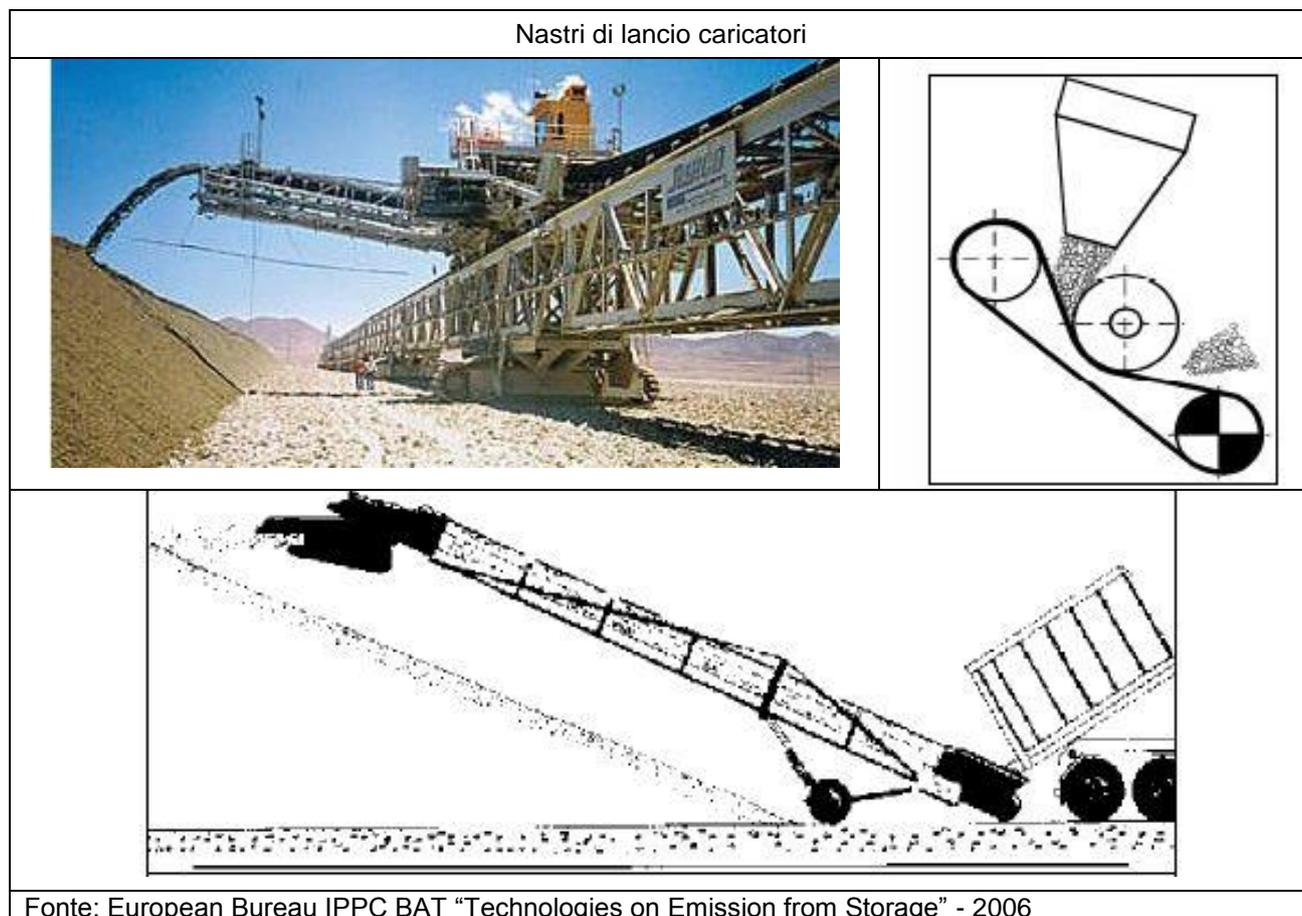


Figura 5.5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4. Benne

Sono sistemi (**figura 5.6**) a due o più involucri controllati che penetrano nel materiale stoccato in condizioni aperte racchiudono il materiale mediante un sistema di chiusura e lo scaricano aprendosi.

La capacità di carico è limitata alle 2000 ÷ 2500 tonnellate/ora ed è funzione:

- del tipo di benna
- della sua massa
- della sua dimensione

Sono utilizzate per la raccolta del materiale solitamente accoppiate ad un nastro trasportatore per il suo trasporto e sono il sistema più comunemente utilizzato nei processi di carico/scarico

Sono solitamente utilizzate nel trasporto di materiale nave-nave, nave-area di stoccaggio/vagoni, area di stoccaggio-impianto di processo. Sono utilizzabili per quasi tutte le tipologie di materiali in massa inclusi quelli con elevato contenuto di umidità (diversamente dal trasporto pneumatico).

Non dovrebbero essere usate per il trasporto di materiale estramente secco a causa della potenziale emissione di polvere

I vantaggi sono dovuti al fatto che:

- sono versatili
- possono essere rapidamente cambiate come tipologia se un materiale con altre caratteristiche deve essere manipolato
- il costo è solitamente basso
- possono caricare e scaricare le medesime quantità di materiale

Gli svantaggi sono dovuti:

- al fatto che sono fortemente dipendenti da precise tecniche operative
- al fatto che hanno un rapporto leggermente sfavorevole tra capacità nominale e capacità effettiva comparato a quello dei sistemi continui
- alla massa degli involucri della benna stessa

Il controllo delle benne viene normalmente effettuato mediante sistemi meccanici, raramente con sistemi idraulici motorizzati in quanto una benna a fune impiega 10 secondi per chiudere le mascelle una benna motorizzata ne impiega 20.

La forma del sistema di chiusura delle mascelle è particolarmente importante nel controllo delle emissioni di polvere.

La presenza di guarnizioni di chiusura in gomma è particolarmente adatta per materiali in massa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

estremamente fini e poco viscosi. Per materiali più grumosi o viscosi (ferro e metalli) le guarnizioni in gomma non sono sufficientemente robuste e perciò poco usate. Inoltre necessitano di essere pulite e mantenute regolarmente per essere efficaci.

Quando vengono manipolati diversi materiali vengono solitamente usate le chiusure in acciaio a spigoli arrotondati: la aderenza tra gli spigoli è di particolare importanza per una buona chiusura ed una riduzione della emissione di polvere. L'aderenza decresce al crescere della costante abrasione degli spigoli.

Gli spigoli con parziale sovrapposizione non sono adatti nella pratica comune a causa della loro sensibilità ai danneggiamenti.

Le emissioni di polvere occorrono nelle seguenti fasi di processo e sono dovute alle seguenti ragioni:

- scarico del materiale: formazione di polvere funzione della altezza di caduta
- sovraccarico o chiusura parziale delle mascelle: perdita di materiale
- sbandamento della benna: sollevamento di nuvole di polvere a causa del moto

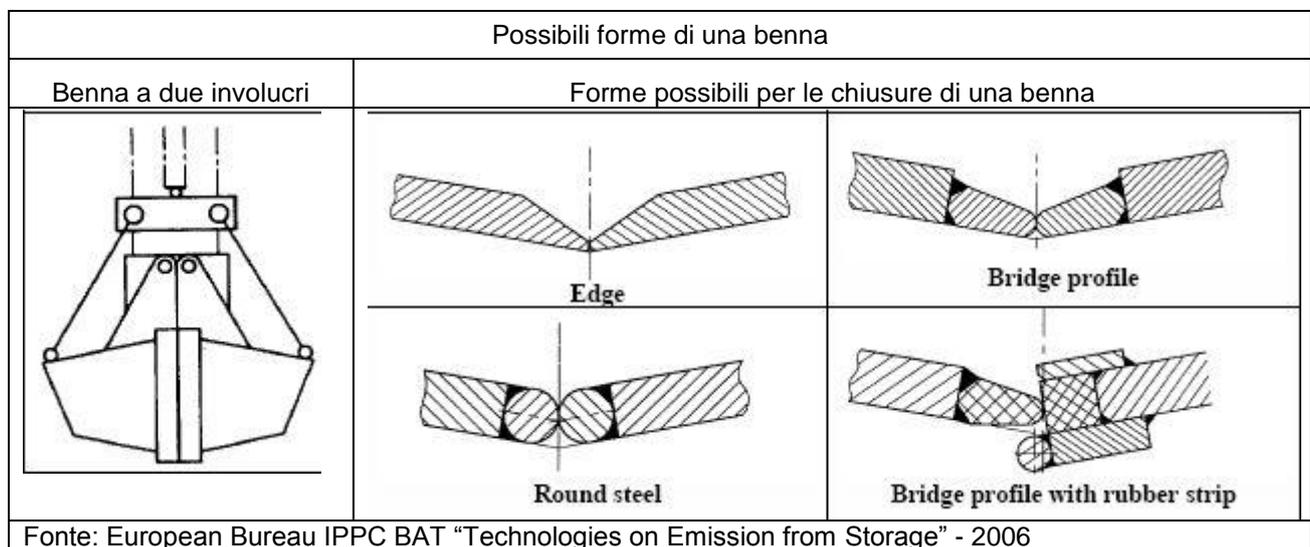


Figura 5.6

Un altro sistema utilizzato per la costituzione di cumuli contempla l'utilizzo di nastri trasportatori e relativi punti di trasferimento finali. Questa tipologia viene descritta ed analizzata nel capitolo 4.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.3 Stoccaggio di materiale in sacchi o sacche (big bags) per materiali in massa

Questa tipologia di stoccaggio (**figura 5.7**) è poco importante ai fini della gestione delle emissioni in ogni caso sono utilizzati per ragioni di qualità o nei casi in cui vengono manipolate sostanze molto polverulente.

I sacchi e le sacche utilizzate non possono essere riusate (in particolare quelle utilizzate per lo stoccaggio di materiali contenenti amianto) e costituiscono rifiuto.

In molti casi l'apertura di sacchi e sacche contenente materiale polveroso è effettuata in installazioni speciali dotate di sistemi di aspirazione entro appositi capannoni.

Il tipo di sacco utilizzato, la sua dimensione e le specifiche costruttive dipendono dalla frequenza e dal metodo di manipolazione, dalle condizioni climatiche e dalle esigenze del mercato. Per i fertilizzanti vengono utilizzate sacche in polietilene giacchè sono resistenti sia all'acqua sia all'olio.



Figura 5.7

5.4 Stoccaggio di materiale in silos e depositi

In alcuni comparti industriali per silos si intendono depositi a bunker e vice versa.

I silos sono solitamente usati per lo stoccaggio di materiali fini e/o secchi come cemento e grano.

I depositi sono invece usati solitamente per lo stoccaggio di materiali costituiti da granulometrie medio grandi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La sommità di un silos o di un deposito può essere:

- **aperta:** da considerarsi per quando riguarda potenziali emissioni derivanti da erosione eolica
- **chiusa:** le emissioni sono da considerarsi solo nelle fasi di carico e scarico

I silos possono essere di cemento armato, metallo o plastica. La capacità di carico di un silos in cemento armato può arrivare fino decine di migliaia di tonnellate. Le capacità dei silos in metallo o plastica sono più contenute.

In funzione del prodotto stoccato (per esempio clinker o cemento) i silos sono equipaggiati con filtri a maniche che possono resistere a temperature anche di 150 – 160 °C. I fertilizzanti sono stoccati in silos chiusi in plastica o in depositi aperti.

5.5 Emissione di polveri da sistemi di stoccaggio e da annesse operazioni di carico e scarico (o ripresa) e movimento terra: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio

Tutte le tipologie di cumuli, considerando lo stoccaggio in cumuli come sistema composto da un cumulo attivo e dai sistemi/attività di alimentazione e ripresa possono essere cause di ingenti emissioni di polveri.

La generazione di emissioni di polveri da operazioni di stoccaggio in cumuli è dovuta:

- alle attività di formazione di un nuovo cumulo:
 1. il vento o l'aria richiamata (vedi Appendice 2) intercettano il flusso di materiale in caduta separando e disperdendo la parte di materiale a granulometria fine da quella grossolana
 2. nel momento in cui il materiale in caduta raggiunge un cumulo si forma una nube di polvere
 - dall'azione erosiva del vento su un cumulo formato.
 - dalle operazioni di ripresa di un materiale da un cumulo e dal destino del materiale ripreso (caricamento su camion per esempio).

In merito all'ultimo punto, le casistiche possibili di cause di emissione polvere da operazioni di ripresa di un materiale da un cumulo, così come da operazioni di carico e scarico da un sistema di stoccaggio chiuso, sono troppe per una analisi esaustiva del problema. Tali cause, sono discusse nel prosieguo del capitolo nella discussione delle singole soluzioni.

In **tabella 5.3** e **5.4** sono elencate le soluzioni di mitigazioni possibili ordinate per tipologia di approccio relativamente al materiale stoccato.

In **tabella 5.5** sono elencate le soluzioni di mitigazioni possibili ordinate per tipologia di approccio relativamente alle annesse operazioni di carico e ripresa del materiale stoccato.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Elenco e classificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili al controllo delle emissioni di polveri dallo stoccaggio di materiali in sistemi aperti e chiusi, da operazioni di movimento terra per MATERIALI di CLASSI DI DISPERSIVITÀ S1+S3	
Classificazione	Soluzione
<i>Approcci pre primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività: vedi Capitolo 2 ▪ utilizzo di tecniche di “wet suppression” per la <u>bagnatura</u> del materiale nelle fasi lavorative (scavo, frantumazione) precedenti lo stoccaggio
<i>Approcci primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività: vedi Capitolo 2 ▪ disposizione e funzionamento dei siti di stoccaggio tramite personale specializzato nella pianificazione e nella operatività per MATERIALI di CLASSI DI DISPERSIVITÀ S1+S3 – ELIMINAZIONE DEGLI EFFETTI DOVUTI ALL’AZIONE DEL VENTO: stoccaggio in SISTEMI CHIUSI <ul style="list-style-type: none"> ▪ appartenente a tipologia costruttiva antivento ▪ i cui accessi possano essere tenuti chiusi ▪ di cui sia garantita la stabilità in sede progettuale ▪ in cui sia attivo un sistema di ventilazione e filtrazione ▪ in cui sia presente un sistema di aspirazione e/o nebulizzazione ai punti di carico/scarico <p>pertanto</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo di depositi di grande volume ▪ utilizzo di bunker, silos e silos/tramogge utilizzo di cupole ▪ utilizzo di coperture auto eragentesi ▪ utilizzo di tettoie, capannoni
<i>Approcci secondari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo di tecniche di wet suppression ▪ utilizzo di sistemi di aspirazione localizzata su strutture di stoccaggio chiuse (silos) ed un sistema di abbattimento delle emissioni catturate che garantisca un livello di emissioni residue entro 1÷10 mg/m³

Tabella 5.3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Elenco e classificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili al controllo delle emissioni di polveri dallo stoccaggio di materiali in sistemi aperti e chiusi, da operazioni di movimento terra, per MATERIALI di CLASSI DI DISPERSIVITÀ S4+S5	
Classificazione	Soluzione
<i>Approcci pre primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività: vedi Capitolo 2 ▪ utilizzo di tecniche di “wet suppression” per la <u>bagnatura</u> del materiale nelle fasi lavorative (scavo, frantumazione) precedenti lo stoccaggio
<i>Approcci primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività: vedi Capitolo 2 ▪ disposizione e funzionamento dei siti di stoccaggio tramite personale specializzato nella pianificazione e nella operatività per MATERIALI di CLASSI DI DISPERSIVITÀ S4+S5 (sebbene siano disponibili silos e tettoie ad elevata capacità di stoccaggio per eliminare gli effetti dovuti all'azione del vento) – STOCCATI ALL'APERTO <ul style="list-style-type: none"> ▪ ispezione visiva / misurazioni regolari o ancora meglio continue sull'occorrenza di emissioni di polvere ▪ regolare verifica sul corretto funzionamento delle misure primarie ▪ informazioni circa le previsioni del tempo, magari con strumentazione presente nel sito, per identificare il momento in cui far intervenire alcune misure primarie, per esempio la bagnatura, e farle funzionare al meglio, per esempio risparmio di acqua. ▪ riduzione delle aree colpite dal vento: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ubicare gli assi longitudinali del cumulo paralleli con la direzione del vento dominante ▪ per quanto possibile cercare di formare un solo cumulo invece di più cumuli: con due cumuli che stoccano lo stesso materiale stoccato in uno solo la superficie libera aumenta del 26% ▪ lo stoccaggio effettuato con muri di contenimento riduce la superficie libera e quindi il tasso di emissione diffusa. Ciò si massimizza se le mura di contenimento sono ubicate sopravvento rispetto al cumulo ▪ ubicare le mura di contenimento una di fianco all'altra ▪ utilizzo di dune, cancellate, piantumazioni per la protezione dei cumuli dal vento (abbassare la velocità del vento) ▪ bagnatura degli stoccaggi all'aperto anche con utilizzo di sostanze leganti resistenti (specie per stoccaggi a LUNGO TERMINE) ▪ coperture degli stoccaggi all'aperto con teli impermeabili ▪ solidificazione della superficie con soluzioni a base di polimeri (per stoccaggi a LUNGO TERMINE) ▪ inerbimento della superficie degli stoccaggi (per stoccaggi a LUNGO TERMINE)
<i>Approcci secondari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo di tecniche di wet suppression

Tabella 5.4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Elenco e classificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili al controllo delle emissioni di polveri da operazioni di carico e scarico e da operazioni di movimento terra, su e da materiali stoccati	
Classificazione	Soluzione
<i>Approcci primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività: vedi Capitolo 2 Misure da considerare durante L'UTILIZZO DI BENNE: <ul style="list-style-type: none"> ▪ riduzione della altezza di caduta del materiale ▪ chiusura totale della benna/morsa dopo il prelievo del materiale ▪ sufficiente tempo di residenza della benna nella tramoggia (in caso di sistema chiuso) dopo lo scarico del materiale ▪ uso di benne ottimizzate <ul style="list-style-type: none"> ▪ forma geometrica e capacità di carico ottimali ▪ volume benne maggiore di quello dato dalla curva della benne ▪ superficie arrotondata per evitare aderenza del materiale ▪ buona capacità di chiusura durante operazioni permanenti Misure da considerare durante l'utilizzo di PALE MECCANICHE: <ul style="list-style-type: none"> ▪ riduzione della altezza di caduta del materiale durante le fasi di scarico e scelta la migliore posizione durante il caricamento dei mezzi Misure da considerare durante l'utilizzo di NASTRI <ul style="list-style-type: none"> ▪ usare coclee e nastri trasportatori con progettazione che minimizzi le perdite in particolare i punti di trasferimento per MATERIALI di CLASSI di DISPERSIVITÀ S4 E S5 <ul style="list-style-type: none"> ▪ protezioni antivento laterali per MATERIALI di CLASSI di DISPERSIVITÀ S1 ÷ S3 <ul style="list-style-type: none"> ▪ uso di trasportatori pneumatici Misure da considerare durante l'utilizzo di sistemi di TRASPORTO e SCARICO GENERALI <ul style="list-style-type: none"> ▪ minimizzazione della velocità di discesa del materiale ▪ minimizzazione della altezza di caduta libera (tramogge a cascata) <ul style="list-style-type: none"> ▪ installare deviatori sulle tubazioni piene ▪ applicare teste di caricamento alla fine di condotte e tubazioni per regolare la velocità di uscita ▪ l'uscita del condotto di scarico deve essere il più possibile prossima al fondo del sistema stoccaggio si ottiene ciò: <ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzando tubazioni piene o meglio tubazioni in cascata ad altezza regolabile utilizzare bassi angoli di scivolamento in caso di scarico/carico con scivoli ▪ uso di barriere antipolvere sulle fosse e le tramogge di scarico
<i>Approcci secondari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ per i materiali che la supportano bagnare i prodotti e le superfici degli stessi prima dell'approvvigionamento ▪ chiusura o copertura delle sorgenti emissive ▪ applicazione di coperture, schermi, grembiali ai tubi di carico pieni ▪ sistemi di aspirazione: specie ai punti di trasferimento nastri per materiali di classe di dispersività S1 ÷ S3 ▪ sistemi di filtrazione per convogliatori pneumatici ▪ fosse di scarico con sistemi di aspirazione, copertura e barriere per polveri ▪ tramogge di scarico ottimizzate ▪ tecniche di bagnatura, nebulizzazione, cortine ad acqua: specie ai punti di trasferimento dei nastri per materiali di classe di dispersività S4-S5

Tabella 5.5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.6 Soluzioni di mitigazione per stoccaggi ed annesse operazioni di carico, scarico e movimento terra classificabili come approcci pre primari

5.6.1 Approcci pre primari: utilizzo soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Conoscere la tendenza alla aerodispersione dei materiali stoccati, movimentati, caricati, scaricati ed utilizzo di particolari utensili di taglio e controllo del loro stato di degrado (vedi Capitolo 2 – paragrafo 2.2) nelle eventuali fasi di scavo precedenti lo stoccaggio, il carico, lo scarico, il movimento terra.

5.6.2 Approcci pre primari – preferenziali per materiali di classi di dispersività S4÷S5 – in caso di stoccaggio all’aperto o anche al chiuso: bagnatura del materiale

Per un maggior approfondimento sulla bagnatura e sulle tecniche e tecnologie possibili, si veda quanto riportato in Appendice 1. Per il corretto collegamento con questa tecnica utilizzata in termini di approccio pre primario con la stessa tecnica usata come approccio primario e secondario si vedano i paragrafi: 5.7.13 e 5.8.2, 5.10.2, 5.10.5

In generale l’obiettivo delle tecniche di “wet suppression” mediante sistemi a irroratori o a spray d’acqua utilizzati in termini di bagnatura del materiale è di prevenire che la polvere si liberi e si aero disperda rimanendo nel materiale che la contiene o su cui è depositata

Per rendere più efficace la bagnatura come “approccio primario” essa dovrebbe essere utilizzata in termini di approccio pre primario ovvero quando il materiale viene bagnato:

- in fase di abbattimento o produzione del materiale (al fronte, in fase di frantumazione, macinazione o vagliatura) con evacuazione e trattamento delle acque,
- in fase di trasporto durante le fasi di massima sollecitazione meccanica dello stesso (punti di trasferimento tra sistemi di trasporto),
- durante le fasi di scarico per la costituzione del cumulo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.7 Soluzioni di mitigazione per stoccaggi ed annesse operazioni di carico, scarico e movimento terra classificabili come approcci primari

5.7.1 Approcci primari - Utilizzo soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2:

<i>Approcci primari</i>	monitoraggio delle emissioni di polveri monitoraggio delle condizioni climatiche monitoraggio delle misure di prevenzione e contenimento delle emissioni programmazione delle attività lavorative il più possibile durante eventi di moderata velocità del vento
-------------------------	---

5.7.2 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di silo a grandi capacità di stoccaggio

Sono installazioni a copertura piana dotate di un sistema di carico centrale (alcuni esempi in **figura 5.8**) mediante il quale il contenuto del silo viene accumulato in strati orizzontali.

Il sistema di carico è costituito:

- da un caricatore a coclea antipolvere
- da una tubazione telescopica
- da un equipaggiamento connesso ad un distributore a coclea che serve a spandere uniformemente il materiale nel silo

I tre componenti servono a mantenere lo spanditore alla minima distanza dal materiale già stoccato diminuendo pertanto l'altezza di caduta.

La prevenzione della dispersione delle polveri dal silo è realizzata utilizzando anche sistemi di captazione e filtrazione applicati alla tubazione telescopica che rimane così in depressione.

Tipologie:

- a flusso centrale: lo scarico è dal fondo ed il materiale forma per gravità il proprio canale centrale di scarico. La superficie del materiale in caduta si sagoma pertanto a forma una tramoggia. Per tenere il materiale al centro del silo lo spanditore a coclea ruota in opposizione al moto del materiale. La velocità della coclea determina l'ammontare di materiale trasportato
- a flusso centrale con colonna centrale: la colonna centrale supporta il tetto del silo. E' utilizzato per grossi volumi stoccati.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- a disco-colonna: si crea artificialmente una colonna centrale di flusso mediante un sistema a colonna e dischi rotanti: è adatto per materiali che non cadono da soli o per materiali con caratteristiche di flusso variabili.

In termini di applicabilità queste strutture sono utilizzate per proteggere il prodotto da agenti esterni quali pioggia o per evitare di perdere materiali importanti. Utilizzate quando il materiale è in polvere o contiene sufficiente polvere da causare emissioni: gesso, calcare macinato, carbone polverizzato. Sono adatte nei casi in cui l'area per lo stoccaggio disponibile è piccola, le capacità di stoccaggio basse ed i costi per emissioni non conformi alti.

I costi sono molto variabili da installazione ad installazione ed occorre metterli a bilancio con il rischio di perdita di materiale o di sue caratteristiche

5.7.3 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di coperture tipo hangar con gru a ponte equipaggiata con tazze

Sono strutture robuste, coperte ed equipaggiate con aperture di ventilazione ed illuminamento nei muri. Le aperture sono generalmente schermate contro il vento. Sono strutture versatili suddivisibili in celle a diverso volume e equipaggiabili per diversi utilizzi. La gru può essere guidata da un operatore o con controllo in remoto.

5.7.4 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di depositi automatizzati

I depositi automatizzati hanno capacità che possono variare tra 10 e 1000 tonnellate e sono adatti non solo per lo stoccaggio ma anche per la miscelazione di diversi materiali. Sono equipaggiati con macchine automatiche per la costruzione e la ripresa di cumuli. I cumuli sono lineari o circolari e sono costruiti depositando diversi strati di materiale. La ripresa dal fronte del cumulo avviene con macchine rotanti a tazza, mentre sul lato del cumulo sono usati dei raschiatori. Utilizzano tipicamente nastri trasportatori in gomma per la costruzione e la ripresa dai cumuli. I punti di trasferimento sono in depressione e connessi a filtri a maniche.

I tetti sono completi e privi di aperture, i muri laterali sono dotati di aperture per i lavoratori e per macchinari.

In termini di applicabilità i depositi con gru a tazze e quelli automatizzati sono usati nella produzione di leganti idraulici per lo stoccaggio di clinker e combustibili solidi

Le coperture sono usate per la omogeneizzazione e lo stoccaggio di materie prime polverose e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sensibili all'umidità.

In termini di Interferenze ambientali: i disturbi sono confinati nella struttura chiusa, in caso di sistemi automatizzati assenza di personale

5.7.5 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di tettoie e capannoni

Applicati su un cumulo riducono soltanto le emissioni. I meccanismi di formazione delle emissioni sono gli stessi che accadono all'aperto ma la via di fuga delle emissioni è solo dalle aperture disponibili nel capannone/tettoia: ingressi uscite per i mezzi e per sistemi di ricambio aria.

Sono molto basse se il sistema di ventilazione è ben progettato.-

L'aria polverosa estratta può essere depurata: possono raggiungere 70 ÷ 90 m di lunghezza/larghezza e stoccare fino a 100.000 m³.

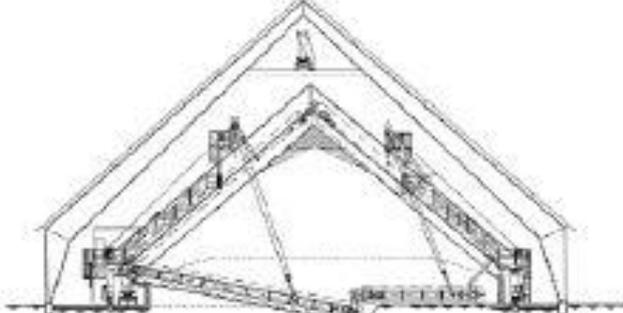
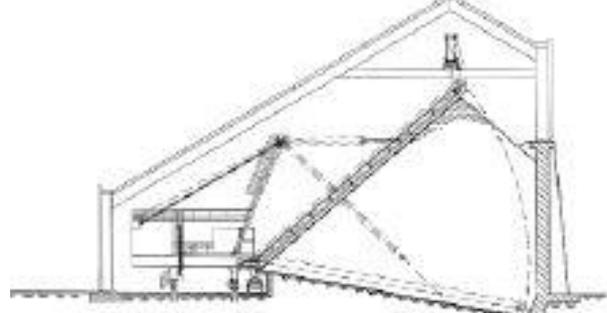
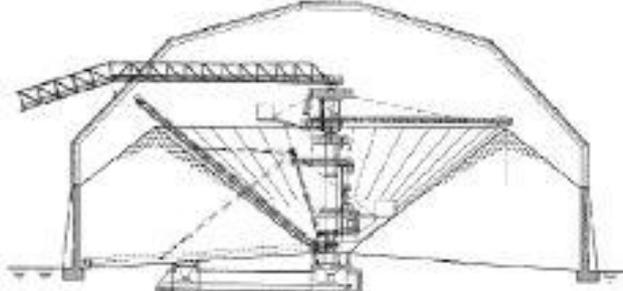
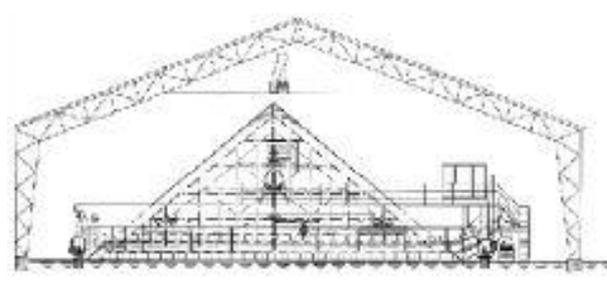
Possibili tipologie di depositi chiusi	
	
depositi longitudinali con trasportatore di scarico e raschiatoi all'ingresso	depositi longitudinali con trasportatore di scarico e raschiatoi laterali
	
depositi circolari con distributore e raschiatoio rotante	depositi longitudinali con trasportatore di scarico e raschiatoio a ponte
Fonte: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" - 2006	

Figura 5.8

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.7.6 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di strutture autoformantesi

Il prodotto viene stoccato dall'alto sotto un telo impermeabile: il cumulo cresce sotto. Per evitare che il telo impermeabile sia sollevato viene creata una depressione sotto al telo usando aspiratori (in genere due da 40 kW ciascuna). La soluzione previene la perdita di materiale da parte dell'azione dell'azione erosiva del vento. Minimizza i costi e consente una buona areazione del materiale. La copertura va rimossa quando comincia la ripresa dal cumulo per cui quest'ultima deve avvenire in un tempo relativamente breve. Il telo ha una durata relativamente breve: in genere 5 anni di garanzia. E' stata ideata per lo stoccaggio di cereali (fino a 50.000 m³) in cui si realizza meno perdita dal cumulo rispetto al caso all'aperto dove la sommità del cumulo deve essere trattata (e resa non commestibile). E' una soluzione applicabile ad altri materiali purchè con buone proprietà di scorrimento e permeabili all'aria. In termini di interferenze ambientali prevede consumo di energia per mantenere la depressione.

5.7.7 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di cupole

Per la loro costruzione (**figura 5.9**) sono utilizzate tecniche particolari quali casse forme gonfiabili a forma circolare in cui viene spruzzato il cemento. Costruibili in poco tempo e con capacità di stoccaggio fino a 4000 tonnellate. Il sistema viene completato da sistemi chiusi di carico e ripresa che portano il materiale in silos caricatori da cui viene trasferito ai sistemi di trasporto convenzionali. Ha il vantaggio che non comporta presenza di pilastri e capacità di controllo delle condizioni climatiche.

5.7.8 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di silos e tramogge

I silo (**figura 5.10**) sono essenzialmente contenitori cilindrici con una sezione di scarico conica. I più piccoli (o intermedi) possono anche essere rettangolari con una sezione di scarico tronco piramidale. Il tempo di residenza del materiale è solitamente breve a volte pochi minuti nelle tramogge di dosaggio. Nei silos di qualche giorno/settimana.

Dal punto di vista del controllo delle emissioni ci sono cinque punti critici:

- progetto dal punto di vista della stabilità,
- progetto dal punto di vista della facilità di scarico,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- controllo atmosfere esplodibili,
- eliminazione polveri a sistema pieno,
- eliminazione polveri a sistema vuoto.

Per la stabilità vale la norma DIN 1055 parte 6. Gli sforzi maggiori sulla struttura sono alla congiunzione tra la parte cilindrica e quella conico e le maggior tensioni avvengono a sistema chiuso o pieno. Lo spessore deve essere tale da evitare il collasso. La DIN 1055 considera proprietà del materiale quali:

- massa volumica,
- angolo di frizione,
- angolo di frizione all'ingresso,
- valore di carico orizzontale,
- fattore di carico dall'alto,
- fattore di scarico.

Dal punto di vista del rischio di collasso delle giunture saldate il parametro più critico sono le vibrazioni. Esse sono causate dal materiale a causa di flussi irregolari nel sistema.

Un punto critico è lo scarico: i sistemi di scarico devono consentire l'operazione con estrema facilità per evitare impiccamenti e necessità di svuotamento manuale (pericoloso con materiali esplodibili).

La facilità di scarico dipende dalla geometria del cono e dal diametro dell'ugello di scarico che deve essere progettato in accordo con l'angolo di attrito sulle pareti, con il materiale del cono di scarico e dalla coesione del materiale. Queste proprietà sono misurate nei tester anulari di deformazione in accordo con le specifiche dell'Istituto di Ingegneria Chimica.

Comunemente sono dotati di sistemi in estrazione connessi a stadi di filtrazione.

Se comparati con stoccaggi in cumulo all'aperto e se equipaggiati con aspiratori e depuratori le emissioni sono bassissime. Dal punto di vista della applicabilità la tecnologia è consolidatissima e, per quanto concerne gli aspetti di sicurezza esistono versioni per prodotti esplodibili. Non ci sono interferenze ambientali. Un altro sistema che viene comunemente utilizzato quando allo stoccaggio all'aperto si sostituiscono completamente o parzialmente stoccaggi in sistemi chiusi quali silos è quello di trasferire l'aria polverosa attraverso uno sfiato in un silo adiacente. Ovviamente ciò comporta l'uso di più silo, la loro chiusura totale, e l'utilizzo di un silo avente spazio sufficiente per far sì che l'aria si espanda.

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento
CZ0029_F0.doc

Rev. Data
F0 20/06/2011

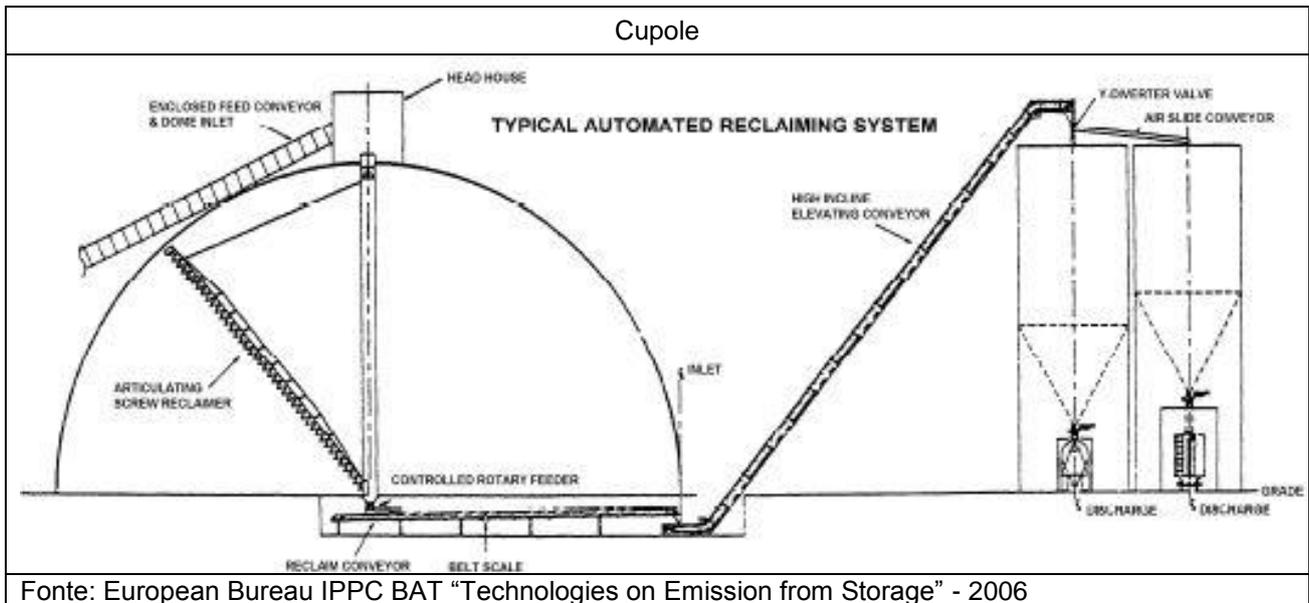


Figura 5.9

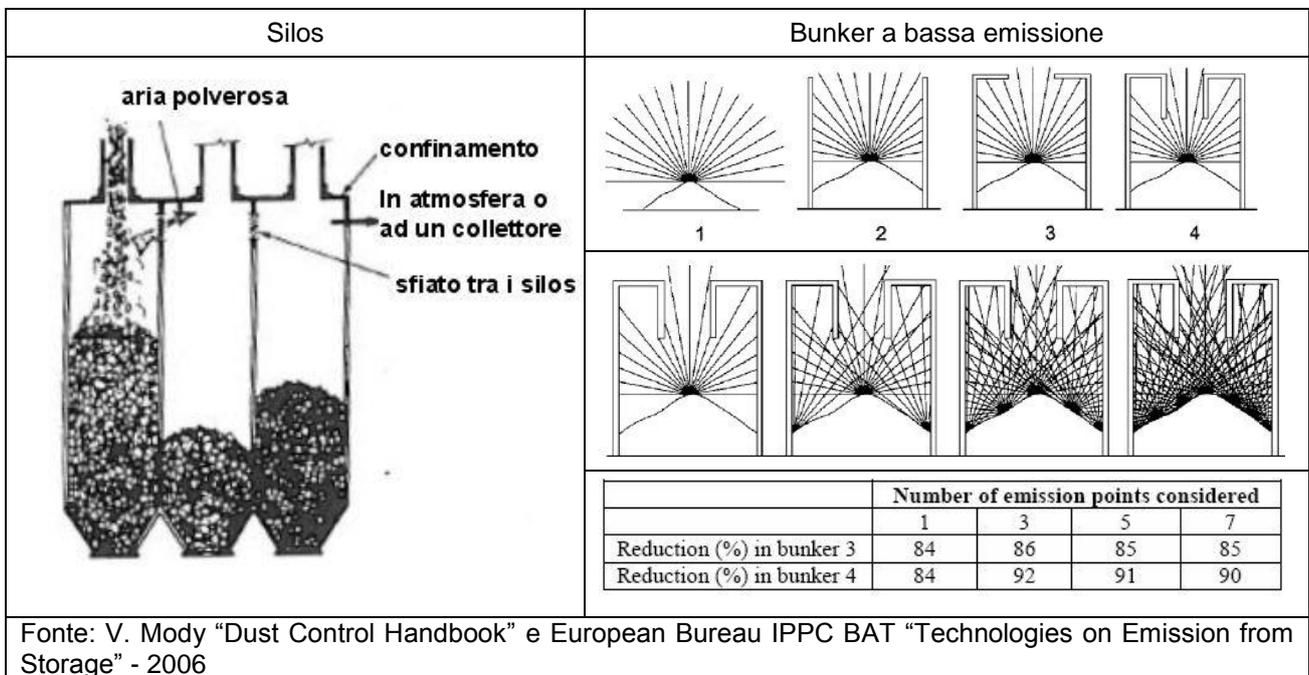


Figura 5.10 e 5.11

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.7.9 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 - utilizzo di bunker a bassa emissione

Per lo scarico del materiale in un bunker (**figura 5.11**) mediante benne l'emissione di polvere dipende anche dalla forma del bunker. Le tipologie costruttive 3 e 4 sono quelle a minor emissione. Approfondendo l'argomento il bunker numero 4 è quello, in base a simulazioni capaci di considerare più punti di emissione è quello ad emissioni minori.

5.7.10 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S4÷S5 – soluzioni generali per prevenire la dispersione di polveri da stoccaggi all'aperto

Le soluzioni di tipo primario sono elencate in **tabella 5.6** e descritte nei paragrafi che seguono.

Elenco delle soluzioni generali per prevenire la dispersione di polveri da stoccaggi all'aperto		
<i>Approccio per la riduzione prevenzione della dispersione formazione polveri</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Tipo di cumulo su cui è applicabile</i>
sfruttare la topografia per la localizzazione del cumulo	ubicare l'impianto di trattamento e la zona di stoccaggio in una depressione del terreno o in una zona confinata	stoccaggio a breve e lungo termine
il più possibile costituiti e mantenuti ad altezze prossime al suolo, altezza limite: 11 metri	sopra gli undici metri il vento è meno ostacolato dall'orografia e dagli alberi per cui la sua azione erosiva aumenta	stoccaggio a breve e lungo termine
asse longitudinale del cumulo parallelo alla direzione del vento prevalente	possibili limiti alla implementazione: <ul style="list-style-type: none"> ▪ situazione geografica sfavorevole (valle/corso di un fiume) ▪ infrastrutture sfavorevoli (strade e ferrovie) ▪ proprietà (dimensione e forma del sito disponibile) 	stoccaggio a breve e lungo termine
bagnatura della superficie del cumulo mediante sistemi di irrorazione	Possibili restrizioni: <ul style="list-style-type: none"> ▪ materiale sensibile all'umidità ▪ scarsità riserve di acqua ▪ ricarica acquiferi ▪ non utilizzabile in caso di tempeste/clima freddo ▪ perdita di materiale 	stoccaggio a breve e lungo termine

Tabella 5.6 (prosegue)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Elenco delle soluzioni generali per prevenire la dispersione di polveri da stoccaggi all'aperto		
<i>Approccio per la riduzione prevenzione della dispersione formazione polveri</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Tipo di cumulo su cui è applicabile</i>
piantumazione protettiva, cancellate antivento, dune piantumate, tutte di altezza paragonabile a quella dei cumuli, poste sopravvento per deviarlo o abbassarne la velocità. Le barriere devono essere ubicato secondo il la giusta angolazione rispetto alla direzione dei venti dominanti ad intervalli pari a 15 volte l'altezza della barriera stessa.	la piantumazione, dune alberate, recinzioni (cancellate) servono anche per spingere il vento oltre ed intorno ad un cumulo. Le reti paravaneto e frangivento servono per ridurre la velocità. La soluzione piantumazione è meno efficace di inverno a causa della caduta delle foglie o quando la velocità del vento è particolarmente alta	stoccaggio a breve e lungo termine
un solo cumulo anziché molti cumuli distanziati: con due cumuli di capacità totale pari a quella di un cumulo la superficie libera cresce del 26%	<ul style="list-style-type: none"> - non utilizzabile in caso di diversi materiali - forma e dimensione del sito disponibile - disponibilità di attrezzature per farlo 	stoccaggio a breve e lungo termine
i cumuli vanno il più possibile costituiti e mantenuti con profili dolci, tendenti al piano	un cumulo di superficie irregolare crea turbolenze che aggravano il prodursi della polvere.	stoccaggio a breve e lungo termine
se il cumulo è conico rispettare l'angolo ottimale di 55°	gli angoli dei pendii sono difficili da influenzare e dipendono dalle caratteristiche del materiale, il meglio sarebbe l'angolo di 55° ma nelle pratica gli angoli utilizzati sono tra 20 e 45 à	stoccaggio a breve e lungo termine
se il cumulo è troncoconico la proporzione ottimale tra il raggio della parte piana superiore rispetto alla lunghezza del tronco di cono è di 0,55	in questo modo si minimizza la superficie libera	stoccaggio a breve e lungo termine
con riferimento alla superficie libera dei cumuli una sezione circolare è da preferirsi ad una anulare o longitudinale.	i cumuli circolari richiedono speciali trasportatori	stoccaggio a lungo termine
i cumuli ad anello aperto sono più critici rispetto a quelli chiusi	i cumuli ad anello chiuso sono adatti a stoccaggi a lungo termine mentre i cumuli con continua alimentazione e ripresa sono sempre aperti	stoccaggio a lungo termine

Tabella 5.6 (prosegue)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Elenco delle soluzioni generali per prevenire la dispersione di polveri da stoccaggi all'aperto		
<i>Approccio per la riduzione prevenzione della dispersione formazione polveri</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Tipo di cumulo su cui è applicabile</i>
lo stoccaggio con muri di ritenzione riduce la superficie libera portando ad una riduzione delle emissioni di polvere diffuso. La riduzione è massimizzata se il muro è collocato nella parte sopravento dello stoccaggio all'aperto	è adatto per piccoli e medi cumuli non per grossi cumuli i muri limitano l'accesso ai cumuli i muri sono un investimento in più	stoccaggio a breve e lungo termine
ubicare i muri di ritenzione vicini	aumentano l'altezza dei cumuli	stoccaggio a breve e lungo termine
coprire la superficie con teli impermeabili o solidificare la superficie o inerbire	adatti solo a stoccaggi a lungo termine	stoccaggio a lungo termine
utilizzare sostanze leganti per la polvere a elevata durata	le sostanze leganti possono danneggiare i materiali adatti solo a stoccaggi a lungo termine	stoccaggio a lungo (fino a breve) termine
non costruire o riprendere i cumuli durante condizioni climatiche avverse (lunghi periodi secchi, o freddi alte velocità del vento)	forte interferenza con le operazioni	stoccaggio a breve termine
le operazioni di costituzione del cumulo e di recupero del materiale da un cumulo ed in generale l'area di lavoro legata ad un cumulo in costituzione devono essere condotte/ubicate sul lato sottovento del cumulo	l'attività è schermata dagli effetti del vento	stoccaggio a breve e lungo termine
minimizzare il traffico di veicoli sul cumulo ed intorno ad esso		stoccaggio a breve e lungo termine

Tabella 5.6

5.7.11 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S4÷S5 – soluzioni generali per prevenire la dispersione di polveri da stoccaggi all'aperto: utilizzo di dune, cancellate, piantumazioni per la protezione del vento ed in genere utilizzo di protezioni antivento

L'utilizzo di argini o dune è stato sviluppato in Olanda in unione a sistemi a ponte per la costruzione recupero di cumuli. Il sistema di costituzione e ripresa corre sull'argine e cerca di far sì che la cima del cumulo sia sempre sotto sotto la linea dell'argine o della duna.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

Gli argini possono essere pensati per proteggere solo la zona di stoccaggio dei cumuli o un intero sito di stoccaggio agendo anche come protezione dal vento per le fasi di trasporto.

Gli effetti sono di un 50% minimo in termini di riduzione della velocità del vento.

Il solo utilizzo di argini ha una efficienza del 20-40% in termini di riduzione delle emissioni, ma, senza attrezzarli con sistemi caricamento/recupero adatto la emissione sale per le fasi di trasporto. Argini e dune possono essere soggetti a piantumazione di vegetazione permanente o temporanea per limitare l'erosione da parte del vento dell'argine/duna stessa e per aumentare l'effetto deviante sul vento e riducente sulla sua velocità

Cancellate, piantumazioni e sistemi di protezione antivento agiscono meno in termini di deviazione del vento rispetto al sito di stoccaggio e di più in termini riduzione della velocità del vento, quindi della potenzialità della sua azione erosiva quindi di emissione di particolati da siti di stoccaggio all'aperto. Dal punto di vista tipologico (**figura 5.12**) comprendono:

- cancellate antivento,
- barriere antineve,
- reti antivento in iuta,
- piantumazioni e antivento.



Figura 5.12

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il layout della installazione è molto sito specifico.

Le barriere ubicate ad angolazione corretta rispetto alla direzione dei venti dominanti e spaziate a distanze pari a 15 volte l'altezza della barriera stessa possono essere veramente efficaci per il controllo dell'effetto del vento.

Le reti antivento, ma in pratica molte cancellate sono in effetti strutture di sostegno di reti antivento, sono in tessuti a base di poliestere, polipropilene ad alta densità, nylon, con porosità non superiore al 50%.

5.7.12 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S4÷S5 – soluzioni generali per prevenire la dispersione di polveri da stoccaggi all'aperto: copertura del materiale mediante teli impermeabili e reti

Sono utilizzate per:

- ridurre le emissioni di polveri
- ridurre il disturbo causato da uccelli
- proteggere il materiale dalla umidità

Svantaggi:

- nessuna riduzione delle emissioni durante la costruzione ed il recupero
- installazione e disinstallazione impegnative
- tempo di vita corto

Applicabilità:

solo per stoccaggi a lungo termine o per sostanza molto disperdibili quando la bagnatura non è sufficiente

5.7.13 Approcci primari – materiali afferenti alle classi di dispersività S4÷S5 – soluzioni generali per prevenire la dispersione di polveri da stoccaggi all'aperto: bagnatura dei sistemi di stoccaggio ubicati all'aperto

Per un maggior approfondimento sulla bagnatura e sulle tecniche e tecnologie possibili, si veda quanto riportato in Appendice 1. Per il corretto collegamento con questa tecnica utilizzata in termini di approccio primario con la stessa tecnica usata come approccio pre primario e secondario si vedano i paragrafi: 5.6.2, 5.7.13, 5.8.2 e 5.10.2, 5.10.5.

In generale l'obiettivo delle tecniche di "wet suppression" mediante sistemi a irroratori o a spray d'acqua utilizzati in termini di bagnatura del materiale è di prevenire che la polvere si liberi e si

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

aero disperda rimanendo nel materiale che la contiene o su cui è depositata

Dal punto di vista delle applicazioni per la riduzione delle emissioni fuggitive di particolati aerodispersi da stoccaggi all'aperto in termini di approccio primario sono contemplate solo le tecniche di bagnatura ovvero quelle tecniche, che, tenendo umido il materiale riducono la possibilità che il fine eventualmente contenuto si liberi come aerodisperso.

Per rendere più efficace l'intervento tuttavia, la bagnatura dovrebbe essere utilizzata in termini di approccio pre primario.

La bagnatura degli stoccaggi all'aperto in questo senso mantiene, in termini di approccio primario, ciò che in parte è già stato ottenuto come approccio pre primario.

L'utilizzo di nebulizzatori piuttosto che irroratori per la bagnatura degli stoccaggi all'aperto e quindi mediante nebbie di acqua o acqua ed additivi fatte da piccole goccioline serve essenzialmente per rendere più rapido ed uniforme (risparmiando acqua ed additivi) il trattamento di una certa porzione di materiale stoccato. Circa le tipologie utilizzabili si veda il paragrafo 5.8.2 relativo all'utilizzo di nebulizzatori come tecnica di approccio secondario ovvero dedicata non alla prevenzione della dispersione di polveri ma al loro contenimento una volta disperse ma soprattutto l'Appendice 1.

Per l'applicazione tuttavia si parla più appropriatamente di bagnatura mediante irrigazione o irrorazione di acqua ed additivi.

Può essere condotta:

mediante installazioni fisse:

- stazioni di irrigazione/irrorazione con lance brandeggiabili
- sistemi di condotte e irroratori (sprinkler) ubicati a bordo pista ed attivabili prima del passaggio di mezzi

mediante installazioni mobili (serbatoi, autobotti e lance mobili).

In questo secondo caso è importante:

- che le stazioni di rifornimento dei serbatoi siano localizzate in posizioni tali da ridurre i movimenti dei mezzi di irrorazione;
- che le stazioni di rifornimento siano attrezzate in modo da ridurre il più possibile i tempi di rifornimento.

E' una tecnica applicabile:

- a siti dove l'acqua è disponibile

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- a stoccaggi all'aperto costituiti da materiali bagnabili diversamente è necessario additivare all'acqua additivi che aumentano la bagnabilità del materiale ma che al contempo non abbassino troppo la tensione superficiale dell'acqua per contenerne l'evaporazione

Circa le prestazioni esemplificative di ugelli irroratori e le efficienze medie della bagnatura valgono le considerazioni fatte per piste e piazzali al paragrafo 3.4.1: dipendono molto, come peraltro la La bagnatura mediante sistemi di irrorazione o sistemi di nebulizzazione viene spesso utilizzata per disperdere uniformemente il liquido e gli eventuali additivi utilizzati. Gli additivi in commercio sono numerosissimi, inclusi alcuni veramente biodegradabili (ovvero che dopo 20 giorni l'80% della sostanza pericolosa è biodegradata).

Si ricorda tuttavia che gli additivi, vedi Appendice 1 – **tabella A1.3**, possono avere le seguenti funzioni

- funzione bagnante: da alla soluzione/emulsione nebulizzata la capacità di penetrare in profondità nel prodotto stoccato. In questi casi l'additivo abbassa la tensione superficiale della soluzione/emulsione. Un vantaggio è che la loro funzione si estende anche alla fase di ripresa del materiale stoccato
- funzione schiumogena: il particolato aerodispersibile è costituito dalle particelle più piccole di materiale. Aggiungendo al nebulizzato un additivo schiumogeno che consente la formazione di bolle molto piccole (0,1 – 50 µm) le particelle di particolato sono più facilmente inglobabili nelle bolle.. La qualità della schiuma nel ridurre la dispersione di polvere dipende da quanto le bolle sono piccole e da quanto la schiuma è stabile.
- funzione legante: è una combinazione della capacità di aderire e legare la polvere. Per una migliore azione si utilizzano:
 1. ossido di calcio o magnesio aggiunti a schiumogeni/tensiomodificatori,
 2. oli minerali o vegetali
 3. adesivi speciali noti come "sostanze incrostanti" e spesso costituiti da polimeri ad acqua a base di latex
 4. gesso

Circa l'uso di additivi (esempio in **figura 5.13**) sui sistemi di stoccaggio all'aperto:

- applicabilità: e'importante applicare il metodo appena il cumulo viene formato ed è stabile e ridarlo non appena si è formato un nuovo fronte di materiale. E' adatta a stoccaggi di rocce, minerali, carbone, bauxite, inerti e rifiuti edilizi, nella costruzione di cumuli, nello scarico di vagoni e camion ed il carico di navi. Viene integrato nell'utilizzo di pale frontali ed nell'utilizzo di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sistemi di carico mobili o di trasportatori a raschietto. L'applicazione di leganti è valida solo per costruzione di cumuli.

- **benefici ambientali:** si usa meno acqua, l'effetto preventivo sulla formazione di polvere è maggiore rispetto al solo uso di acqua.
- **efficienza:** dipende da come si applica il prodotto, dal metodo, dalla frequenza, dal mantenimento. è comunque stimata sul 90-99% contro l'80-98% del solo uso di acqua.
- **svantaggi:** possono peggiorare la qualità del materiale e servono ulteriori dispositivi per miscelare acqua ed additivi

Esempio di utilizzo della bagnatura con acqua ed additivi su materiale stoccato	
<p>Esempio: utilizzo emulsione al 3-5% di latex. Utilizzo di un camion con un braccio nebulizzatore di 20 m. consente un uniforme dosaggio della emulsione sul cumulo, cruciale per ottenere una buona crosta. La preparazione della soluzione ha richiesto una stazione supplementare per il miraggio e il caricamento su serbatoi a loro volta alimentanti il camion con spruzzatore. Nessuna applicazione in caso di pioggia, ghiaccio o vento superiore a 6 m/s. Prima della applicazione della emulsione occorre una fase di sola bagnatura con acqua.</p>	
<p>Fonte: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" - 2006</p>	

Figura 5.13

5.8 Soluzioni di mitigazione per stoccaggi ed annesse operazioni di carico, scarico e movimento terra classificabili come approcci secondari

5.8.1 Approcci secondari – materiali afferenti alle classi di dispersività S1÷S3 – soluzioni per contenere la dispersione di polveri da sistemi di stoccaggio chiusi: captazione polveri mediante sistemi ad aspirazione localizzata connessi a stadi di abbattimento polveri

I sistemi di stoccaggio chiusi come i silo e le coperture sono normalmente dotati di sistemi di estrazione d'aria (sistemi di ventilazione in aspirazione – vedi Appendice 2) connessi a stadi di abbattimento, operanti in genere secondo il principio della filtrazione (filtri a maniche), per depurare

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

l'aria rimossa durante le operazioni di costituzione dello stoccaggio. Per evitare che venga estratta tutta l'aria presente al di sotto di una copertura, i sistemi di captazione sono posizionati, mediante cappe aspiranti, nei luoghi specifici ove si conducono attività di carico/scarico.

La tecnologia è applicata in particolare a silo e tramogge perché, specie per il carico scarico di materiali polverulenti, viene generata una quantità importante di polvere. In termini di abbattimento della polverosità i sistemi di filtrazione, oltre che a maniche, possono funzionare a candele o cartucce filtranti. I sistemi a cartucce sono più efficienti per contro sono più dispendiosi dal punto di vista energetico seppur più versatili essendo applicabili con meno difficoltà alla sommità del silo. Sono sistemi fatti da un supporto in plastica o acciaio che contiene l'elemento filtrante (carta solitamente) da smaltire una volta esausti.

I filtri a candela sono invece dei corpi ricoperti da un tessuto che costituisce il mezzo filtrante. Il tessuto può essere composto come filamento unico o multifilamento ed è solitamente in polipropilene. Vengono puliti, una volta prossimi ad essere esausti mediante sistemi vibrazionali o da un impulso di aria in controcorrente e pressione. La fase di pulizia dei filtri comincia appena finisce il ciclo di filtrazione o quando un segnale di sovrappressione differenziale monte-valle del filtro segnala la prossimità alla fase esausta del filtro.

Dispersioni di polvere occorrono anche durante la fase di scarico di silo e tramogge. I materiali polverulenti vengono scaricati solitamente mediante un alimentatore a valvola rotante in una linea di trasporto pneumatica o in un alimentatore a vite. Anche in questo punto è possibile installare un sistema di estrazione e filtrazione dell'aria.

Spesso le misure previste dai fornitori di materie prime polverulente per evitare dispersione di polvere comprendono:

- classificazione del polverulento a monte della fornitura per avere granulometrie sempre superiori ai 100 µm
- utilizzare un additivo adesivo per far aderire le particelle più piccole a quelle grossolane.

Spesso la distribuzione granulometrica delle particelle è parte della specifica: particelle inferiori ai 10 µm devono non essere presenti.

Vantaggi: con i sistemi di filtrazione si raggiungono livelli in emissione, in funzione del materiale trattato, tra 1-10 mg/m³

Applicabilità: l'area di filtrazione dipende dalla quantità di aria estratta o dal volume di aria necessario per convogliare in modo pneumatico il materiale nel silo. Solitamente per questi sistemi vengono utilizzate velocità di 2 m/s (La massima depressione a monte valle dello stadio di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

filtrazione ammessa prima della fase di pulizia/sostituzione è 4-10 kPa).

La decisione circa l'utilizzo di sistemi a candela o a cartuccia per la filtrazione dipende dalla frequenza delle operazioni di stoccaggio. Se spot meglio i filtri a cartuccia, se continue meglio i sistemi a filtri a maniche.

5.8.2 Approcci secondari – materiali afferenti alle classi di classi di dispersività S4÷S5 – soluzioni per contenere la dispersione di polveri da sistemi di stoccaggio aperti: sistemi di abbattimento della polvere dispersa da cumuli mediante nebulizzazione di acqua

L'obiettivo della tecnica di "wet suppression" mediante sistemi a spray d'acqua in questo caso è quello di abbattere una nube di polvere che si è aero dispersa da una sorgente intervenendo sulla nube stessa mediante un getto di acqua (o acqua ed additivi) nebulizzato ad una certa velocità ed orientato in modo da occupare un certo volume di aria intorno alla sorgente. Il meccanismo di abbattimento deriva dalla collisione tra le goccioline costituenti la nebbia di acqua e quelle costituenti la nube di polvere

Circa le tecniche e le tecnologie utilizzabili si veda quanto riportato in Appendice 2 in particolare per quanto riguarda la tecnologia dei cannoni nebulizzatori

5.9 Soluzioni di mitigazione dedicate alle operazioni di: movimento terra, costituzione di cumuli, carico (in cumuli, sistemi chiusi o mezzi di trasporto), ripresa di materiale da un cumulo, scarico di materiale da un mezzo di trasporto o da un sistema chiuso classificabili come approcci primari

5.9.1 Premessa: flusso di aria indotto dalla caduta di un materiale in fase di carico o scarico, minimizzazione della velocità di discesa e della altezza di caduta libera di un materiale in fase di carico o scarico

▪ **Flusso di aria indotto dalla caduta di un materiale in fase di carico o scarico**

Nel momento in cui un materiale granulare viene scaricato da una certa altezza verso un sistema di stoccaggio (sia esso un cumulo, sia esso l'apertura di una tramoggia connessa ad un sistema di stoccaggio chiuso) e cade in aria, ogni particella imprime all'aria circostante una certa quantità di moto. Per conseguenza di questo trasferimento di energia un flusso di aria viene richiamato e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

viaggia assieme al materiale. Uno degli approcci possibili per gestire una emissione di polvere dovuta ad un'attività in cui la sorgente di polverosità è dovuta a materiale in caduta è rimuovere una portata di aria pari o maggiore a quella indotta dalla caduta del materiale.

Un secondo tipo di approccio prevede il progetto di un impianto aspirante ed in particolare dei suoi punti terminali, cappe aspiranti, in modo tale che, laddove la polvere viene generata, il campo di moto indotto dal sistema aspirante generi dei vettori velocità, rivolti verso la cappa, di intensità tale da vincere il campo di moto proprio delle particelle aerodisperse e delle forze che le disperdono.

Su questi due approcci si veda anche quanto sinteticamente aggiunto in Appendice 2.

▪ **Minimizzazione della velocità di discesa di un materiale in fase di carico o scarico**

Quando la velocità di discesa del materiale è troppo elevata le particelle costituenti il materiale riescono a separarsi ed a generare emissione di polvere. Inoltre aria viene richiamata verso il fondo della tramoggia/scivolo sollevando polvere al termine del sistema di scarico. L'impatto del materiale genera altre emissioni di polvere.

L'emissione dipende dalla lunghezza di caduta.

La velocità di discesa può essere minimizzata:

- a. installando deviatori lungo la condotta/scivolo (per esempio nelle lunghe tubazioni piene)
- b. installando una testa di carico al termine della discenderia per regolare il volume di materiale in uscita
- c. usando una discenderia in cascata (tubazione o tramogge in cascata)
- d. utilizzando bassi angoli di discesa

Una cascata ha il vantaggio di combinare basse altezze di caduta e di diminuire la velocità a causa del fatto che il materiale scivola e cade alternativamente.

▪ **Minimizzazione della altezza di caduta libera di un materiale in fase di carico o scarico**

Per minimizzare l'emissione di polvere durante il caricamento di camion, treni, unità di trasporto, o durante la costruzione di cumuli, l'uscita dello scaricatore (per esempio una tubazione piena) dovrebbe attestarsi sul fondo del sistema di carico o essere in prossimità del materiale già impilato. Si ottiene questo obiettivo attraverso un sistema automatizzato di regolazione della altezza del punto di scarico.

Applicabilità: tramogge, tubazioni piene, tubazioni a cascata se usate propriamente possono raggiungere altezze di cadute molto basse.

Per sostanze di tipo S5 l'altezza di caduta non è critica.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.9.2 Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: misure per un operatore di una pala frontale

Sono applicabili nel momento in cui l'adduzione di un materiale in un cumulo avviene con cumulo ubicato in luogo chiuso o sotto tettoia e connessione a tramoggia tra l'esterno ed il luogo chiuso. Rispetto alla **figura 5.14** si tratta di immaginare che la pala, anziché nel cassone di un camion scarichi all'interno di una tramoggia

Si tratta di ridurre l'altezza di caduta e scegliere la corretta posizione durante operazioni di scarico in un cassone di camion/dumper o in tramoggia.

Applicabilità: sempre applicabile ma la procedura implica maggior durata delle operazioni.

Aspetti di sicurezza: nessuno



Figura 5.14

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.9.3 Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: misure per l'operatore della gru riguardanti l'uso di una benna

Sono applicabili nel momento in cui l'adduzione di un materiale in un cumulo avviene con cumulo ubicato in luogo chiuso e connessione a tramoggia tra l'esterno ed il luogo chiuso. Sono descritte nel flow chart riportato nella in **figura 5.15**.

Inoltre per i materiali di classe di dispersività S1-S3 e possibilmente S4 lo scarico ed il carico dovrebbero avvenire in benne mantenute in buone condizioni e coperte sulla sommità.

La benna andrebbe aperta allo scarico solo dopo che ha superato il bordo della tramoggia o il bordo della barriera antivento.

Dopo la presa del materiali la benna deve essere completamente chiusa e deve essere lasciata in tramoggia per un tempo sufficiente allo scarico del materiale.

Applicabilità: sempre applicabile ma la procedura implica maggior durata delle operazioni.

Costi: bassi

Aspetti di sicurezza: nessuno.

5.9.4 Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: uso di benne ottimizzate

Le caratteristiche essenziali (**figura 5.16**) di una benna pensata per prevenire le dispersioni di polveri sono le seguenti:

- è chiusa sulla sommità per prevenire influenza da parte del vento
- ha una forma ed una capacità di carico che impedisce i sovraccarichi
- il volume dovrebbe essere maggiore del volume descritto dalla curva delle benne ovvero dalla curva delle mascelle mentre affondano nel materiale.
- la superficie deve essere liscia per impedire aderenza di materiale
- la capacità di chiusura della benna deve essere buona

Le benne a mascelle chiudibili con aperture sagomate a tramoggia hanno tutte queste caratteristiche.

Benefici ambientali: minimizza le emissioni che però, a causa di perdite, possono ancora attestarsi sul 2-5%. Costi: approssimativamente una benna ottimizzata da 13 m³ può costare anche 50.000 euro (più i costi per la gru).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

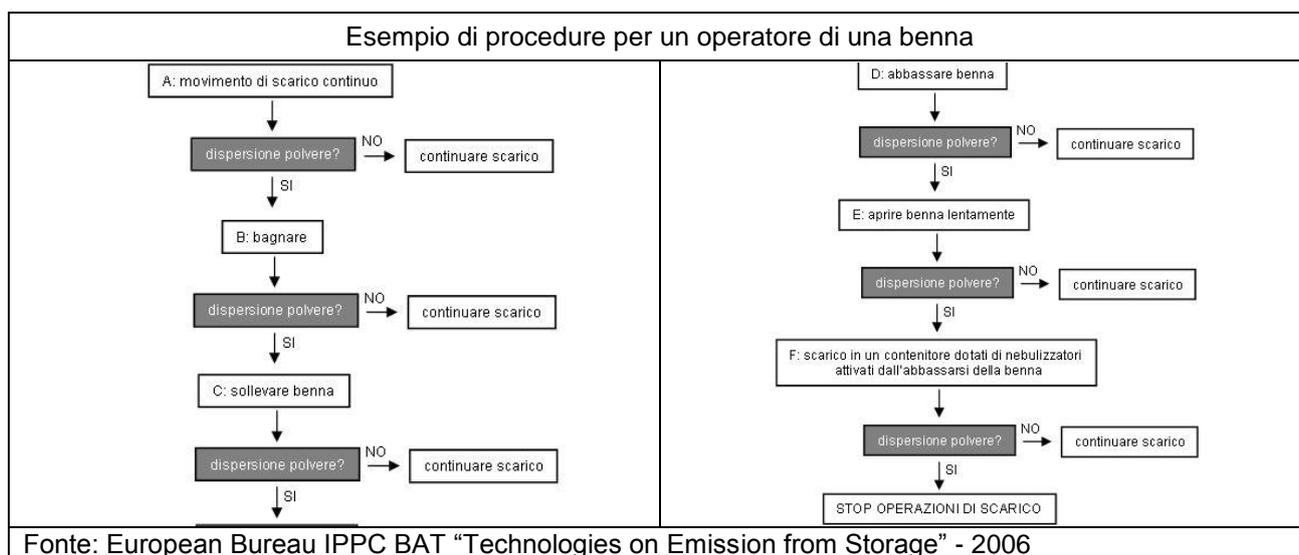


Figura 5.15

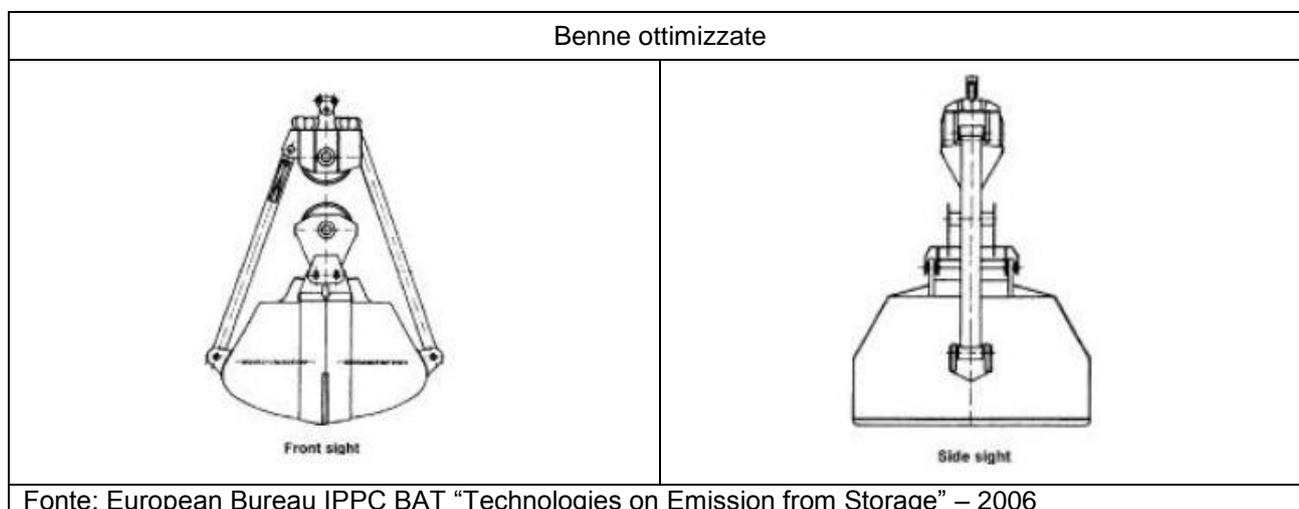


Figura 5.16

5.9.5 Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: uso di recuperatori

Invece di utilizzare benne o pale frontali si possono usare recuperatori a tazze (o di altro tipo) – **figura 5.17_a** - per minimizzare il disturbo sul materiale. Una soluzione, soprattutto per la ripresa del materiale, per minimizzare le dispersioni in occasione di uso di recuperatori, può essere quella di costruire un tunnel sotto il cumulo al termine del quale sia posta la tramoggia di alimentazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

del recuperatore – **figura 5.17_b.**

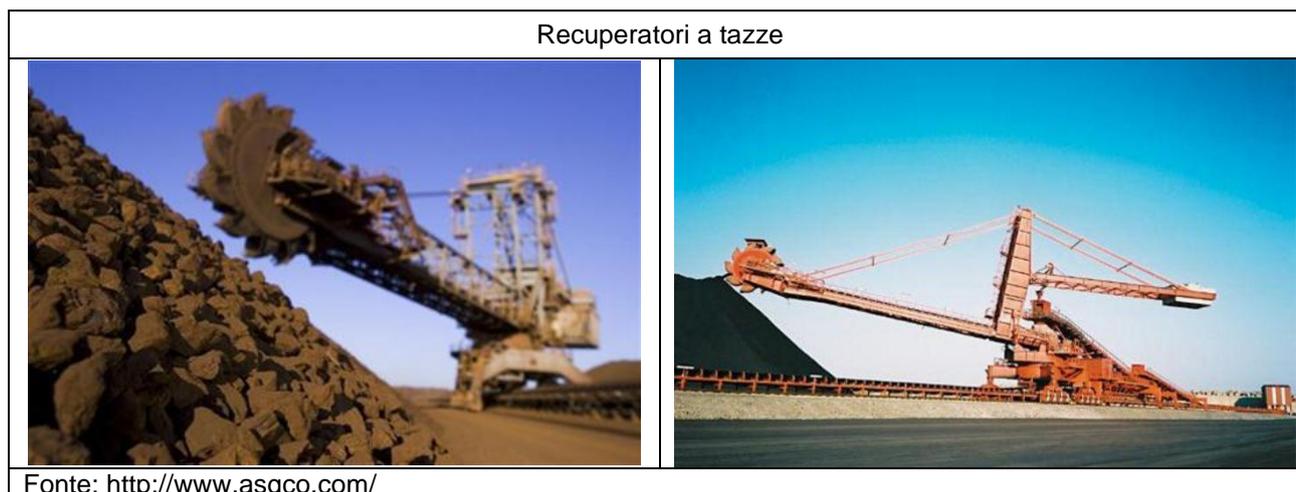


Figura 5.17a



Figura 5.17b

5.9.6 Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: uso di tubazioni piene

Sono anche chiamate tubazioni di carico e (**figura 5.18**) sono applicabili sia a caricamenti in sistemi chiusi sia per caricamenti in sistemi aperti.

Per il caricamento all'aperto di camion aperti, navi o cumuli coperture o paratie sono montate alla fine della tubazione per minimizzare la dispersione di polvere. Per il caricamento al chiuso di camion-silo o di container al termine della tubazione è montato un sistema di allarme di troppo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

pieno in modo da ridurre l'emissione di polvere. La tubazione è fatta da un condotto di ingresso e di uscita ed è di materiale plastico o di un robusto tessuto plastico. Sono utilizzate per il carico di container, camion, treni e navi.

Le tubazioni piene possono essere telescopiche pertanto il materiale in fase di carico, ripreso dal cumulo, viene scaricato in una condotta retraibile. Man mano che l'altezza del cumulo cresce o decresce la tubazione viene sollevata ed abbassata. Ovviamente un minimo di altezza di caduta libera resta in corrispondenza della fine della condotta e la sommità del cumulo tuttavia un buon progetto della condotta può mantenerla al minimo. Simili nel principio operativo alle tubazioni piene, pur non essendo tubazioni, sono i nastri accumulatori dotati di un braccio incernierato regolabile in accordo con l'altezza del cumulo.

Le cosiddette "loading-spout" sono un'evoluzione ed una combinazione delle tubazioni piene e di quelle telescopiche che applicano, per il contenimento delle emissioni, cinque principi:

- confinamento: il materiale in caduta è chiuso nel condotto centrale di una condotta flessibile
- cattura della polvere mediante sistema di aspirazione localizzato alla sorgente: nello spazio anulare tra le pareti della condotta flessibile ed il condotto centrale di scarico del materiale viene convogliata ad un abbattitore di polveri l'aria polverosa aspirata da un ventilatore e catturata da una cappa aspirante posta al termine della condotta di scarico
- prevenire le emissioni di polvere dovute al richiamo di aria da parte del materiale in caduta: lo spazio disponibile per l'aria indotta dalla caduta del materiale per intercettare il flusso di materiale in caduta è minimo giacchè il sistema può essere ubicato in prossimità del materiale stoccato e regolato in altezza in funzione della crescita/decrecita del cumulo di materiale stoccato
- ridurre l'altezza di caduta: regolazione in altezza della condotta.
- ridurre la velocità di caduta: mediante deviatori o aperture con restringimenti;

Emissioni: minimizzando la superficie libera di carico raggiungono livelli minimi di dispersione

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

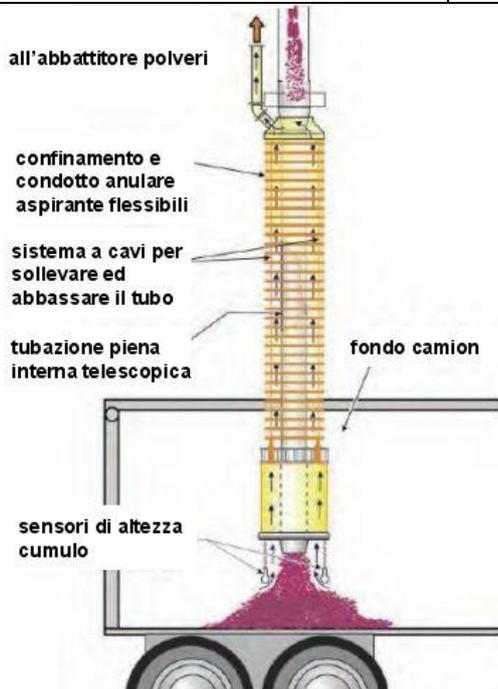
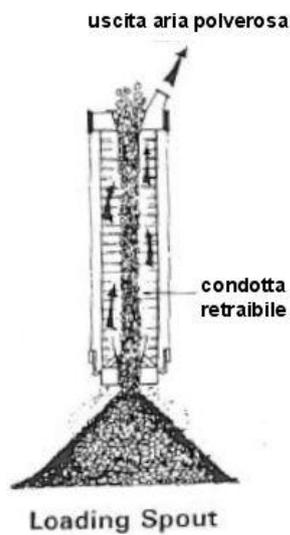
Rev.

F0

Data

20/06/2011

Tubazioni piene



Fonte: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" – 2006, V. Mody "Dust Control Handbook", NIOSH - "Handbook for dust control in metal/non-metal mining" e fonti interne

Figura 5.18

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.9.7 Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: uso di tubazioni in cascata

Sono tubazioni piene attrezzate (figura 5.19) con sistemi per far scivolare e saltare il materiale al contempo. Sono utilizzate per prevenire la comminazione del materiale. Possono essere sia fisse sia mobili. Sono disponibili con produttività di 30 – 5000 m³/h. Sono coperti con polietilene ad alta densità, alluminio sinterizzato, mattoni ceramici ed acciaio ovvero materiali resistenti alla abrasione.

L'installazione di un sensore di livello consente al condotto di mantenere una adeguata distanza dalla superficie del materiale.

Un'altra tipologia di tubazioni in cascata, le cosiddette "stone – ladder" consistono in un tratto di condotta verticale in cui il materiale viene scaricato da un nastro trasportatore. A diversi livelli della tubazione sono installati restringimenti con aperture quadrate o rettangolari attraverso cui fluisce il materiale.

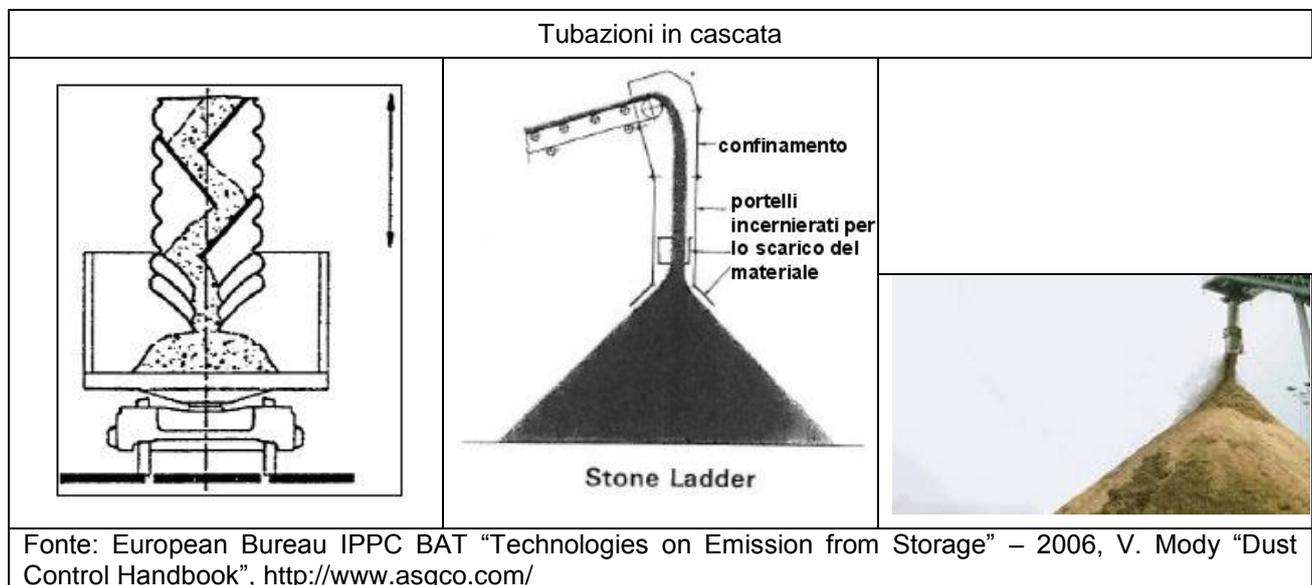


Figura 5.19

La parte terminale della tubazione è attrezzata con portelli a cerniera e paratie a cerniera che oltre a ridurre ulteriormente l'altezza di caduta forniscono protezione contro il vento.

Sono utilizzati per il carico di container, silos, camion, vagoni e navi e per il trasferimento tra nastri trasportatori. Materiali adatti sono: materiali farinosi, grossolani poco viscosi quali potassa, fosfonati, grano, carbone, coke, sodio, ossidi di alluminio, cemento, fosfato di sodio, mais.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La tecnologia è semplice e richiede bassa manutenzione.

5.9.8 Emissioni: minimizzando la superficie libera di carico e riducendo l'altezza di caduta raggiungono livelli minimi di dispersione. Inoltre riducono la perdita di qualità del materiale manipolato. Approcci primari – riduzione della altezza di caduta del materiale: uso di scivoli

Sono convogliatori che fanno scivolare il materiale verso il basso in una discenderia chiusa o aperta. Sono usati come sistemi di carico o trasferimento tra nastri trasportatori.

Possano essere rigidi o mobili.

I mobili possono essere verticali o orizzontali, basculanti o guidabili sia all'indietro, sia in avanti o diagonalmente.

Il requisito è che devono garantire un'angolazione minima che dipende dalla proprietà specifiche del flusso di materiale. Sebbene possano montare coperture a bassa frizione e/o ad alta resistenza alla abrasione fenomeni di usura sono comuni e di intensità dipendente da:

- lunghezza dello scivolo
- angolo di inclinazione
- area specifica di carico
- velocità di scivolamento
- proprietà frizionali del materiale manipolato

Sono adatti per materiali poco avvezzi ad impaccarsi e per operazioni a secco.

Emissioni: non sono adatte per il trasferimento di materiale fine: più è fine più polvere viene dispersa.

Altre tipologie di scivolo (**figura 5.20**) utilizzate sono:

- scivoli a spirale: sono utilizzati soprattutto per prevenire la frammentazione dei materiali fragili e morbidi
- scivoli ribassati per tramogge e silo: sono utilizzati per riempire tramogge o silo senza generare grosse quantità di polveri. Consistono in un canale che parte dal sistema di scarico e prosegue dentro il silo ancorandosi al lato inclinato di quest'ultimo. Il materiale scivola lentamente emettendo pochissima polvere. Quando il materiale incontra il lato inclinato del silo o la superficie stessa del materiale già stoccato abbandona lo scivolo dai lati e si disperde conicamente.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- scivoli in cascata: il principio è lo stesso delle tubazioni in cascata: minimizzare l'altezza di caduta. Sono torrette in acciaio attrezzate con una serie di deviatori o di mini scatolati contenenti roccia (mini – rockboxes) disposti in modo tale che la massima altezza di caduta del materiale non superi i 150 – 190 cm. Le altezze di caduta ridotte ed i cambi di direzione riducono il sollevamento di polvere.

Gli scivoli telescopici sono sempre utilizzati per ridurre l'altezza di caduta del materiale. Le sezioni telescopiche sono connesse tra loro mediante cavetti in modo che un argano possa sollevare ogni singola sezione. La parte terminale viene sempre tenuta in prossimità del cumulo di materiale.

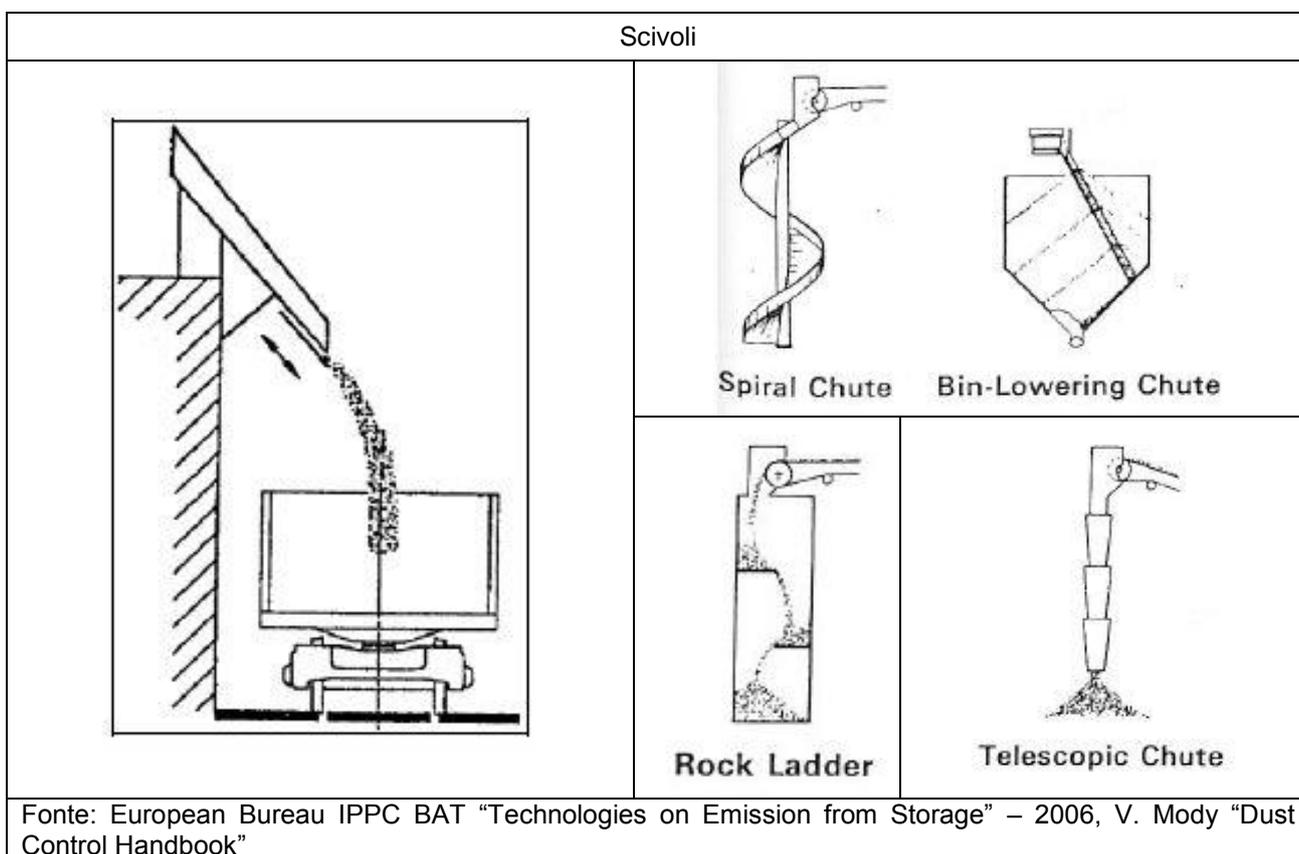


Figura 5.20

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.10 Soluzioni di mitigazione dedicate alle operazioni di: movimento terra, costituzione di cumuli, carico (in cumuli, sistemi chiusi o mezzi di trasporto), ripresa di materiale da un cumulo, scarico di materiale da un mezzo di trasporto o da un sistema chiuso classificabili come approcci secondari

5.10.1 Approcci secondari – carico e scarico in strutture chiuse

I confinamenti e le costruzioni chiuse sono utilizzate per contenere le emissioni di polvere dovute ad una sorgente specifica . esse inoltre consentono di ridurre le portate di aria richieste ad un eventuale sistema di aspirazione localizzato o aiutano il sistema già presente a lavorare meglio

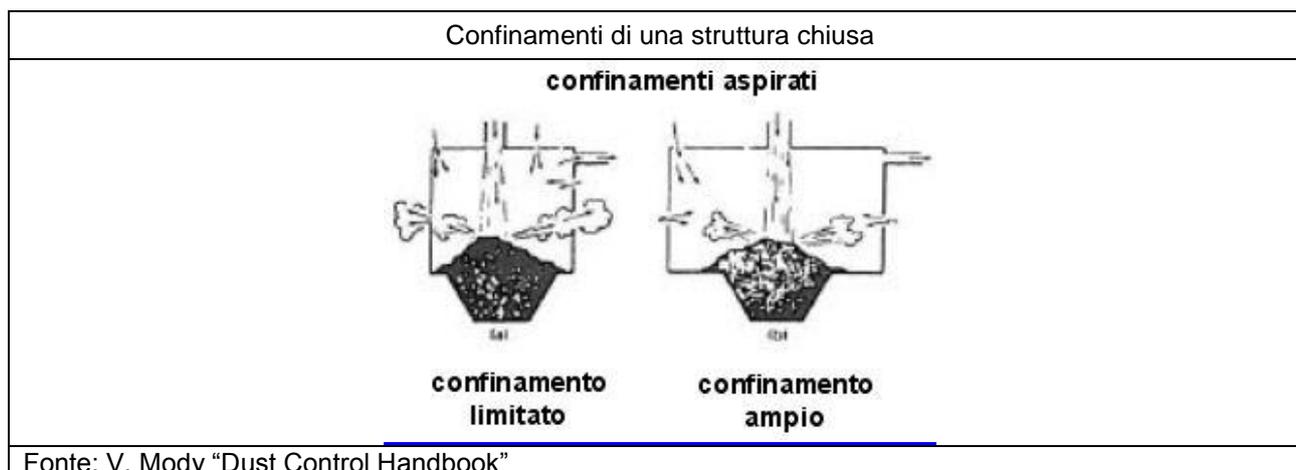


Figura 5.21

Il progetto di un confinamento (**figura 5.21**) intorno ad una sorgente deve considerare i seguenti punti:

- devono essere sufficientemente spaziosi da consentire il ricircolo interno dell'aria carica di polvere
- devono essere dotati di sezioni rimovibili per una facile manutenzione dei sistemi presenti
- devono essere attrezzate con almeno un portello per ispezioni di routine

devono essere attrezzati con cortine agli accessi ed alle uscite per ridurre il flusso di aria richiesto e contenere ulteriormente le nubi di polveri formatesi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.10.2 Approcci secondari – carico e scarico in strutture semi chiuse e chiuse dotate di sistemi di aspirazione, cortine antipolvere e/o sistemi di nebulizzazione ad acqua

Le operazioni di carico e scarico possono avvenire in strutture chiuse o semi chiuse (**figura 5.22**) per esempio tettoie. Per prevenire dispersione di polvere la tettoia può essere equipaggiata con porte di apertura e chiusura automatizzate o con cortine. Può essere applicata ad attività di carico scarico su cumuli coperti da camion, treni, piccole navi benne.

Applicabilità: è più facile da applicare per materiali che, a causa delle condizioni climatiche, possono perdere qualità-

Aspetti di sicurezza: al chiuso, senza ricambi di aria, è più facile si instaurino miscele polvere aria esplosive.

Costi: alti.

Durante la fase di scarico nella tramoggia connessa al sistema di stoccaggio (chiuso come un silos, piuttosto che semi chiuso sotto tettoia) si genera una nube di polvere che fluttua fuori dalla tramoggia per ritornare indietro al di sotto del telaio del camion o al di sotto della tazza della benna della pala caricatrice. La polvere viene rilasciata dal materiale per conseguenza dei grandi volumi scaricati in poco tempo con conseguente rapido spostamento di una quantità di aria presente in tramoggia direttamente legata, come quantità, alla quantità di materiale scaricato.

Un metodo di gestione prevede la costruzione di un confinamento in muratura intorno alla discenderia della tramoggia per formare una struttura adatto ad ospitare il veicolo scaricante o per lo meno la parte direttamente interessata per lo scarico. Il confinamento in muratura sono ovviamente fissi tuttavia ne esistono anche ad elementi prefabbricati rimovibili ed altri in cui le murature sono sostituite da teli porosi (come le reti antivento) o impermeabili di protezione facilmente smontabili o regolabili per aumentare e diminuire la dimensione del confinamento. Per bloccare la fluttuazione naturale dell'aria fuori dalla tramoggia il confinamento può essere attrezzato con cortine a pannelli o con cortine a base di strisce flessibili plastiche. Le prime hanno il vantaggio di creare una buona tenuta contro il ritorno di aria polverosa ed al contempo di non essere soggette ad impatto con i sistemi di scarico. Le seconda si sovrappongono una sull'altra assicurando una buona tenuta all'aria dell'apertura del confinamento e resistono ai danneggiamenti che possono occorrere per effetto del contatto tra di esse ed i sistemi di scarico.

Un ulteriore provvedimento è ovviamente l'installazione nel confinamento di un sistema di aspirazione localizzato per catturare il flusso di aria sporca che si muove dalla tramoggia ed abbattere la polvere da esso trasportata. Tuttavia, se la tramoggia o la discenderia ed il

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

confinamento sono di grosse dimensioni, in sistema del genere può essere molto dispendioso in termini di portata d'aria richiesta per mantenere una sufficiente depressione che contenga la nube nel confinamento. Il costo può essere superiore a quello necessario per installare un sistema di abbattimento ad umido mediante ugelli nebulizzatori.

Gli ugelli nebulizzatori (in questo caso ad alta pressione per confinare ed abbattere la polvere ed eventualmente a bassa per lavare il materiale in caduta – alto grado di sollecitazione e miscelazione meccanica che si presta come momento ottimale per la bagnatura) devono essere diretti verso il materiale in caduta ed aggiungere almeno un 1% in massa di acqua al materiale. E' difficile dare una percentuale esatta di acqua giacchè questa va valutata in termini di costi (intesi anche come difficoltà operative per conseguenza del materiale inumidito) e benefici (in termini di abbattimento polveri).

In particolare se l'uso in continuo di nebulizzatori può creare problemi un buon sistema di gestione del problema è quello di attivarli un po' prima e disattivarli un po' dopo il ciclo di scarico del materiale mediante sistemi a fotocellula od a sensori di prossimità/magnetici.

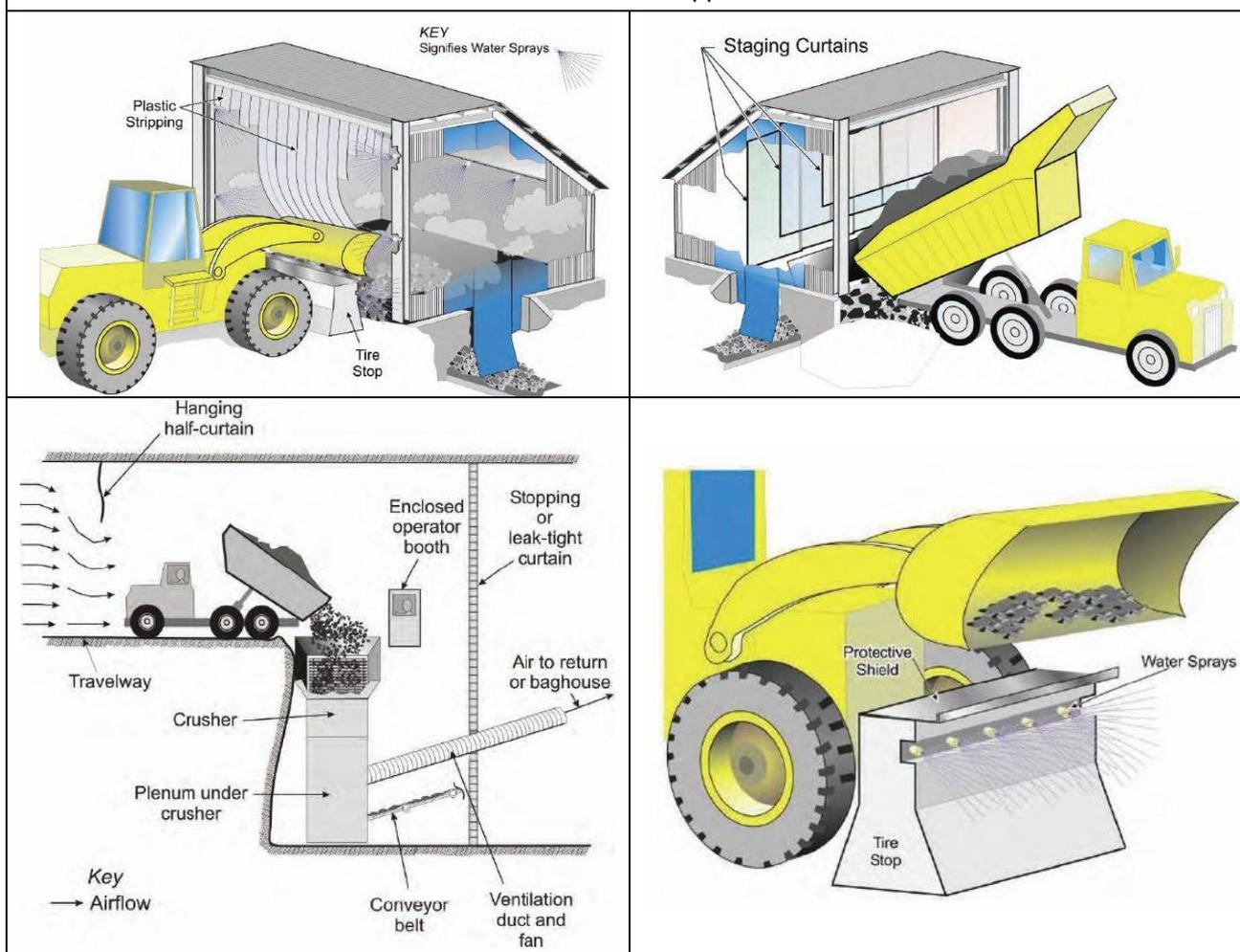
Per ridurre ulteriormente il fenomeno di ritorno della polvere generata al di sotto del sistema di scarico si possono installare barriere di new jersey nel punto più avanzato della tramoggia di scarico come sistemi di bloccaggio pneumatici. Al di sotto del punto sommitale del new jersey, protetti da uno scudo protettivo contro gli urti dovuti al materiale in caduta, sono normalmente installati una serie di nebulizzatori ad acqua attivati da meccanismo a fotocellula od a sensore di prossimità/magnetico.

Un ulteriore sistema di confinamento ed aspirazione è quella riportato nell'ultima figura presente in tabella. Anche se in figura è rappresentato lo scarico di materiale in una tramoggia di un frantumatore il significato generale resta valido: il sistema di aspirazione è ubicato sul lato opposto del confinamento utilizzato per ospitare il mezzo di scarico. Il locale dove il materiale viene scaricato è ulteriormente confinato da una cortina bloccante che viene attraversata dal condotto aspirante.

La depressione creatasi nel locale provoca ingresso di aria dall'esterno nella sezione del confinamento. Questa viene ridotta per mezzo di mezze-cortine per aumentare la velocità dell'aria sulla sezione ed aumentarne l'effetto bloccante sulla polvere sollevata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Strutture chiuse e semichiusate attrezzate con sistemi di aspirazione localizzata, cortine e strisce plastiche o altri sistemi per massimizzare l'effetto aspirante o ridurre il billow di polvere, e con sistemi di wet suppression



Fonte: NIOSH - "Handbook for dust control in metal/non-metal mining" e fonti interne

Figura 5.22

5.10.3 Approcci secondari – carico e scarico in fosse di scarico attrezzate con estrattori d'aria, confinamenti e barriere anti polvere

Sono sistemi di stoccaggio sotterranei (**figura 5.23**) coperti da una griglia su cui il materiale viene convogliato ad elevata velocità. Sono solitamente usate per scaricare camion ribaltabili.

Solitamente sono equipaggiate con barriere antipolvere lamellari o a valvola: queste si aprono quando il materiale viene convogliato nella griglia e si chiudono a fine ciclo di scarico. La polvere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sollevata viene in parte ostacolata dalla caduta del materiale e, quando il flusso di materiale cessa, dalla chiusura delle barriere. Possono anche essere equipaggiate con sistemi aspiranti.

Al di là delle barriere antipolvere o dei sistemi di aspirazione l'area di ricevimento dei materiali può essere confinata in una costruzione apposita o , assieme al veicolo, in una zona confinata da cortine mobili.

L'inesistenza delle barriere antipolvere può creare elevate emissioni, fino a tre metri sopra il piano della apertura, e forti dispersioni nelle aree circostanti. Per questo motivo non è insolito che le fosse di scarico siano attrezzate con sistemi aspiranti.

Quando equipaggiate solo con sistema di aspirazione aumentano i costi energetici e la efficienza nella riduzione delle emissioni di polveri.

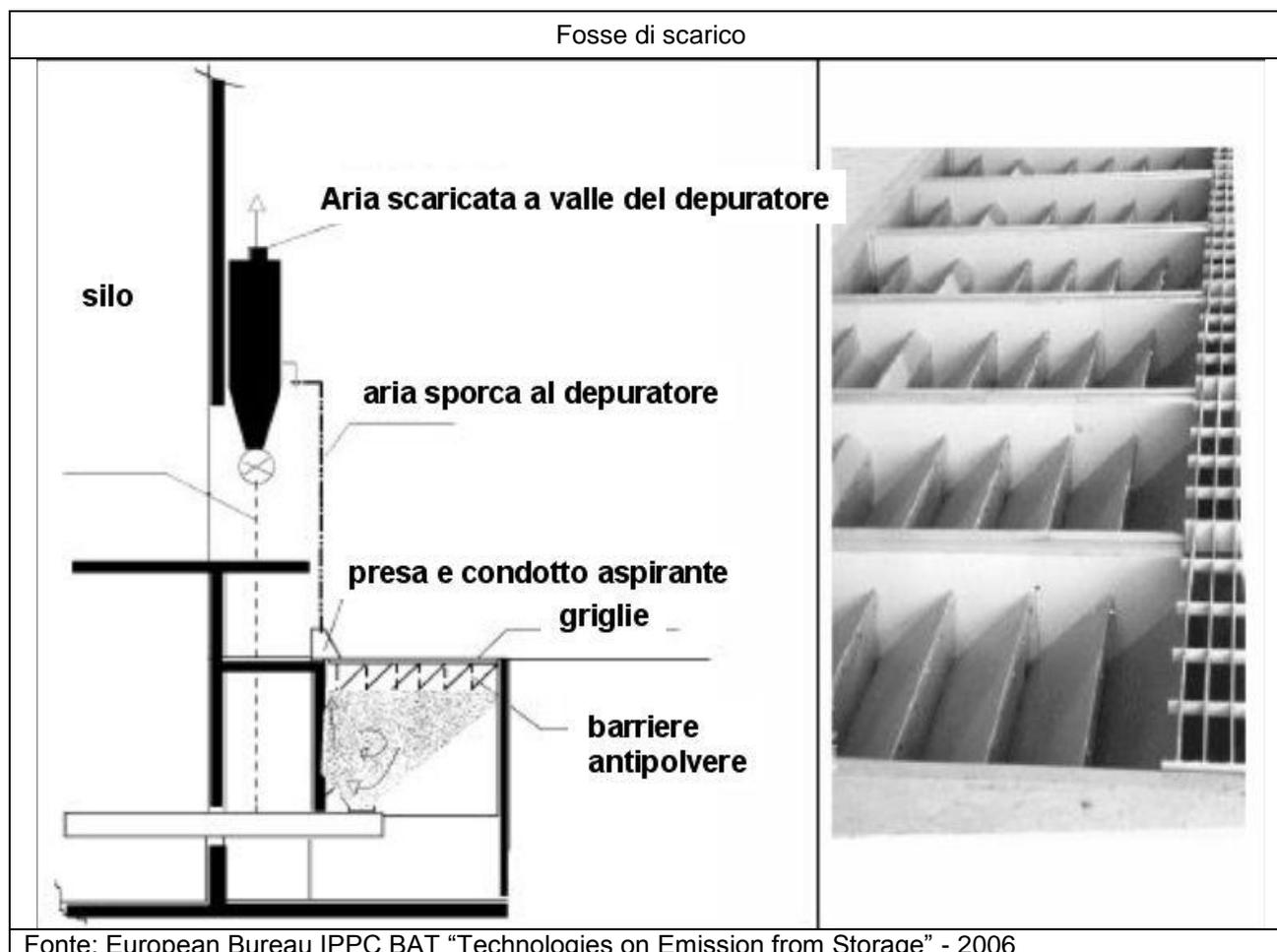


Figura 5.23

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Benefici ambientali:

- la combinazione di sistema di aspirazione e barriere a lamina ha il vantaggio che la prestazione richiesta all'impianto di aspirazione è più bassa di circa il 60%.
- la combinazione aspirazione – lamine antipolvere – confinamento è decisamente più efficace rispetto alla combinazione aspirazione – lamine antipolvere – confinamento con barriere mobili.

Applicabilità:

- è difficile riuscire a realizzare le corrette velocità di cattura del sistema aspirante senza aspirare materiale anziché solo polvere
- occorre fare attenzione al fatto che le griglie antipolvere riducono la velocità di scarico del materiale. Ciò può provocare emissione di polvere se questa è più bassa della velocità con cui il materiale conferito viene scaricato
- se le lamine non vengono chiuse dopo lo scarico l'efficienza del confinamento (sia totale sia con cortine mobili) è ridotta

Sicurezza:

in caso di confinamento totale occorre fare attenzione in caso di materiali generanti atmosfere esplosive: il veicolo staziona in una zona in cui esse possono occorrere

Interferenze ambientali: alto consumo di energia

5.10.4 Approcci secondari – carico e scarico in tramogge ottimizzate

Si riferiscono a tramogge con queste caratteristiche combinate:

- tramoggia aspirata e connessa a sistema di aspirazione
- tramoggia chiusa: equipaggiata con muri laterali alti con i seguenti effetti:
 - prevenzione del disturbo da parte del vento
 - la dispersione di polvere è limitata dalle mura della tramoggia e dalla benna se questa rimane per un buon periodo entro l'area limitata dalle mura
 - maggiore efficacia di qualsiasi sistema aspirante installato (40% di prestazione in meno)
- tramogge equipaggiate con deviatori, ostacoli e con griglie di chiusura che consentono alla miscela aria polvere di rimanere confinata al loro interno: il materiale deve essere fluido.

Applicabilità: le tramogge protette da mura, paratie limitano la vista dell'operatore alla benna. La loro efficacia dipende molto dal rispetto delle procedure da parte dell'operatore alla benna/gru.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.10.5 Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario per operazioni di carico e scarico

Nelle figure 5.24 ÷ 5.31 (Fonte: V. Mody "Dust control handbook" New Jersey USA 1988) vengono presentati alcuni esempi applicativi di tecniche di approccio secondario nei confronti di operazioni di carico e scarico. Occorre ricordare (per quanto riguarda gli ugelli si veda soprattutto l'Appendice 1 e per quanto riguarda le aspirazioni localizzate l'Appendice 2) che:

- 1 tonnellata del sistema metrico decimale corrisponda a 0,98 T ovvero Long Ton
- l'area aperta all'ingresso di una struttura di confinamento deve essere minimizzata
- gli ugelli per **l'abbattimento della polvere**: sono ugelli per la bagnatura del materiale e sono ubicati laddove, per un'attività/macchina, si realizza il massimo grado di sollecitazione meccanica del materiale.

Sono ugelli che possono essere scelti tra quelli che producono gocce di medie – grosse dimensioni (anche 100-200 µm), a pressioni non eccessive (anche intorno ai 3-4 bar).

L'obiettivo, in termini di scelta della portata e di caratteristiche dimensionali dello spray erogato, è quello di aggiungere dallo 0,1% fino all'1% in massa di acqua al materiale (0,5% valore tipico).

Come tipologie si possono utilizzare full cone (se la distanza dal materiale è elevata) oppure hollow cone.

Si scelgono spesso gli ugelli flat fan perché lo spray a ventaglio consente una maggiore direzionalità sul materiale anziché sulle pareti del confinamento.

Gli ugelli devono essere attivati solo durante il ciclo di scarico.

- gli ugelli per **la cattura della polvere**: sono ugelli atomizzatori e possono operare solo ad acqua o ad acqua ed aria.

Devono produrre gocce di dimensioni prossime alla polvere da catturare quindi nel campo 1-100 µm e sono ubicati vicino alla sorgente di polverosità.

Sono ugelli che operano a pressioni dell'acqua maggiori (7-14 bar) con consumi intorno ai 2-4 l/min. In caso di problemi dovuti a spostamento polvere causato dalla pressione eccessiva dello spray si possono abbassare le pressioni ma salgono i consumi.

Come tipologie di ugello si usano gli hollow cone o i classici atomizzatori con teste a singolo o multi ugello. Gli ugelli devono essere attivati durante il ciclo di scarico e mantenuti attivi anche dopo lo scarico fino a che non si osserva un' adeguata riduzione delle polveri disperse

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

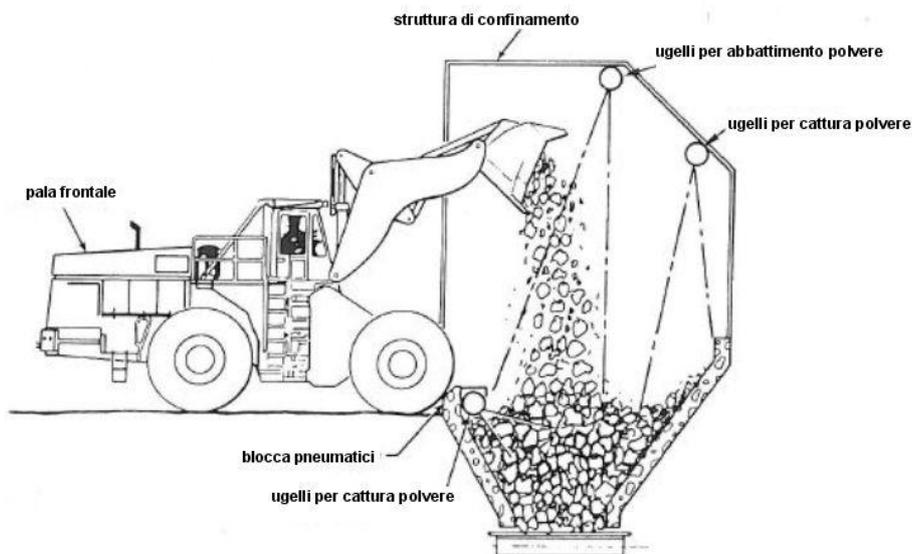
F0

Data

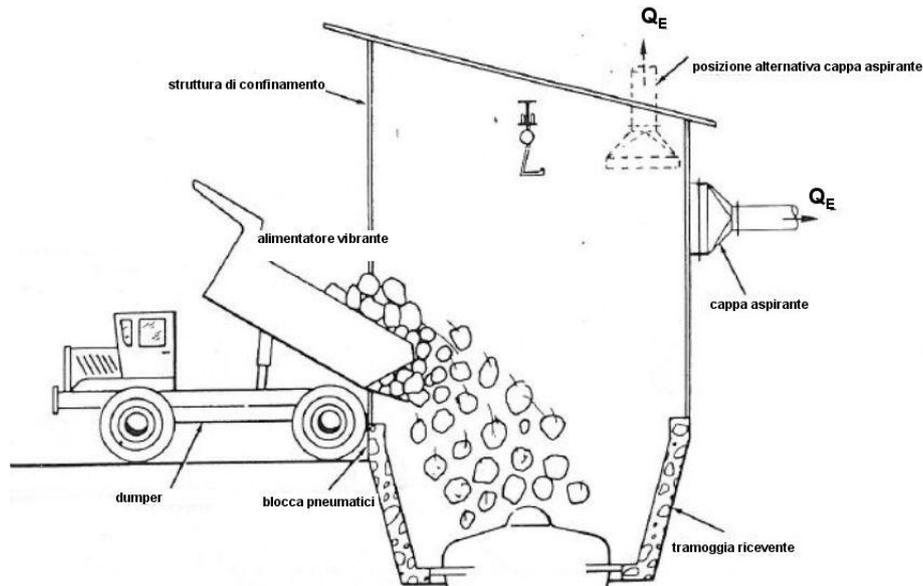
20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario: scarico materiale in tramoggia (pala o camion)

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido



Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 33,3 \left(\frac{600T}{G} \right)$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]

G : massa volumica in mucchio del materiale [pounds/ft³]

G : portata in massa materiale [Tpm]

Figura 5.24

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

Data

20/06/2011

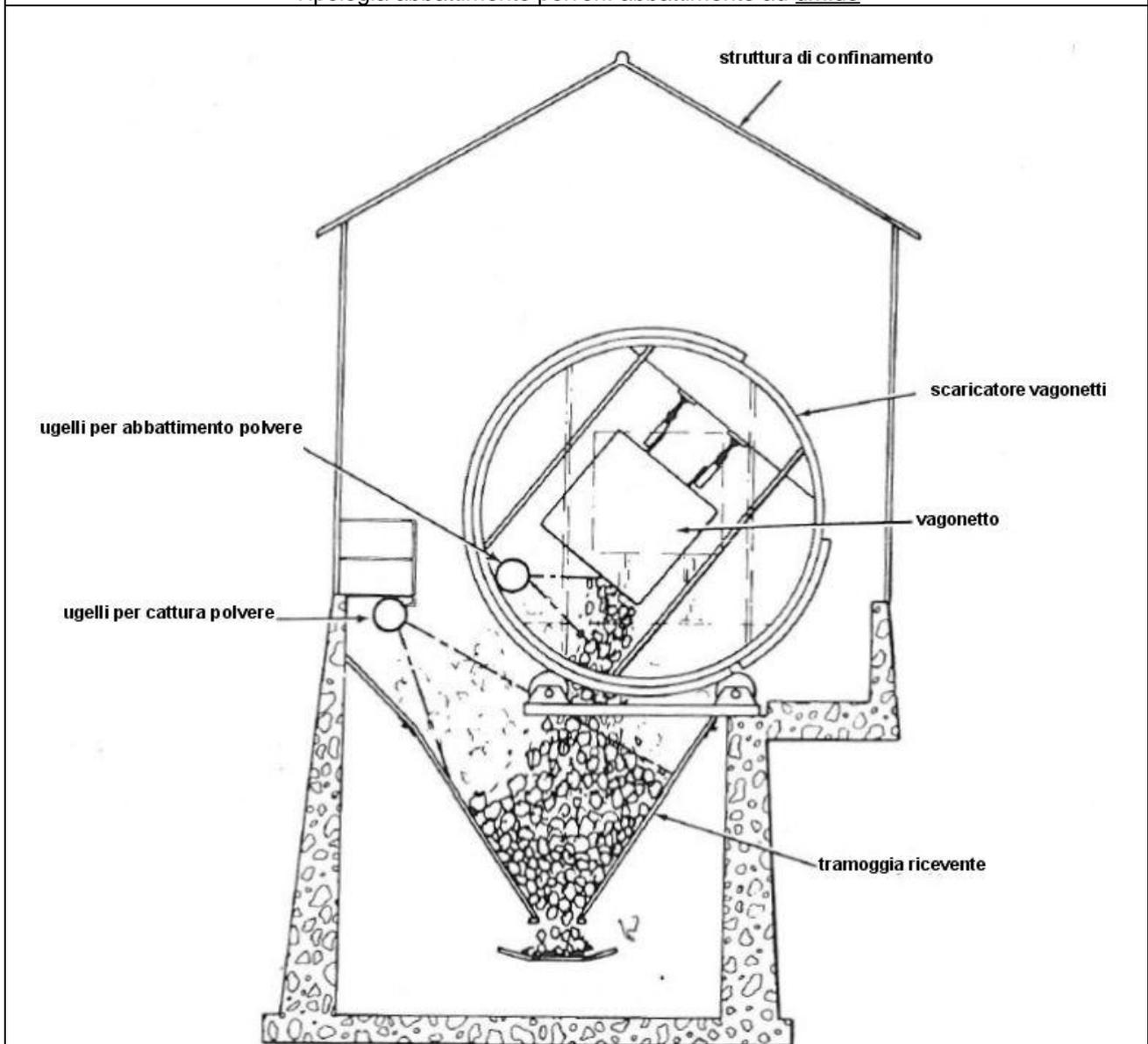
Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da vagonetto ferroviario a tramoggiaTipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

Figura 5.25

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

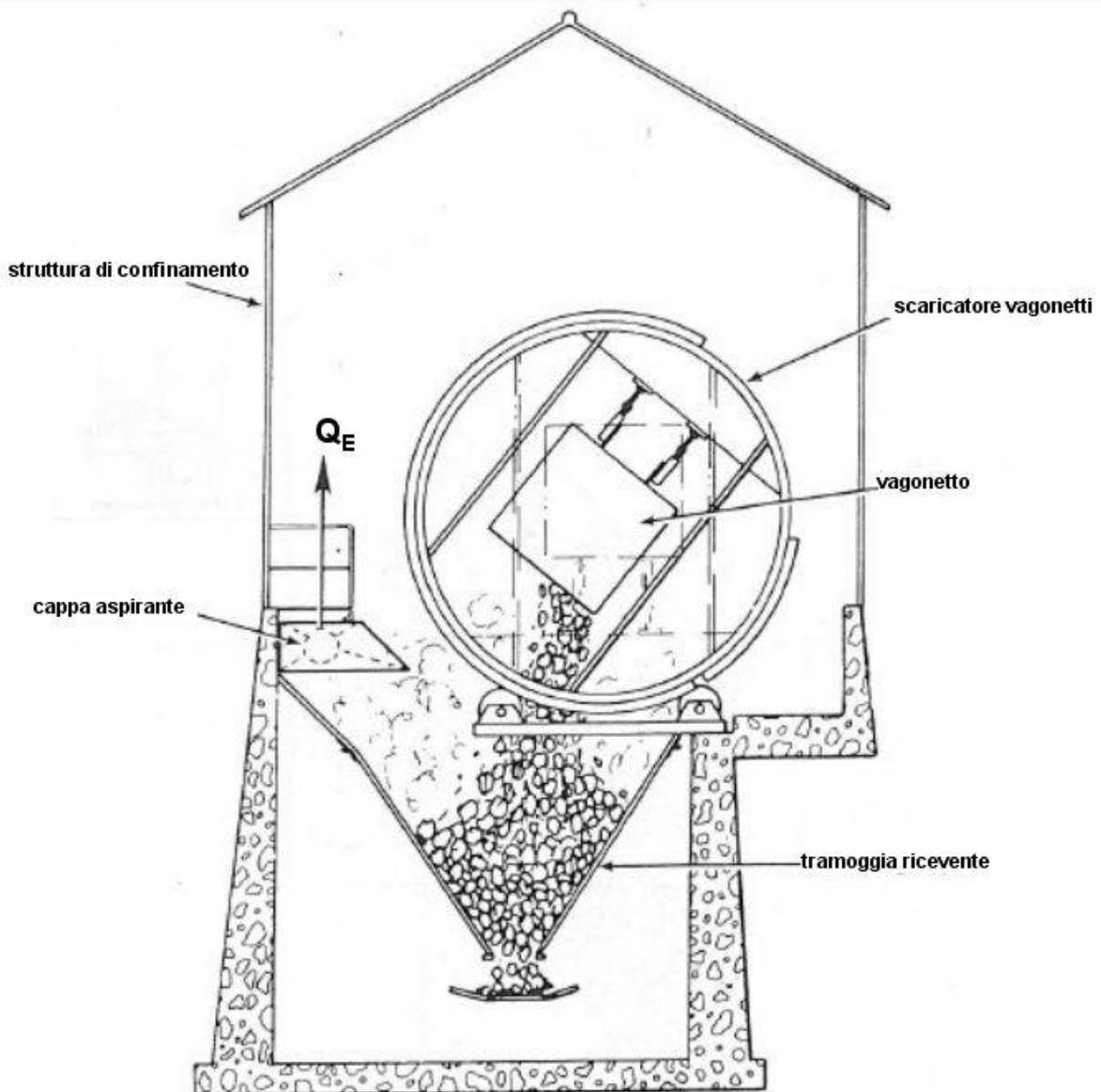
F0

Data

20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da vagonetto ferroviario a tramoggia

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 33,3 \left(\frac{600T}{G} \right)$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]

G : massa volumica in mucchio del materiale [pounds/ft³]

T : portata in massa materiale [Tpm]

Figura 5.26

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

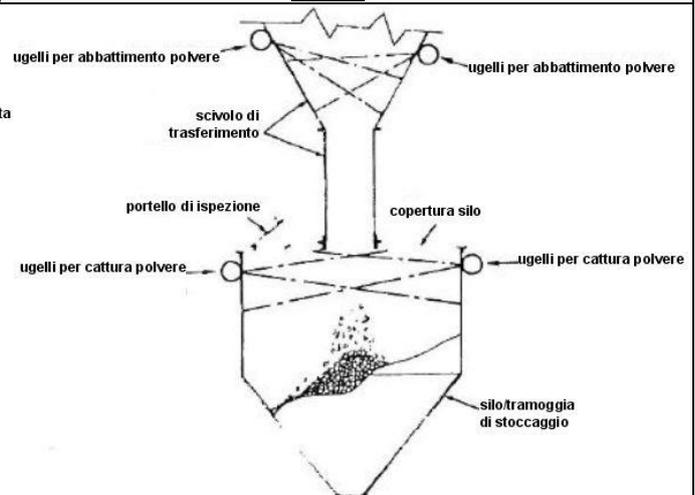
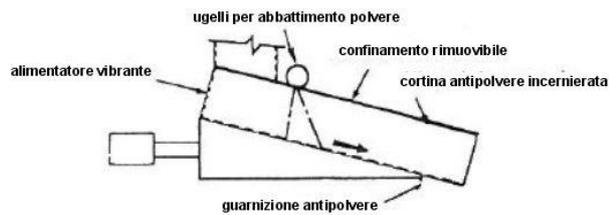
F0

Data

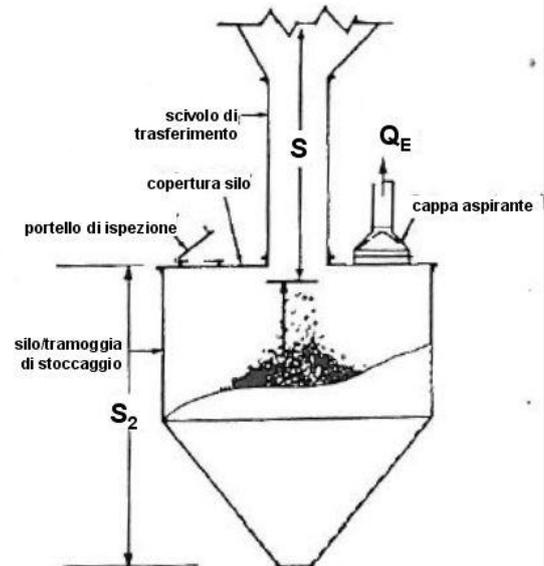
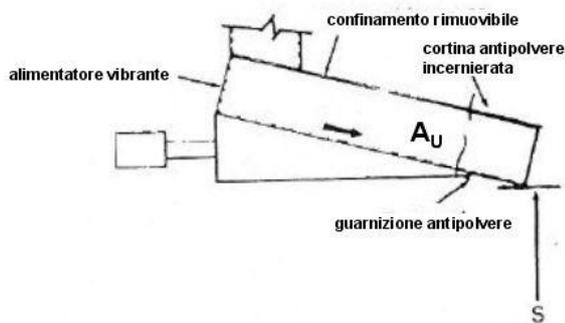
20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario: trasferimento materiale da alimentatore a tramoggia

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido



Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_{E1} = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

$$S = S_1 + \frac{S_2}{2}$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]

A_U : superficie aperta del confinamento a monte della aspirazione [ft²]

R : portata in massa materiale [Tph]

S : altezza di caduta [ft]

D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 5.27

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

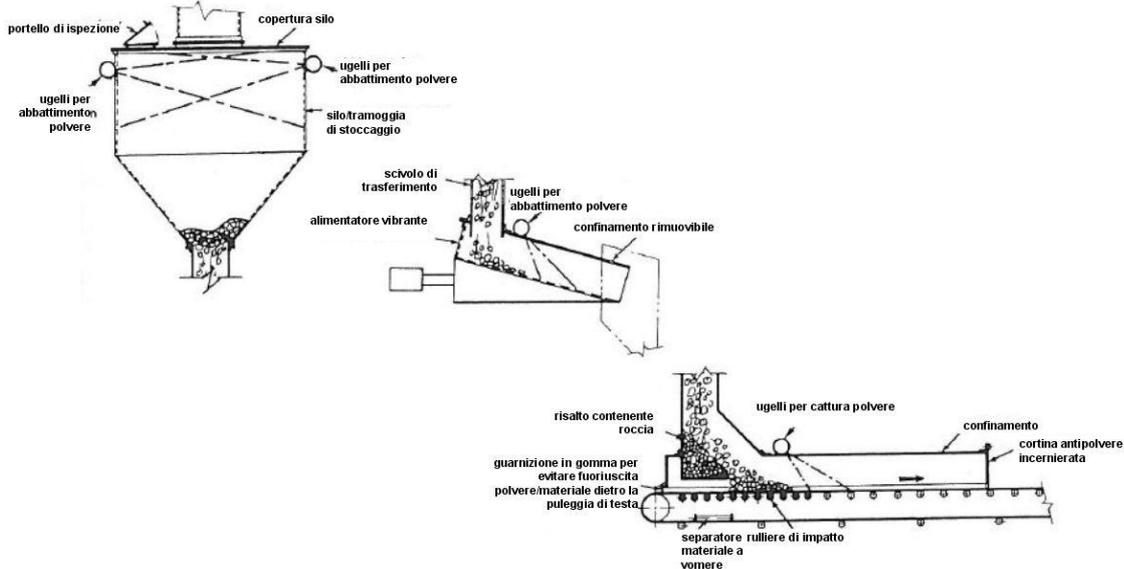
Data

20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
trasferimento materiale da tramoggia a alimentatore e nastro

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]
 A_U : superficie aperta del confinamento a monte della aspirazione [ft²]
 R_1 e R_2 : portata in massa materiale [Tph]
 S : altezza di caduta [ft]
 D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 5.29

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale: trasferimento materiale da tramoggia ad elevatore a tazze

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

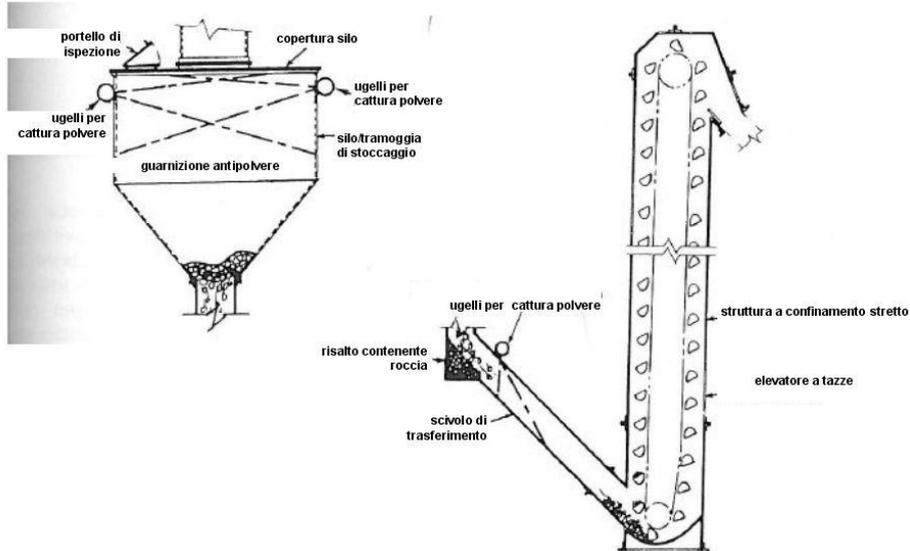
CZ0029_F0.doc

Rev.

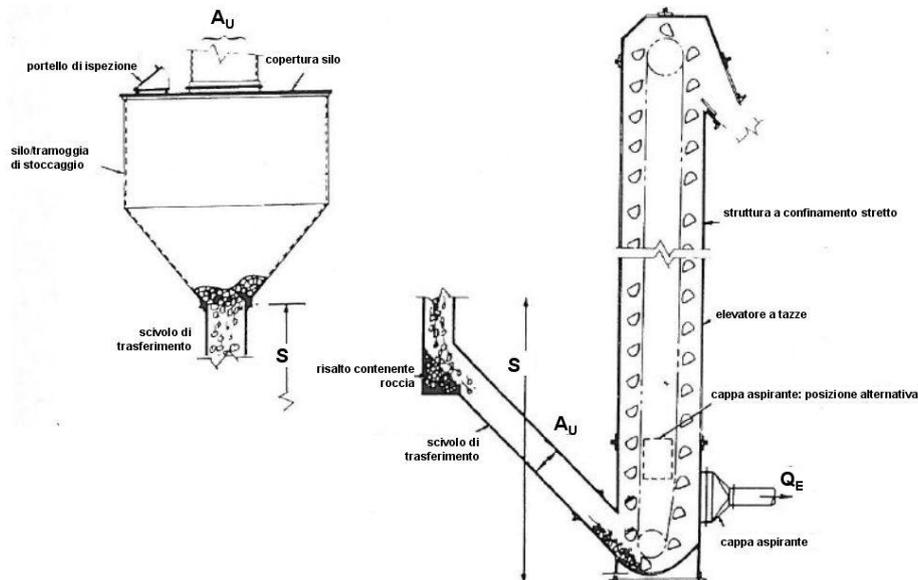
F0

Data

20/06/2011



Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]

A_U : superficie aperta del confinamento a monte della aspirazione [ft²]

R : portata in massa materiale [Tph]

S : altezza di caduta [ft]

D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

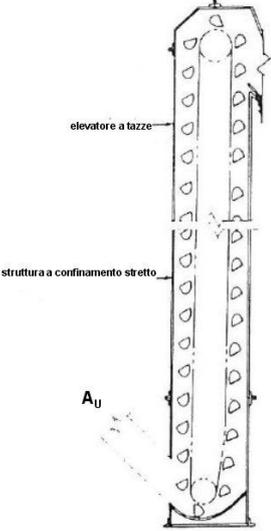
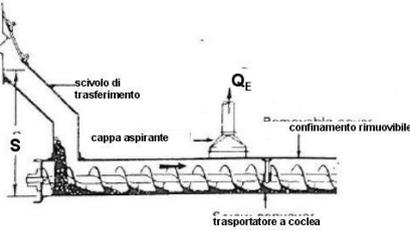
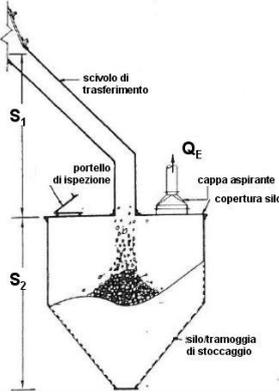
Figura 5.30

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
trasferimento materiale elevatore a tazze a coclea e tramoggia

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata

$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$ $S = S_1 + \frac{S_2}{2}$	<p>Q_E: portata di aria aspirata [cfm] A_U: superficie aperta del confinamento a monte della aspirazione [ft²] R_1 e R_2: portata in massa materiale [Tph] S: altezza di caduta [ft] D: dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)</p>
---	---

Figura 5.31

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6 Attività di abbattimento e finitura di rocce ed elementi in muratura, calcestruzzo e cemento funzionali a scavi e disgaggi, scapitozzature, demolizioni

6.1 Attività e macchine

Per disgaggio si intende un'operazione di profilatura di un fronte di roccia abbattuto con esplosivo (sia in sotterraneo sia in superficie) per:

- dare al fronte (scarpata gradino in caso di cava in superficie oppure calotta, fronte principale e piede in caso di galleria) la forma che in teoria si sarebbe dovuta ottenere mediante volata
- ultimare in modo programmato la forma che con la combinazione di volata e disgaggio si vuole ottenere
- mettere in sicurezza il fronte di roccia abbattuto, rispetto al rischio di crollo o sfornellamento incontrollato di porzioni di roccia dal fronte o dalla calotta (galleria) o dalle pareti in caso di scavo in superficie
- profilare un fronte di roccia per prepararlo alla realizzazione di opere di sostegno (spritz beton e posa centine in caso di gallerie)

Nel momento in cui il disgaggio opera su rocce affioranti per demolirle e preparare il terreno, il pendio o il contesto in cui esse si trovavano per una attività di scavo (per esempio per preparare la zona di attacco al fronte di una galleria o una pista di arroccamento) esso prende il nome in gergo di "scapitozzatura".

La stessa attività di disgaggio può essere applicata, specie in galleria, non più come operazione complementare all'abbattimento mediante esplosivo, ma di fatto come operazione di abbattimento vera e propria. Le macchine ed il ciclo di attività non cambiano ma la lavorazione impiega mediamente molto più tempo rispetto al ciclo esplosivo-disgaggio.

L'attività di demolizione per disgaggio o abbattimento viene applicata, con le stesse macchine, per la demolizione o l'ultimazione della demolizione su strutture in muratura, calcestruzzo e cemento.

Sia in caso di lavorazioni di cava sia in caso di lavorazioni di cantiere (per entrambe sia in superficie sia in sotterraneo) le macchine con cui viene eseguito il disgaggio operano sul materiale abbattuto o sul materiale disgaggiato lavorazioni successive di demolizione che costituiscono una frantumazione pre primaria finalizzata a rendere, dal punto di vista dimensionale, il materiale idoneo per operazioni di frantumazione primaria o di trasporto.

Sia in cava, sia in cantiere (sia in superficie sia in sotterraneo) il disgaggio, la demolizione e le

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

macchine con cui si realizzano sono utilizzate per operazioni di finitura (profilatura) di elementi in calcestruzzo o cemento gettati (per esempio per profilare una paratia gettato dopo scavo dell'elemento mediante idrofresa) o per profilare un elemento strutturale dopo l'abbattimento di sue parti più o meno importanti.

Le macchina maggiormente utilizzare per questa tipologia di operazioni sono:

- l'escavatore idraulico attrezzato con: benna mordente, pinze e più frequentemente martello idraulico ad elevata energia, comunemente detto frantumatore idraulico a percussione o martellone
- la fresa ad attacco puntuale o roadheader
- per le demolizioni di elementi strutturali in cantiere, benne, pinze e martelloni possono essere utilizzate in combinazione a macchine per il taglio con filo diamantato

6.2 Benne e martelli idraulici ad elevata energia

I martelli idraulici ad elevata energia (**figura 6.1**) sono macchine che attaccano il materiale con una testa di abbattimento brandeggiabile. In genere l'utensili di abbattimento è montato sul braccio brandeggiabile di un escavatore. Sono utilizzate quando l'utilizzo di esplosivo o altri metodi è difficile o non economico. In galleria, quando si utilizza questa tipologia di macchine l'operazione di abbattimento comincia al piede del fronte per generare uno stato di sollecitazioni che rende la roccia sovrastante più cedevole. Viene comunque utilizzato maggiormente in rocce tenere o interessate da fatturazione naturale piuttosto fitta. La benna o anche il martellone vengono inoltre utilizzate per lo scavo in terre. Dal punto di vista della emissione polveri sono ovviamente maggiormente da considerare i casi di scavo con martellone giacchè, vista che l'attività prevede sollecitazione per martellatura del materiale, caduta dello stesso e ripresa, le sorgenti di polverosità sono maggiori. Il monodente ha una massa compresa nel range 500 – 2000 kg e, per offrire un buon supporto, il carrier deve avere una massa 10 -20 volte maggiore. Può includere un mezzo di sgombero (una benna on un sistema raccolta e scarico materiali su vagoncini). Sia in galleria, sia nelle preparazioni superficiali di siti, in cava o negli scavi viene spesso utilizzato dopo abbattimento con esplosivo come sistema di riduzione dei "sovramisura" frantumazione primaria ovvero di comminazione del materiale fino a dimensioni di circa 10 cm. In ogni caso il suo utilizzo maggiore è nelle operazioni di disgiungimento di un fronte dopo lo scavo con esplosivo, quando durante il disgiungimento si procede comunque a effettuare parte dello scavo il disgiungimento viene definito "produttivo".

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dal punto di vista tecnologico sono un'evoluzione dei martelli picconatori pneumatici manuali. L'aumento di potenza non è solo ovviamente connesso alle dimensioni ed alla massa ma al fatto che l'azionamento è idraulico anziché pneumatico.

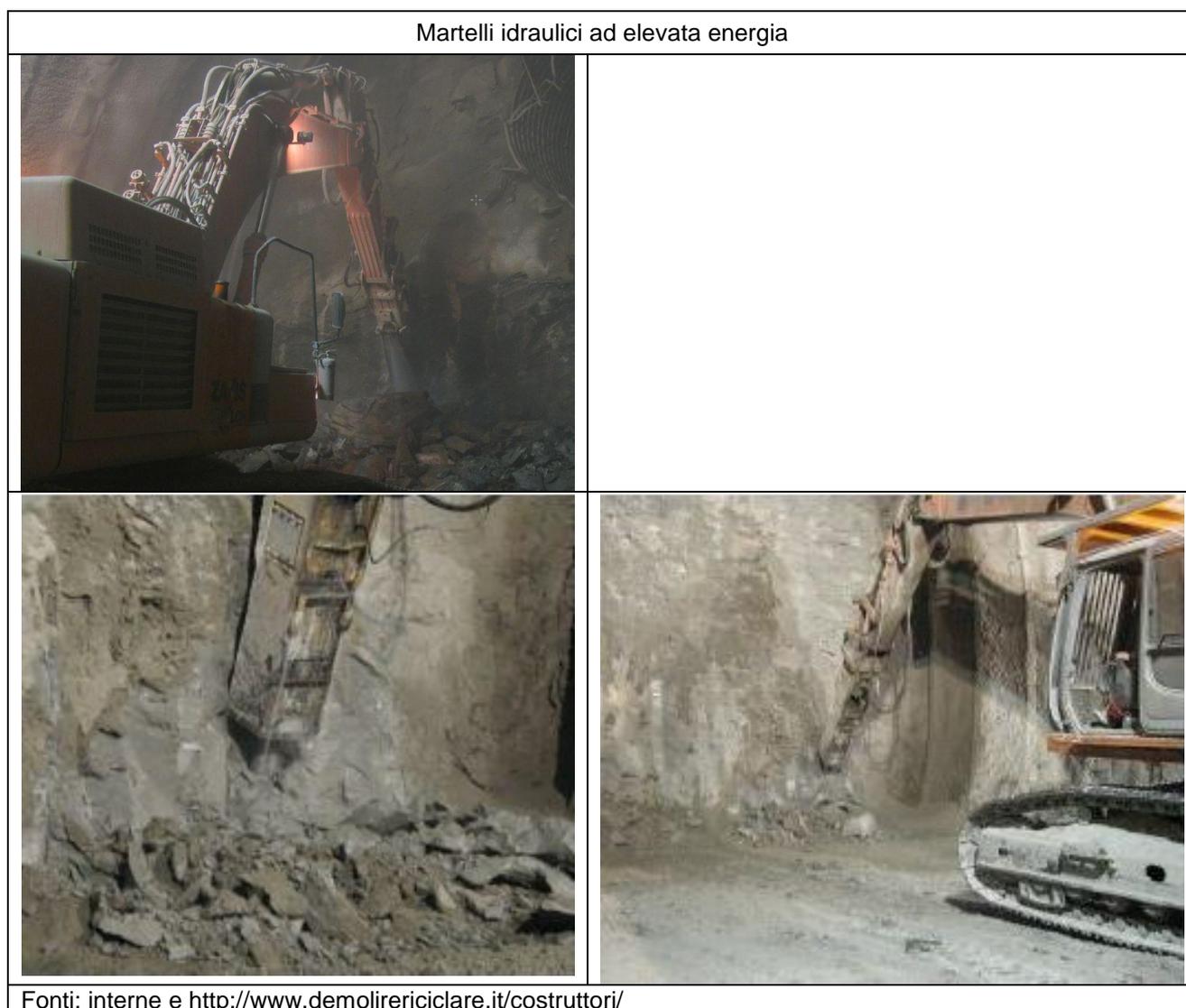


Figura 6.1

Richiedono un carrier (solitamente un escavatore) apposito per portare l'utensile vero e proprio, ovvero il "monodente" sul luogo di lavoro e per assorbire le reazioni alla loro azione, ed un braccio meccanico ad azionamento idraulico per posizionarli, farli avanzare nel luogo di conficcamento della punta e per muoverli lateralmente nella successiva fase di scalzamento degli elementi di roccia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La demolizione di elementi strutturali con benne o martelloni o le scapitozzature non sono diverseda quanto descritto e, dal punto di vista della emissione di polveri fuggitive, la nube di aerodispersi che si forma al punto di sollecitazione o di caduta del materiale, non è confinata dall'ambiente ristretto della galleria, né interessata dai flussi direzionali della ventilazione (premente o aspirante che sia) ma potenzialmente soggetta all'azione maggiormente omni direzionale del vento.

Nel caso di utilizzo di pinze (in questo caso per demolizione di elementi strutturali) le sollecitazioni sul materiale sono minori e la caduta dello stesso può essere maggiormente limitata in altezza e velocità.

6.3 Roadheader

I road header o frese ad attacco puntuale (**figura 6.2**) sono macchine costituite da un braccio brandeggiabile che ha alla sua estremità una testa di scavo rotante sulla quale sono montati degli utensili, "denti", a forma di coni o coltelli (e non a dischi, come le frese a piena sezione). Per operare in rocce e terreni teneri con maggior sicurezza montano spesso uno scudo di protezione da crolli. La loro potenza è direttamente proporzionale alla loro massa. Il principio di abbattimento è il seguente:

- il primo utensile crea un solco nella roccia isolate tra i solchi,
- il passaggio del secondo utensile in posizione prossima al primo scalza la porzione di roccia rimasta isolata tra i solchi.

Spesso l'attacco ad una porzione di roccia in ammassi fratturati avviene dal basso verso l'alto per favorire la caduta di blocchi per gravità.

La distanza tra i solchi lasciati dagli utensili è dell'ordine di 2-3 cm. I road-headers lavorano bene su sezioni abbastanza piccole e con spinte non eccessive, per cui hanno una buona applicazione in rocce tenere (gessi, carbone, sali).

Se la macchina è attrezzata il materiale abbattuto viene prelevato dalle alette del dispositivo di raccolta che provvedono al suo caricamento. Un inconveniente possibile è la caduta di grossi blocchi che non possono essere raccolti dal suddetto sistema. In questo caso è necessario l'intervento di martelloni al fronte per ridurre la pezzatura. Si carica poi il materiale su uno dei vari sistemi di trasporto tipicamente utilizzati. Se il sistema di trasporto è un nastro trasportatore può essere necessaria la presenza di un frantumatore per una riduzione granulometrica primaria.

Le scaglie staccate con questa tipologia di macchina sono di più piccole dimensioni, ma nello

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

stesso tempo la caduta di blocchi instabili, specialmente in ammassi fortemente fratturati, fa sì che la percentuale di roccia a granulometria elevata cresca, per cui, in queste condizioni geologiche non si ha un buon controllo della granulometria.

In generale tuttavia la pezzatura è controllata ed essenzialmente dettata dalla passata degli utensili ed essendo la dimensione massima decimetrica, e quindi il marino si presta ad essere sgomberato sia discontinuamente con veicoli sia continuamente con nastro prolungabile, simultaneamente allo scavo

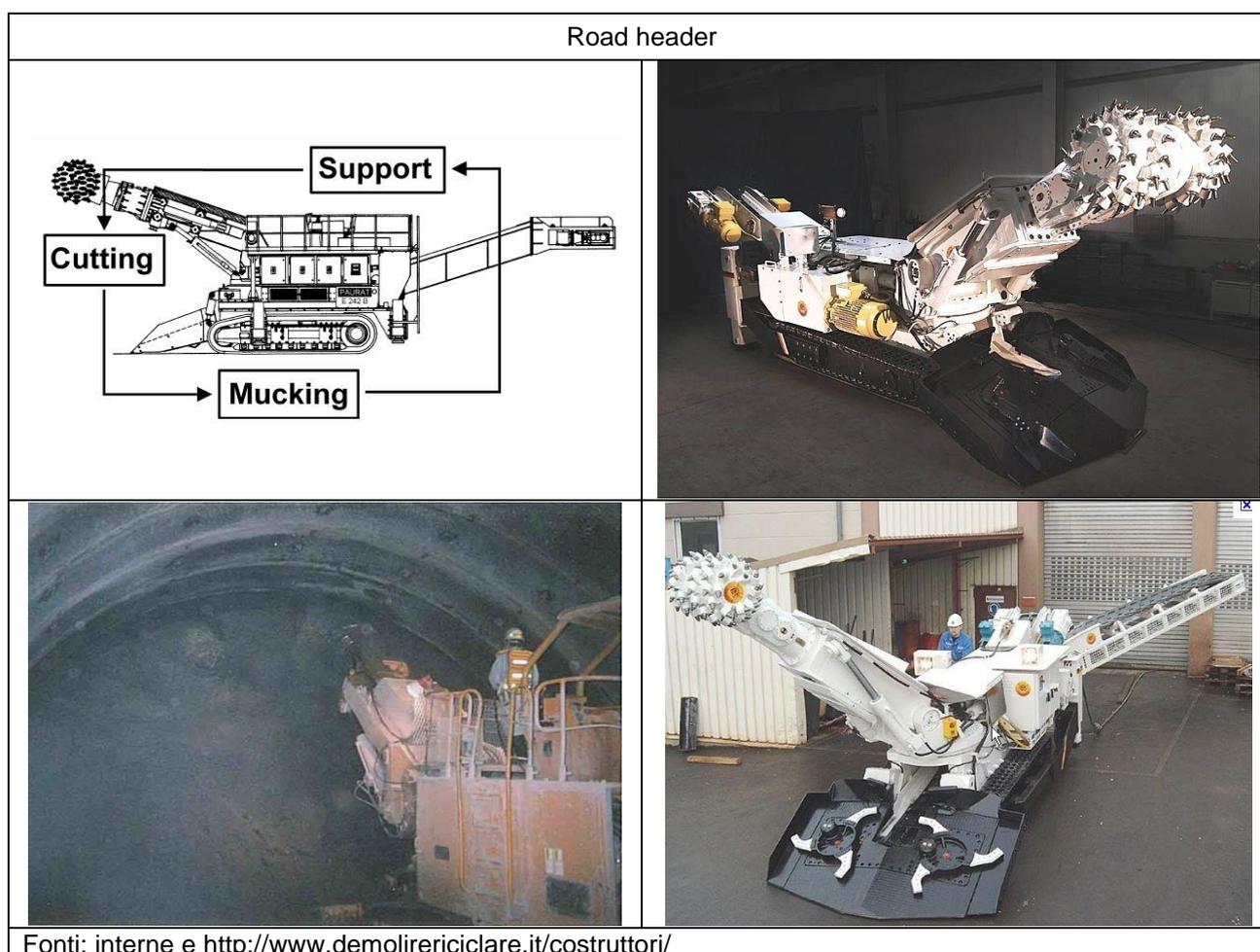


Figura 6.2

Le macchine ad attacco puntuale possono essere separate dal sistema di raccolta, ma generalmente anche esse possono provvedere alla raccolta e sollevamento del marino, con un sistema a bracci di raccolta ed elevatore a raschietti che fa parte della macchina.. Si può anche associare alla macchina ad attacco frontale un sistema di trasporto idraulico (sottoforma di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

torbida), ma inserendo un sistema mobile di frantumazione e classificazione che riduca i frammenti a dimensioni adatte al passaggio nelle pompe da torbida ed una cella di messa in torbida.

6.4 Tagliatrice a filo diamantato

Il taglio di una roccia o di un elemento strutturale mediante tagliatrici a filo (**figura 6.3**) viene prodotto dallo scorrimento veloce di una stesa di filo (oggi solo diamantato) chiusa ad anello in tensione progressiva, inserita in fori orizzontali e verticali comunicanti, precedentemente realizzati sul fronte o sull'elemento strutturale.

La macchina è munita di una puleggia a gola gommata, che mette in moto il filo e contemporaneamente lo mantiene in tensione mediante un lento spostamento dell'asse della puleggia e della stessa macchina su rotaie fissate al terreno. Il filo è costituito da un cavo di acciaio, su cui sono montate perline diamantate con funzione abrasiva; questa tecnica è oggi la più ricorrente, soprattutto per rocce dure come quelle silicee. Il filo viene costantemente irrorato con acqua, che svolge la duplice funzione di raffreddamento dell'utensile e di mezzo per la asportazione dei detriti. La produzione di polvere, sotto forma di aerosol, è limitata al punto di egresso del filo dalla sezione di taglio, quindi di norma distante dalla macchina, che oltretutto non richiede la presenza fissa dell'addetto; la sua dispersione risente tuttavia delle condizioni microclimatiche e degli spazi funzionali del fronte.

Per il taglio di elementi strutturali in calcestruzzo ed anche per il taglio di elementi in roccia vengono utilizzate anche tagliatrici a dischi diamantati. In questa seconda configurazione la macchina viene fatta operare lungo una colonna guida che viene ancorata all'elemento strutturale da tagliare. Il taglio avviene per passate successive. La macchina opera ad umido.

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

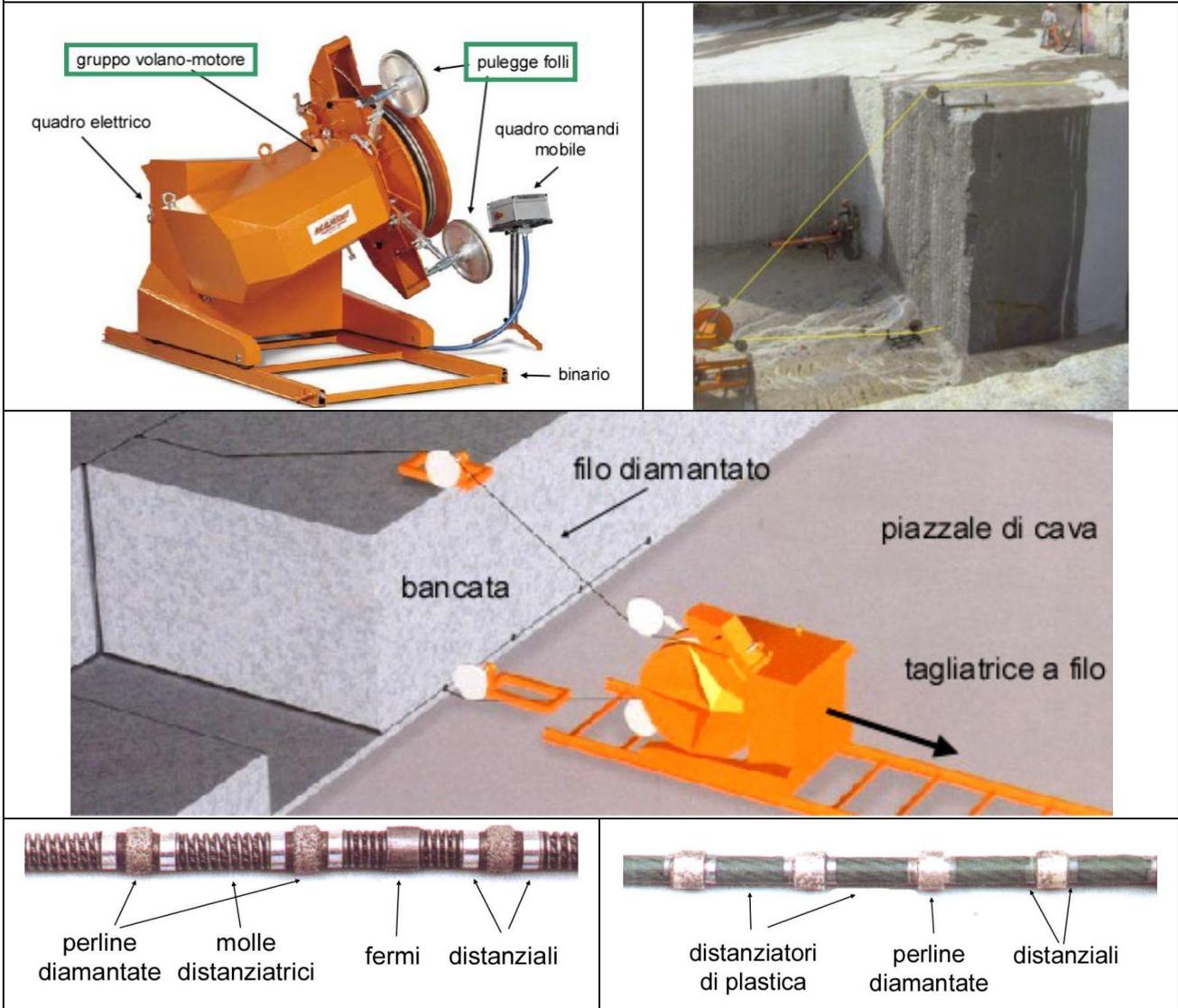
Rev.

F0

Data

20/06/2011

Tagliatrici a filo diamantato



Fonti: R. Mancini, M. Cardu: Ingegneria degli scavi – Politeko Editore – Torino e M. Fornaro, E. Lovera, I. Sacerdote: La coltivazione delle cave ed il recupero ambientale – Volume II Estrazione di materiali per usi industriali e pietre ornamentali – Politeko editore – Torino

Figura 6.3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.5 Emissione di polveri da demolizioni, disaggi, abbattimenti, finiture: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio

La differenza principale tra le macchine, ai fini della produzione, riduzione e gestione di sorgenti di polveri aerodisperse che possono costituire emissioni fuggitive da un cantiere in superficie o dal/dai portali o fornelli di una attività di cantiere di cava o di miniera in sotterraneo è la seguente:

- sia la fresa ad attacco puntuale (come nel campo delle estrazioni minerarie il tamburi fresanti per lunghe fronti, i minatori continui, le TBM) sia le macchine per taglio con filo diamantato sono macchine che, giacchè in sintesi operano per asportazione di truciolo, nel corso delle demolizioni producono sfridi di piccole dimensioni. La fresa ad attacco puntuale in particolare produce eseguendo quasi una frantumazione secondaria, elementi di piccole dimensioni, il filo diamantato materiale polverulento costituito dal materiale abraso e dagli elementi costituenti gli utensili di taglio. Il martellone è un demolitore che opera in genere una frantumazione primaria producendo elementi di medio-grosse dimensioni (anche in funzione delle condizioni della roccia) successivamente riducibili per mezzo della macchina stessa;
- un martellone opera la frantumazione delle porzioni di roccia per percussione sfruttando, quando possibile gli elementi di debolezza meccanica della roccia (piani di scistosità negli scisti cristallini), una fresa opera per erosione ad asportazione di truciolo. In questo senso il martellone produce porzioni di roccia di abbattuta di dimensioni mediamente maggiori di una fresa ad attacco puntuale;
- un martellone in genere non viene quasi mai utilizzato in rocce dure per abbattimento diretto, ma per disaggio dopo esplosivo o per disaggio produttivo dopo esplosivo. Una fresa può anche essere utilizzata in rocce dure (ma con produzione più lenta) ma in genere viene utilizzate per rocce meno dure (per esempio nelle cave di gesso in sotterraneo) ed anche per produzione;
- considerando che ai fini della generazione di polveri aerodisperse l'altezza di caduta di un materiale abbattuto (contenente pezzi più o meno grossi, materiale già aerodisperdibile attaccato e non alla superficie dei blocchi) ha un grosso ruolo:
 1. le dimensioni dei blocchi di roccia abbattuti da un martellone non sono controllabili con precisione (dipendono dal tipo di volata effettuato se segue l'azione dell'esplosivo ma in

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

generale sono determinate dallo stato di fatturazione della rocca preesistente) e l'altezza di caduta (per demolizioni in altezza o lavori su fronti di cava/gallerie) è difficilmente riducibile

2. le dimensioni delle porzioni di roccia abbattute da una fresa ad attacco puntuali sono controllabili (in funzione del numero, del tipo, delle dimensioni degli utensili e della testa fresante) e l'altezza di caduta (anche per demolizioni in altezza o lavori su fronti di cava/gallerie) è riducibile giacché la macchina può essere attrezzata con sistemi per la raccolta del materiale abbattuto prossimi al punto di abbattimento,

- ricordando che la maggior parte della polvere prodotta non viene aerodispersa ma rimane attaccata alla superficie dei materiali abbattuti e viene aerodispersa nelle successive movimentazioni specie se prevedono caduta del materiale da una certa altezza:

1. all'abbattimento del materiale operato con martellone segue necessariamente una fase di movimentazione del materiale per facilitarne la presa con macchine quali la pala frontale, e poi caricamento del materiale mediante pala:

a. su nastro trasportatore (se di dimensioni idonee) per evacuazione, per conferimento in tramoggia e confezionamento in contenitori rigidi (materiali pericolosi), conferimento in tramoggia ed alimentazione a frantumatore,

b. in tramoggia alimentante frantumatore: per renderlo magari idoneo al trasporto con nastro

c. su dumper.

Il materiale abbattuto mediante martellone pertanto necessita generalmente di due fasi di movimentazione per la sua evacuazione od utilizzo

2. all'abbattimento di materiale eseguito mediante una fresa ad attacco puntuale può seguire, se la macchina viene attrezzata in tal senso, caricamento in tramoggia a ridosso del punto di abbattimento del materiale e caricamento su nastro: il nastro può essere interno alla macchina (quindi con necessità di trasferimento sul nastro principale) o il nastro principale del cantiere.

In **tabella 6.1** sono elencate le possibili soluzioni di mitigazione ordinate per tipologia di approccio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Elenco e classificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili al controllo delle emissioni di polveri da operazioni di demolizione, abbattimento, disgaggio e finitura.	
Classificazione	Soluzione
<i>Approcci pre primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo di tecniche di “wet suppression” per la <u>bagnatura</u> del materiale nelle fasi lavorative precedenti l’attività
<i>Approcci primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2 ▪ utilizzo di elementi topografici naturali o di dune argini, cancellate, piantumazioni per la protezione del vento ed in genere utilizzo di protezioni antivento ▪ bagnatura del materiale mediante infusione di acqua prima dell’inizio delle lavorazioni ▪ riduzione della altezza e della velocità di caduta ▪ bagnatura del materiale al punto di sollecitazione, bagnatura del materiale in fase di caduta ed abbattimento delle polveri aerodisperse fuggitive
<i>Approcci secondari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute e fuggitive ▪ cattura mediante sistemi ad aspirazione localizzata della polvere aerodispersa generata ▪ raccolta delle torbide di acqua prodotte

Tabella 6.1

6.6 Soluzioni di mitigazione per demolizioni, disgaggi, abbattimenti, finiture classificabili come approcci pre primari

6.6.1 Approcci pre primari – soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l’importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2:

<i>Approcci pre primari</i>	conoscere la tendenza alla aerodispersione di materiali lavorati
-----------------------------	--

6.6.2 Approcci pre primari –bagnatura del materiale

Per un maggior approfondimento sulla bagnatura e sulle tecniche e tecnologie possibili, si veda quanto riportato in Appendice 1. Per il corretto collegamento con questa tecnica utilizzata in termini di approccio pre primario con la stessa tecnica usata come approccio primario e secondario si vedano i paragrafi: 6.7.3, 6.7.5 e 6.8.1.

In generale l’obiettivo delle tecniche di “wet suppression” mediante sistemi a irroratori o a spray d’acqua utilizzati in termini di bagnatura del materiale è di prevenire che la polvere si liberi e si aero disperda rimanendo nel materiale che la contiene o su cui è depositata

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per rendere più efficace la bagnatura come “approccio primario” essa dovrebbe essere utilizzata in termini di approccio pre primario ovvero quando il materiale viene bagnato:

- prima della fase di abbattimento mediante infusione di acqua nel fronte o nella struttura da abbattere con esplosivo o da scavare/disgaggiare/scapitozzare con escavatore con benna/pinza/martellone o da scavare/finire con roadheader

6.7 Soluzioni di mitigazione per demolizioni, disgaggi, abbattimenti, finiture classificabili come approcci primari

6.7.1 Approcci primari – utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2:

<i>Approcci pre primari</i>	corretta scelta degli utensili sollecitanti e controllo del loro stato di degrado
<i>Approcci primari</i>	monitoraggio delle emissioni di polveri monitoraggio delle condizioni climatiche monitoraggio delle misure di prevenzione e contenimento delle emissioni programmazione delle attività lavorative il più possibile durante eventi di moderata velocità del vento

In questo caso, la scelta degli utensili ed il controllo del loro degrado, diventa un approccio primario giacchè, in generale, per tutte le macchine che operano abbattimento di porzioni di roccia la quantità di polvere prodotta (indipendentemente dal fatto che sia aerodispersa) per tonnellata di materiale abbattuto è maggiore all'diminuire della profondità del taglio e delle dimensioni dei blocchi/trucioli prodotti. Uno dei fattori che influiscono sulla profondità e la modalità del taglio che può essere controllata è l'affilatura degli utensili.

6.7.2 Approcci primari – utilizzo di elementi topografici naturali o di dune argini, cancellate, piantumazioni per la protezione del vento ed in genere utilizzo di protezioni antivento

L'utilizzo di argini o dune è stato sviluppato per proteggere dall'azione del vento aree in cui vengono eseguite attività di stoccaggio e movimentazione di rocce o minerali estratti e lavorati. Tuttavia può essere utilizzate per proteggere siti in cui vengono eseguite importanti attività di demolizione in siti all'aperto che si prolungano nel tempo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In termini di protezione e confinamento di un'area di lavoro argini e dune possono essere costituiti da elementi topografici preesistenti valutati in combinazione con la direzione dei venti dominanti:

- un parametro di scelta con riferimento alle sole fasi di scapitozzatura per intestare per esempio l'imbocco di una galleria è il grado di confinamento del cantiere di imbocco che un'area, grazie ai suoi elementi naturali offre rispetto ad un'altra
- anche per le fasi di demolizione è importante capire quanto un'area di cantiere offre protezione rispetto agli effetti del vento rispetto ad un'altra. In questo senso per fase di demolizione che riguarda la riduzione dei sovramisura dopo la fase di abbattimento primario, si può optare per il trasporto dell'abbattuto nell'area disponibile più confinata rispetto agli effetti del vento del cantiere e procedere lì alla riduzione per frantumazione dei sovramisura, il loro caricamento su mezzi e l'avvio della fase di trasporto.

Argini e dune possono essere soggetti a piantumazione di vegetazione permanente o temporanea per limitare l'erosione da parte del vento dell'argine/duna stessa e per aumentare l'effetto deviante sul vento e riducente sulla sua velocità

Cancellate, piantumazioni e sistemi di protezione antivento agiscono meno in termini di deviazione del vento rispetto al sito di lavoro e di più in termini riduzione della velocità del vento, quindi della potenzialità della sua azione erosiva quindi di emissione di particolati da siti di demolizione, scapitozzatura, finitura all'aperto.

In particolare per la piantumazione, con riferimento alle attività di demolizione, scapitozzatura e finitura, va detto che ciò significa soprattutto scegliere, quando possibile, il sito di lavorazione, in aree isolate dal punto di vista topografico e caratterizzate dalla presenza di vegetazione. Il planning delle attività di scapitozzatura per esempio dovrebbe lasciare il più possibile la vegetazione preesistente intorno alle aree di sollecitazione delle rocce,

Dal punto di vista tipologico (**figura 6.4**) comprendono:

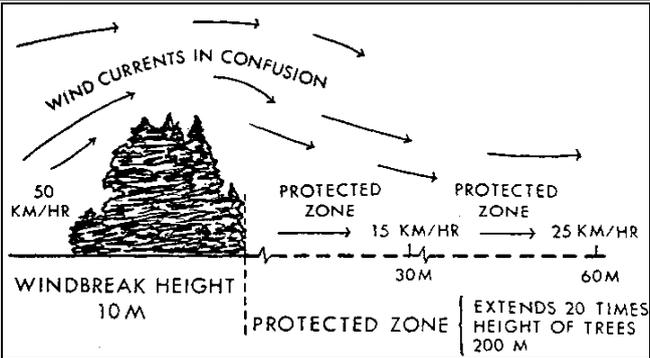
- cancellate antivento
- barriere antineve
- reti antivento in iuta
- piantumazioni e antivento.

Il layout della installazione è molto sito specifico.

Le barriere ubicate ad angolazione corretta rispetto alla direzione dei venti dominanti e spaziate a distanze pari a 15 volte l'altezza della barriera stessa possono essere veramente efficaci per il controllo dell'effetto del vento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Soluzioni per la riduzione della velocità del vento

Fonte: <http://www.weathersolve.com/>

Figura 6.4

Le reti antivento, ma in pratica molte cancellate sono in effetti strutture di sostegno di reti antivento, sono in tessuti a base di poliestere, polipropilene ad alta densità, nylon, con porosità non superiore al 50%.

Per le loro caratteristiche arginino, dune, piantumazioni sono interventi adatte a siti in cui le fasi di demolizione o di scapitozzatura sono condotte su strutture (naturali e civili) importanti per estensione e potenza e pertanto si prolungano nel tempo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per interventi più contenuti tuttavia l'utilizzo di reti antivento per ridurre la velocità del vento in corrispondenza di una sorgente di polverosità puntuale che può emettere polveri fuggitive è particolarmente efficace.

6.7.3 Approcci primari – bagnatura del materiale mediante infusione di acqua prima dell'inizio delle lavorazioni

E' un intervento utilizzato maggiormente in sotterraneo nel momento in cui l'utilizzo di martelli idraulici demolitori è combinato con l'utilizzo di esplosivo e quindi con una fase di perforazione per la realizzazione dei fori da mina.

In particolare per il carbone i dati relativi all'abbattimento preceduto da infusione di acqua nella bancata di minerale sfruttando i fori da mina vedono una riduzione del 50% delle polveri generate sia infase di abbattimento sia in fase di disaggio e riduzione dei sovramisura. Lo svantaggio è il costo in termini di tempo, acqua e materiali della operazione.

Tuttavia, sia in sotterraneo sia in superficie, nel momento in cui il materiale da abbattere o da rifinire con martellone o road header si trovi in un contesto aperto all'azione del vento e con presenza di ricettori sensibili prossimi alle postazioni di lavoro e nel momento in cui non si possa isolare l'area di lavoro con sistemi di riduzione della velocità del vento, la bagnatura del materiale o della struttura mediante infusione di acqua è una soluzione percorribile.

Anche per quanto riguarda il taglio di strutture con filo diamantato la bagnatura preliminare della struttura può ridurre la quantità di polvere generata. Tuttavia per questa applicazione ha meno senso in quanto il taglio già avviene ad umido in quanto l'acqua è l'elemento che consente sia di raffreddare gli utensili sia di rimuovere il materiale polverulento prodotto dal taglio.

6.7.4 Approcci primari – riduzione della altezza e della velocità di caduta

Nel momento in cui un materiale granulare (per natura o ridotto di dimensioni a causa di lavorazioni di abbattimento viene scaricato, o lasciato cadere, da una certa altezza verso un sistema di stoccaggio (sia esso un cumulo, sia esso l'apertura di una tramoggia connessa ad un sistema di stoccaggio chiuso, sia esso un cumulo di stoccaggio temporaneo quale è il cumulo di abbattuto che si forma ai piedi di una macchina di scavo per abbattimento come un martellone o un road header) e cade in aria, ogni particella imprime all'aria circostante una certa quantità di moto.

Per conseguenza di questo trasferimento di energia un flusso di aria viene richiamato e viaggia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

assieme al materiale

A meno che l'aria non sia rimossa mediante sistemi di aspirazione localizzata, essa, nel momento in cui il materiale impatta, fugge attraverso gli spazi intergranulari del materiale portando con sé la parte più fine del materiale.

In sotterraneo uno dei sistemi di gestione della sorgente localizzata di polverosità è quello di implementare sistemi di ventilazione con schema aspirante che rimuovano una quantità di aria dal fronte almeno pari a quella indotta dal flusso di materiale in caduta.

Sia in sotterraneo sia nei cantieri all'aperto un sistema possibile ma non sempre implementabile per la riduzione della quantità di aria indotta prevede di limitare l'altezza di caduta del materiale abbattuto.

Per fronti in roccia ed abbattimento con martellone si tratta di procedere all'abbattimento dal basso e lasciare il più possibile addossato al fronte smarino, cocciame e terra a formare un letto di caduta per il materiale abbattuto.

Per fronti in roccia ed abbattimento con road header si tratta di utilizzare macchine con sistemi di raccolta del materiale e convogliamento alla tramoggia interna e da questa al nastro trasportatore che consentano la movimentazione verso l'alto dei sistemi di raccolta del materiale.

Per abbattimento di strutture con martellone si tratterebbe di costruire con terreno da riporto un letto di caduta per il materiale in fase di abbattimento.

Per lavoro di finitura con road header su elementi in calcestruzzo invece, la costruzione di letti di caduta è inattuabile ed avrebbe più senso invece una macchina dotata di sistema di raccolta del materiale in caduta il più possibile avvicicabile alla testa fresante.

Per macchine operanti tagli con filo diamantato, il materiale polverulento prodotto emerge in torbida dai fori praticati nella struttura per realizzare il taglio e come percolato dagli elementi della struttura in fase di taglio. In questo caso, trattandosi di un materiale umido, un sistema di raccolta non agirebbe tanto sulla limitazione della portata di aria indotta quanto su un miglior collettamento della torbida.

6.7.5 Approcci primari – bagnatura del materiale al punto di sollecitazione, bagnatura del materiale in fase di caduta ed abbattimento delle polveri aerodisperse fuggitive

Gli obiettivi delle tecniche di "wet suppression" mediante sistemi a spray d'acqua, le tecniche e le tecnologie sono descritte in Appendice 2. Si rammenta tuttavia che gli obiettivi sono due:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- prevenire che la polvere si liberi e si aero disperda mediante bagnatura o meglio lavaggio del materiale che la contiene o su cui è depositata
- abbattere una nube di polvere che si è aero dispersa da una sorgente intervenendo sulla nube stessa mediante un getto di acqua (o acqua ed additivi) nebulizzato ad una certa velocità ed orientato in modo da occupare un certo volume di aria intorno alla sorgente. Il meccanismo di abbattimento deriva dalla collisione tra le goccioline costituenti la nebbia di acqua e quelle costituenti la nube di polvere.

In caso di abbattimento con mezzi meccanici di una porzione di roccia la maggior parte della polvere generata rimane sulla superficie dei pezzi (più o meno grandi: da blocchi, in caso di uso di un martellone, a ciottoli nel caso di utilizzo di una fresa). Al punto di sollecitazione del materiale o al di sotto del punto di sollecitazione, laddove il materiale è in fase di caduta vengono normalmente installati ugelli che devono generare un getto ad elevata velocità (per raggiungere e bagnare rapidamente il materiale) fatto di gocce medio-larghe (l'obiettivo è bagnare il materiale).

Ai lati della macchina, per contenere verso il fronte di scavo la polvere che eventualmente si disperde devono essere utilizzati ugelli in grado di produrre una nebbia di goccioline da fini a medie su angoli di spray tali da occupare la maggior quantità di volume di aria.

Per la bagnatura del materiale vengono utilizzati ugelli irroratori più che nebulizzatori, ma tendenzialmente la scelta è libera, si tratta di erogare una quantità di acqua pari a circa lo 0,5-1% in massa del materiale abbattuto.

Per il contenimento delle polveri aerodisperse verso il fronte di scavo o la porzione di roccia /struttura abbattuta e per il loro abbattimento si utilizzano ugelli nebulizzatori a medio alta pressione con erogazione di gocce nel campo aerodinamico equivalente della tipologia di particolato emesso.

Per gli abbattimenti finiture interessanti l'uso di cartelloni o road header si utilizzano le seguenti tecniche:

- bagnatura al punto di sollecitazione del materiale: si utilizzano le tecniche di:
 1. "pick point flushing": la punta dell'utensile di perforazione, demolizione, fresatura è cava, nel momento in cui l'utensile tocca la roccia o poco prima che la tocchi si attiva un ugello (solitamente di tipo "solid stream" che eroga un getto di acqua, nebulizzata o non attraverso l'utensile sul punto di sollecitazione). L'ugello può anche erogare acqua dalla corona circolare che circonda l'utensile

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2. “back face flushing”: l’ugello è posizionato sulla base dell’utensile, in posizione protetta, ed è orientato in modo da erogare il getto di acqua nebulizzato sul punto di sollecitazione del materiale
- bagnatura del materiale in fase di caduta: vengono utilizzati ugelli di tipo flat fan posizionati sotto il braccio reggiutensile (posizione protetta dalla caduta di materiale) orientati in modo da coprire il più possibile il flusso di materiale in caduta

Riassumendo

- per il lavaggio materiale abbattuto al punto di produzione (approccio pre primario) – “pick point flushing” “back – face flushing”:
si tratta di ugelli montabili sui sistemi di scavo multi utensili. I primi fanno parte del corpo utensile i secondi sono posti più indietro e direzionano il flusso sull’utensile. Obiettivo di entrambi bagnare il materiale mentre viene abbattuto,
Si usano “solid strem nozze” con portate di acqua complessiva di 130 litri/minuto macchina e pressioni di 5 – 8 bar,
- per il lavaggio materiale abbattuto (approccio primario) – bagnatura del materiale abbattuto in caduta: si usano ugelli a diluvio di tipo “flat fan” a bassa pressione ed alta portata: circa 20 litri/minuto,
- per il confinamento aria polverosa e polveri (approccio secondario): si usano ugelli alla massima portata di acqua possibile, con rose di grandi dimensioni, pressioni di circa 7 bar.
- per l’abbattimento polveri e bagnatura materiale in transito (approccio secondario): nei punti di trasferimento macchina/nastro trasportatore: almeno tre ugelli in grado di fornire complessivamente 12 litri/minuto a 4 bar.

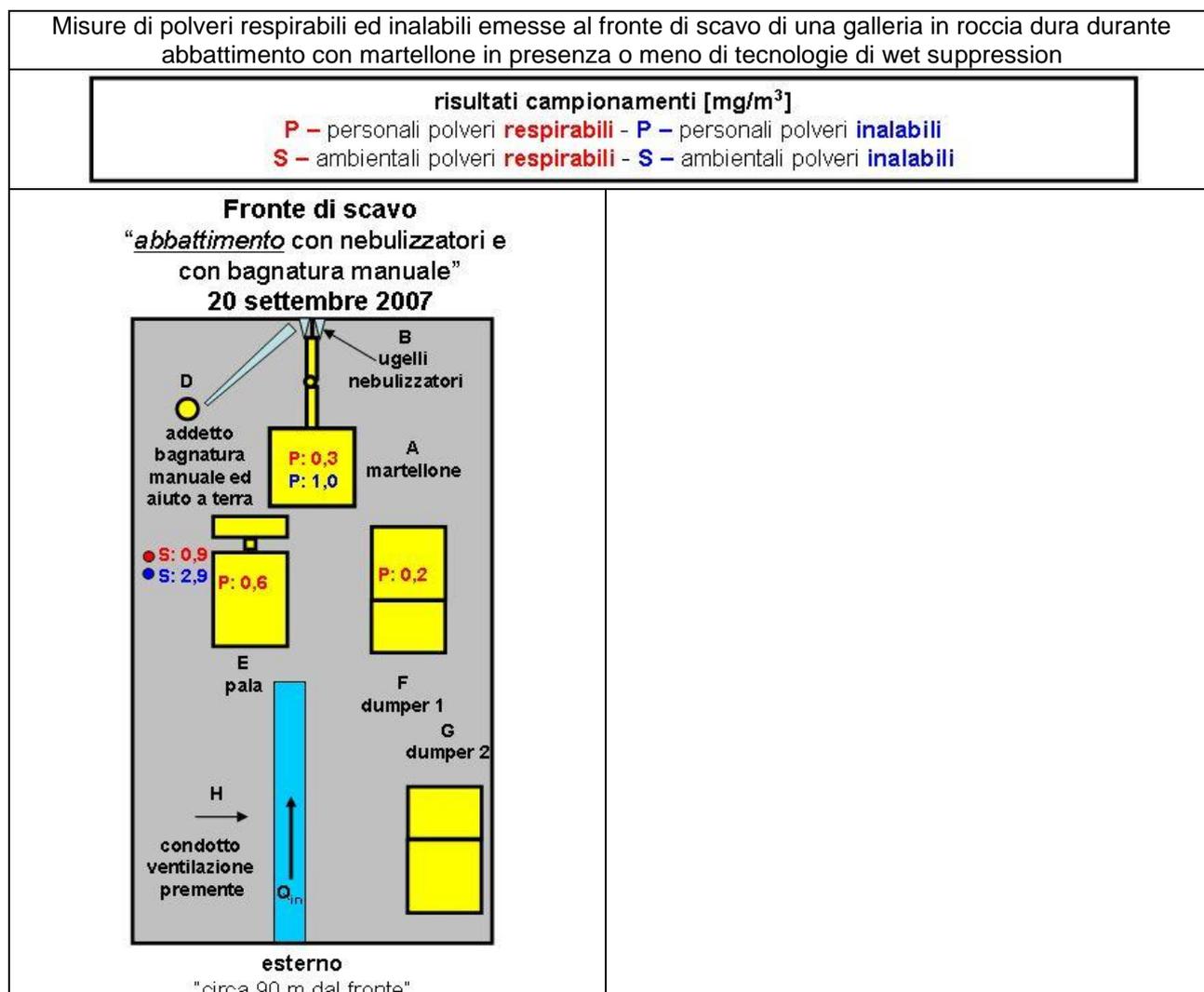
Per quanto riguarda le demolizioni/abbattimenti/scapitozzature effettuate con martellone, raramente vengono utilizzati ugelli di tipo “pick point flushing” così come raramente si combina l’utilizzo di ugelli di bagnatura al punto di sollecitazione e bagnatura del materiale in caduta. Il motivo è da addurre al fatto che il martellone è soggetto a forti sollecitazioni e mediamente, sia per abbattimenti (in galleria o in cantiere esterno) sia per demolizioni, scapitozzature, viene utilizzato in posizioni fisse che prevedono caduta di materiale dall’alto. In genere pertanto si posizionano sotto al braccio brandeggiabile porta utensile ugelli di tipo “solid cone” o “flat fan” orientati sia al punto di sollecitazione dell’utensile sia nelle immediate vicinanze.

In figura 6.5 e 6.6 vengono presentate immagini e risultati di questa applicazione per quanto riguarda l’abbattimento di un fronte di roccia dura (gneiss) in una galleria civile in presenza di

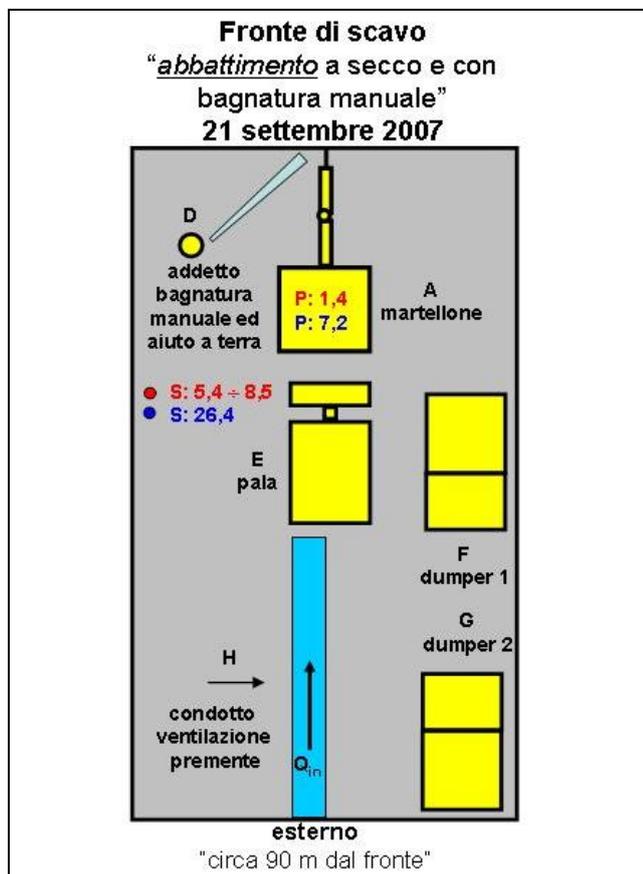
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ventilazione premente a basso regime. I risultati riguardano misure di polveri respirabili ed inalabili che, come approfondito al capitolo 1, non sono a rigore confrontabili con le emissioni di polveri fuggitive costituite da particolati di diametro aerodinamico equivalente afferente il PM₁₀ o il PM₅ ma che di queste ultime, pur riferendosi al campo dell'igiene del lavoro, costituiscono una buona stima.

Negli schemi riportati in **figura 6.5** sono descritti i risultati di misure effettuate sia in corrispondenza del fronte di scavo sul percorso di ritorno dell'aria erogata con ventilazione premente sia in cabina operatore.



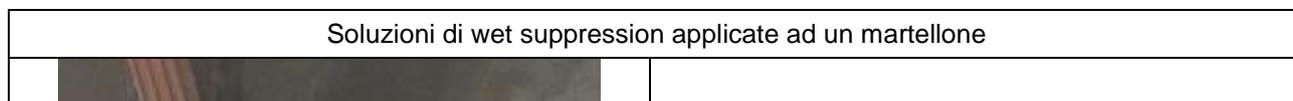
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Fonti: D. Bersano, C. Cigna, S. Francese, M. Patrucco, Safety concerns in tunnel design and choice of machinery and Safety aspects during construction, due capitoli del volume Construction methodologies and structural performance of tunnel linings, editor G.A. Plizzari, ISBN 978-88-96225-31-8 (2009)

Figura 6.5

Ovviamente ai fini delle emissioni fuggitive sono di maggiore interesse le prime misure. Negli schemi riportati in **figura 6.7** i risultati delle misure sono stati messi in relazione con misure effettuate in altre gallerie in cui questa soluzione tecnica non –veniva adottata. Le misure fatte in cabina a bordo operatore non devono tuttavia essere poco considerate giacchè, il fatto che nelle due situazioni (con e senza nebulizzatori) non abbiano dato valori simili è indice che l’operatore operava con cabina aperta per cui possono essere considerate una stima dei valori di polverosità emessi in corrispondenza della sorgente in postazione protetta. In **figura 6.6** sono raffigurate soluzioni di wet suppression applicate ad un martellone.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Fonti: D. Bersano, C. Cigna, S. Francese, M. Patrucco, Safety concerns in tunnel design and choice of machinery and Safety aspects during construction, due capitoli del volume Construction methodologies and structural performance of tunnel linings, editor G.A. Plizzari, ISBN 978-88-96225-31-8 (2009)

Figura 6.6

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

Misure di polveri respirabili ed inalabili emesse al fronte di scavo di una galleria in roccia dura durante abbattimento con martellone in presenza o meno di tecnologie di wet suppression: confronto con dati provenienti da altre gallerie senza utilizzo di tecniche di wet suppression ed indicazioni di efficienza.

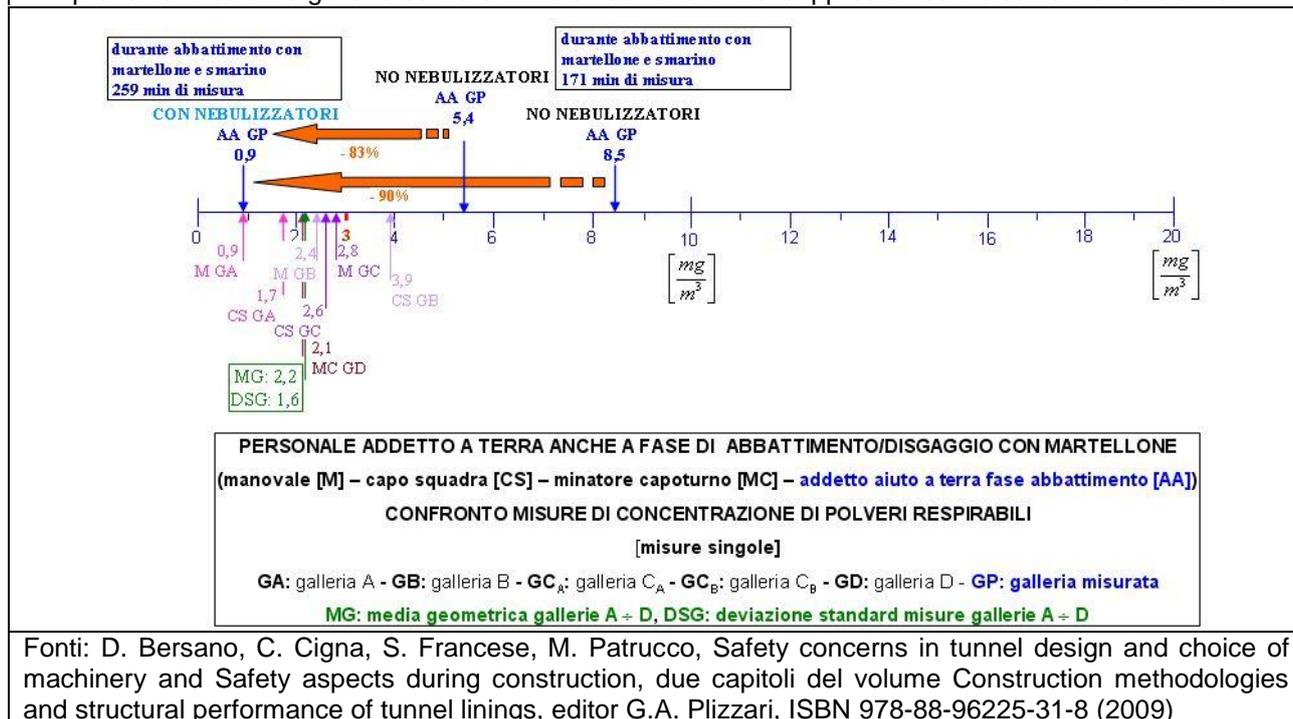


Figura 6.7

Il road header come i minatori continui possono essere attrezzati con sistemi di nebulizzazione di tipo pick point flushing e back face flushing (**figura 6.8**) e con sistemi di nebulizzazione esterni sia di bagnatura del materiale sia di confinamento ed abbattimento delle polveri emesse. Gli spray sono tipicamente allocati sulla sommità del braccio reggi utensile dietro al tamburo fresante e orientati in prossimità degli utensili del tamburo fresante. Questi spray hanno il compito di bagnare il carbone mentre viene fresato e prevengono la aerodispersione della polvere. Nei sistemi back face flushing, più diffusi rispetto ai pick point flushing, gli ugelli sono posti alla base di un buon numero di utensili ed orientati sul punto di lavoro.

Per evitare l'effetto rollback ovvero il movimento di aria che risulta dall'utilizzo di ugelli operanti a pressioni di esercizio elevate che riporta l'aria polverosa verso l'imbocco di una galleria:

- sono consigliati ugelli di tipo Flat Fan che operano a pressioni inferiori a 690 kPa (= $26\sqrt{kPa} = 100 \text{ psi} = 6,9 \text{ bar}$)
- sono sconsigliati, per le elevate pressioni di esercizio, ugelli a cono solido.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sotto al braccio della macchina ed anche in corrispondenza del tratto di convogliamento del materiale sono invece posizionati ugelli di tipo “alta portata – bassa pressione” o ugelli “a diluvio” che hanno il compito di bagnare il materiale mentre è in caduta e prevenire l’aerodispersione mentre il materiale viene caricato/trasportato ed hanno una pressione di esercizio limitata a 415 kPa ($= 20\sqrt{kPa} = 60 \text{ psi} = 4,1 \text{ bar}$).

Per il puro abbattimento della polvere generata si utilizzano anche dei nebulizzatori di abbattimento montati sui lati del minatore in prossimità degli ingressi del sistema di aspirazione interno della macchina (se presente) e connessione con lo stadio di abbattimento a “water scrubber” . Questi ugelli hanno il compito di aiutare a contenere la polverosità in prossimità del fronte. Sono ugelli di tipo Flat Fan con orientazione verticale per creare una barriera d’acqua sui lati del braccio della macchina. La pressione di esercizio di questi ugelli può essere superiore a 415 kPa ($= 20\sqrt{kPa} = 60 \text{ psi} = 4,1 \text{ bar}$) per aumentare la zona di impatto.

I road header attrezzati con spray ad acqua di tipo “back face flushing” offrono un miglior controllo della temperatura degli utensili mentre gestiscono il problema polveri. Ogni road header operante con questi sistemi monta all’incirca 20 ugelli sulla testa fresante. L’utilizzo di questi ugelli consente anche una drastica riduzione del consumo di acqua che per ciascun ugello è limitato a circa 1,5 dm³/min (0,4 gpm).

In **figura 6.9** sono riportate immagini e risultati prestazionali di un road header utilizzato in una miniera di carbone operante con 15 ugelli esterni a 12 bar ed eroganti complessivamente circa 45 litri/minuto di acqua su un turno di otto ore con produzione di circa 1400 tonnellate di carbone in una galleria con ventilazione diluente di tipo premente con velocità dell’aria di circa 1,4 m/s.

I dati riportati nella seconda colonna si riferiscono a concentrazioni rilevate con misuratori posti a terra nelle vie di ingresso al fronte, al fronte e sulle vie di ritorno dell’aria, i dati riportati nella terza colonna sono concentrazioni riferite alle 8 ore lavorative sia per i campionamenti eseguiti a terra (quindi con rilevazione della concentrazione rilevata nelle aree produttive durante i periodi di fermo produzione, moltiplicate per il tempo di fermo produzione sia per i campionamenti effettuati con strumentazione a bordo operatore (quindi con rilevazione della concentrazione rilevata nelle aree non produttive moltiplicate per il tempo in esse passato: sostanzialmente il tempo necessario alla macchina per essere portata dall’esterno al fronte e viceversa), i dati riportati in quarta colonna sono le concentrazioni normalizzate rispetto ai parametri tecnici diversi tra le concentrazioni misurate nei turni con macchina senza ugelli operanti e con ugelli operanti (velocità dell’aria diverse, produttività diverse, etc.).

**RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE**

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

Data

20/06/2011

Road header di tipo minatore continua attrezzata con sistemi back face flushing e disposizione degli ugelli esterni di contenimento delle polveri emesse e bagnatura del materiale

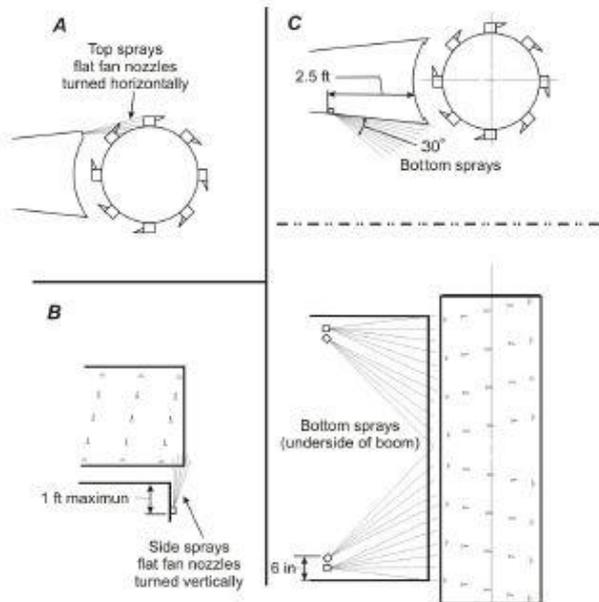
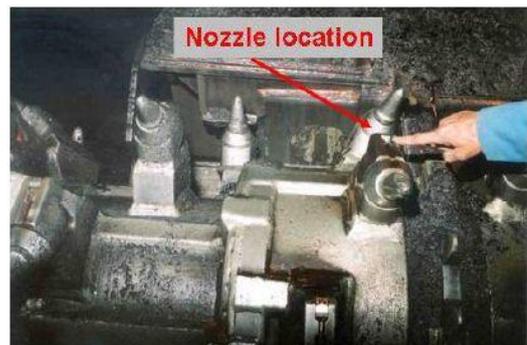


Figure 2-7.—Antirollback water spray system.



Fonte: NIOSH - "Handbook for dust control in metal/non-metal mining" e fonti interne

Figura 6.8

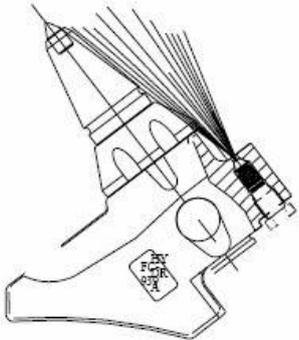
Ulteriori indicazioni circa l'utilizzo di road header o cartelloni per abbattimento utilizzando tecniche di "wet suppression" riferiscono che molte applicazioni hanno preferito macchine operanti con testa attrezzata con soli ugelli a bassa pressione ed alta portata ottenendo tuttavia buoni risultati specie in sotterraneo ed in presenza di ventilazione aspirante e confinamenti.

Per questa tipologia di applicazioni gli ugelli non dovrebbero superare i 50 psi (3,5 bar) ma si sono ottenute buone prestazioni (40% di riduzione della polverosità al fronte in generale comparata con macchine a spray esterno) in presenza di confinamenti, aspirazione localizzata, e testa attrezzata con ugelli a pressione inferiore ai 20 psi (1,4 bar) e portata erogata pari a 22 litri/minuto.

Dati prestazionali di un road header montante ugelli back face flushing

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<u>Test System</u>	<u>No. of tests</u>	<u>Average sampling period dust concentration, mg/m³</u>	<u>Average 8-hr period dust concentration, mg/m³</u>	<u>Average 8-hr personal dust concentration, mg/m³</u>	<u>NARD, mg/ton</u>
Wet head off	4	19.34	15.41	11.70	0.498
Wet head on	7	6.81	6.12	5.86	0.079
Improvement		65 %	60 %	50 %	84 %

		
--	--	---

Fonte: Bharat K Belle "An improved wet-head system: prevention of incenditive ignitions and dust control"

Figura 6.9

Per quanto il taglio effettuato con sistemi a filo diamantato, la macchina stessa opera mediante abbattimento ad umido giacchè l'acqua viene utilizzata, come detto, sia per raffreddare gli utensili sia per evacuare lo sfrido.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.8 Soluzioni di mitigazione per demolizioni, disaggi, abbattimenti, finiture classificabili come approcci secondari

6.8.1 Approcci secondari – abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute e fuggitive

A rigore anche le applicazioni di nebulizzazione che non agiscono al punto di sollecitazione della roccia su cui agisce un martellone, un road header o una macchina per il taglio con filo diamantato andrebbero considerate approcci secondari o agenti sulla polvere già aero dispersa. Tuttavia essendo sistemi integrati alla macchina e prossimi alla sorgente possono in qualche modo essere annoverati tra gli approcci primari. Nel momento in cui le misurazioni fatte intorno alla zona del taglio rilevassero una emissione residua di aerosol d'acqua e polveri (specie in presenza di alta velocità di taglio), così come per utilizzo di road header e martelloni in ambiente esterno con emissione di polvere residua nonostante abbattimento ad umido o in caso di impossibilità di utilizzo di abbattimento ad umido a bordo macchina, una tecnologia utilizzata con successo è quella dei cannoni nebulizzatori o rotoloni. Sono utilizzati anche in sotterraneo quando non è possibile l'abbattimento ad umido per agire, da una certa distanza, su una sorgente di polveri aerodisperse ed hanno mostrato una buona efficienza specie in presenza di aspirazione localizzata. Il campo di applicazione preferenziale è tuttavia quello dell'abbattimento della polvere emessa da sorgenti di polverosità, non altrimenti gestibili, poste in ambiente esterno. Circa descrizione e prestazioni di queste tecnologie si rimanda all'Appendice 1.

In sotterraneo un problema da gestire è, in presenza di ventilazione di tipo premente, la polvere fuggitiva che, non abbattuta con sistemi ad umido, viene convogliata verso il portale dal flusso di aria premente. In realtà le misurazioni lungo il cavo, al netto di altre lavorazioni presenti, dovrebbero in qualche modo dimostrare che tale dispersione riesce a fuoriuscire dalla galleria e non sedimentare prima. Tuttavia va detto che, in assenza di ventilazione aspirante, la polvere sedimentata può accumularsi assieme a quella prodotta da altre lavorazione ed essere ri aero dispersa da parte del traffico mezzi, essere rimessa nel flusso premente, fuoriuscire dal portale.

Per la gestione di questa tipologia di emissioni sono diffuse applicazioni dette "cortine ad acqua" applicate nelle sezioni di galleria in presenza di ventilazione premente per trasformarle in veri e propri abbattitori ad umido. Circa descrizione, critiche e prestazioni di queste tecnologie si rimanda all'Appendice 1.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.8.2 Approcci secondari – cattura mediante sistemi ad aspirazione localizzata della polvere aerodispersa generata

In caso di abbattimenti o finiture di superfici in calcestruzzo o cemento effettuate in sotterraneo, oppure all'aperto ma in luoghi particolarmente confinati, le tecniche di bagnatura del materiale al punto di sollecitazione e le tecniche di abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse fuggitive (specie quelle che prevedono uso di cannoni nebulizzatori) massimizzano il loro effetto in presenza di ventilazione con schema aspirante. Ovviamente occorre non dimenticare che, in presenza di martelloni per l'abbattimento, o solo per il disaggio, al fronte sono presenti mezzi gommati diesel per lo smarino per cui mediamente si prevede ventilazione con schema premente – aspirante. Molto spesso tuttavia si adotta schema di ventilazione solo premente. Circa i possibili schemi di ventilazione in sotterraneo e le loro prestazioni di massima si rimanda all'Appendice 2. Nel prosieguo se ne riassumono alcuni principi.

In condizioni di ventilazione con schema premente:

- in presenza di evacuazione del disgiunto o dello smarino con caricatori e camion su gomma la rimozione polveri richiede una velocità dell'aria in ritorno pari ad almeno 0,5 m/s ed il suo effetto è massimizzato quando le piste ed il materiale vengono bagnati e quando sulle piste vengono utilizzati stabilizzanti a base di sali igroscopici per mantenere il materiale costitutivo delle piste umido,
- in ogni caso, nel momento in cui la portata di aria adottata è sufficiente a diluire gli inquinanti prodotti dai motori diesel (solitamente $170 \div 220 \text{ m}^3/\text{h}$ per ogni cavallo motore di potenza impegnata dai mezzi diesel: $0,23 \div 0,3 \text{ m}^3/\text{h}$ per ogni watt di potenza) basta per la gestione del problema polveri,
- sempre per la gestione polveri in gallerie di produzione l'indicazione guida tradizionale prevede almeno $940 \text{ m}^3/\text{h}$ per ogni m^2 di superficie di fronte attivo, va tuttavia detto che su gallerie civili (circa 100 m^2 di sezione, il limite inferiore di portata comporta una velocità dell'aria di 0,2 m/s che non corrisponderebbe al valore minimo di velocità dell'aria per la rimozione di polveri in caso di abbattimenti con martellone o road header e smarino/disaggio con mezzi gommati),
- come posizione del condotto premente è sempre consigliata una distanza massima dal fronte attivo di 30 m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In condizioni di ventilazione aspirante:

Sia per i road header sia per i martelloni occorre che il condotto aspirante, normalmente agganciato alla calotta della galleria, sia trasportabile (magari dotato di una sezione terminale scorrevole) in posizione prossima al fronte, le ventilazioni in aspirante massimizzano il loro effetto quando sono tenute (anche se in caso di tecnica "drill and blast" l'operazione richiede molto lavoro) entro 3 metri dalla sorgente di polverosità.

Ovviamente la posizione del condotto aspirante deve considerare anche la presenza di lavoratori e, assumendo una postazione media di lavoro (difficilmente rispettata per tutto il turno di lavoro ma mediamente considerabile rispettata), il condotto aspirante dovrebbe trovarsi 10 m davanti alla postazione di lavoro ed entro 1,5 m dal fronte.

Come valori di portata minima aspirante da implementare si consideri una portata tale da garantire, sulla sezione vuota della galleria, una velocità minima di 0,3 m/s.

Nel momento in cui si abbiano difficoltà ad ubicare il condotto aspirante in prossimità del fronte considerando anche la posizione dell'operatore, un buon sistema, anche per evitare turbolenze che potrebbero ricircolare polvere al fronte, è quello di sfruttare la tecnica delle "mezze cortine".

Le mezze cortine (figura 6.10) sono tramezzi di ventilazione in tessuto, agganciati in calotta con sistemi a molle, posti perpendicolarmente alla sezione della galleria ed estesi dalla calotta fino alla soletta. Possono essere posizionate sia sul lato della galleria opposto a quello del condotto aspirante, sia dal lato della galleria in cui è presente il condotto aspirante, provvedendo a realizzare uno stretto passaggio per il condotto e piazzandole a ridosso della sezione aspirante per massimizzare, costituendo in questa configurazione una sorta di flangia, l'effetto di aspirazione. Le mezze cortine riducono la sezione di passaggio dell'aria aspirata aumentandone la velocità: nel campo di velocità 0,2-0,3 m/s piccoli aumenti di velocità hanno forti effetti sulle concentrazioni di polveri. Come posizione è importante che o la mezza cortina o la fine del condotto di ventilazione aspirante siano posti entro 3 metri dal fronte.

In **figura 6.10** vengono illustrate sia le mezze cortine sia gli effetti sulla concentrazione di polveri in zona operatore, che per un road header o un martellone corrispondono all'area in cui normalmente staziona una pala frontale ed un dumper in attesa di evacuare il marino il materiale disgiunto e che costituiscono la zona in cui la polvere aerodispersa dalla sorgente si trasforma in emissione che si espande nel cavo.

**RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE**

Codice documento

CZ0029_F0.doc

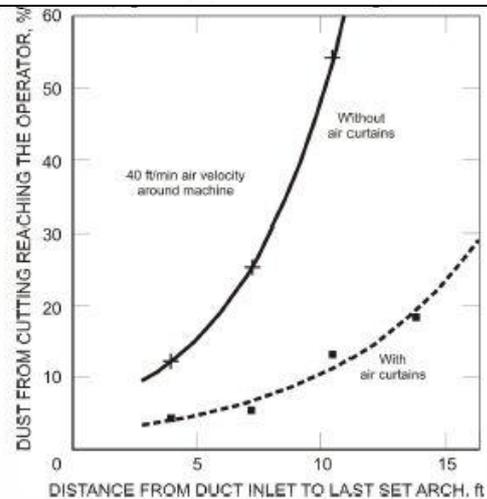
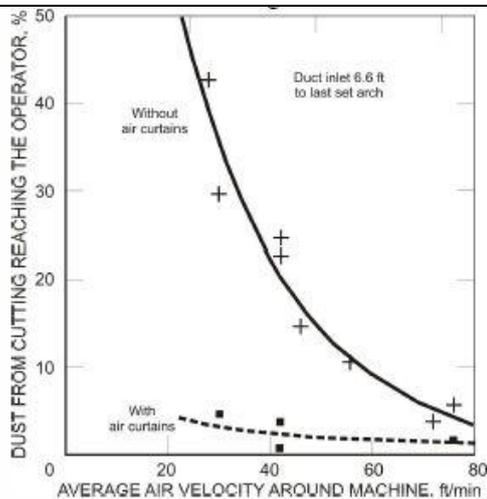
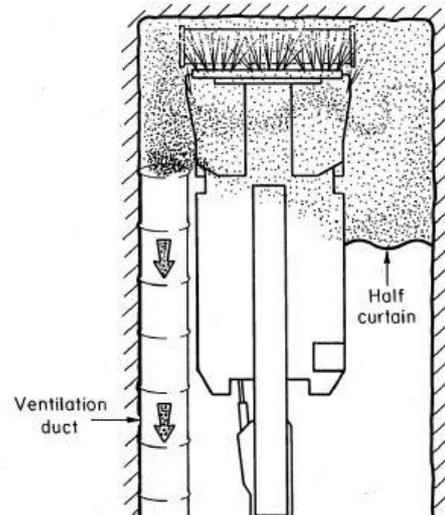
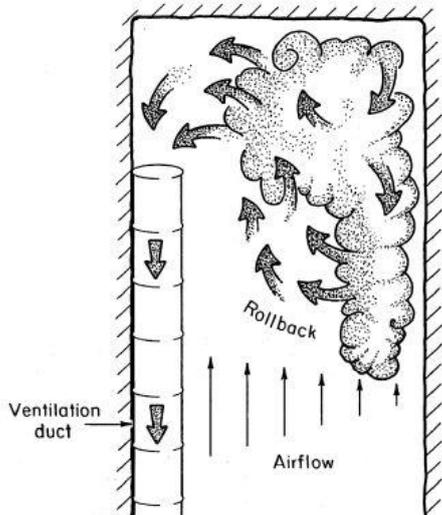
Rev.

F0

Data

20/06/2011

Il concetto di mezza cortina e gli effetti della velocità dell'aria, data una posizione ed una dimensione di un condotto di ventilazione, sulle concentrazioni di polveri in presenza o meno di mezza cortine ed effetti della posizione del condotto di ventilazione, data una certa velocità dell'aria, sulle concentrazioni di polveri in presenza o meno di mezza cortine



Fonte: NIOSH - "Handbook for dust control in mining"

Figura 6.10

Un'altra tecnica applicabile in caso di abbattimenti/demolizioni sia in galleria, sia all'aperto in luoghi confinati è quella di scegliere macchine attrezzabili (più facile per un road header povero) con aspirazioni localizzate a ridosso del punto di lavoro e sistemi di abbattimento (normalmente water scrubber) a bordo macchina. Lo scarico dell'aria depurata è in sulle postazioni laterali e posteriori della macchina.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.8.3 Approcci secondari – raccolta delle torbide di acqua prodotte

In caso di bagnatura del materiale o abbattimenti ad umido delle polveri aerodisperse si tratta di gestire, in galleria ma soprattutto all'aperto, le torbide prodotte e percolanti oltre l'area in cui è presente lo smarino, il disgregato, il materiale derivante da finitura, o la zona di caduta del materiale da demolire. Queste torbide infatti contengono molto materiale fine che, una volta evaporata l'acqua è facilmente risolleavabile dal transito mezzi o da correnti d'aria e costituisce consistente emissione fuggitiva. In particolare in presenza di demolizioni utilizzando macchine da taglio con filo diamantato il percolato derivante dal funzionamento ad umido reca con sé lo sfrido di lavorazione che può, se non controllato diventare fonte di consistente emissione fuggitiva. Il metodo migliore di gestirla è di tenere sgombra l'area su cui questo percolato può disperdersi e possibilmente attrezzarla con una canaletta di evacuazione in cui, anche mediante lancia ad acqua, la torbida dispersa può essere convogliata e raccolta. Diversamente, se l'area di pericolo oltre a essere sgombra è pavimentata, la torbida può essere rimossa con una macchina spazzolatrice ed aspiratrice a secco. In galleria mediamente il problema si pone di meno per gli abbattimenti giacché sono già previste, ai fianchi della galleria, mentre si costruiscono le murette, delle canalette di evacuazione delle torbide prodotte al fronte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7 Scavo con TBM

7.1 Attività e macchine

Una TBM (figura 7.1) è una fresa a piena sezione costituita da tre parti essenziali:

- una testa di scavo rotante che monta gli utensili necessari a demolire la roccia o la tessa
- un sistema di propulsione e guida che spinge avanti la testa e fa avanzare il corpo macchina
- una serie di dispositivi destinati a evacuare il marino dalla camera di scavo, caricarlo sui mezzi di trasporto necessari per portarlo fuori dalla galleria

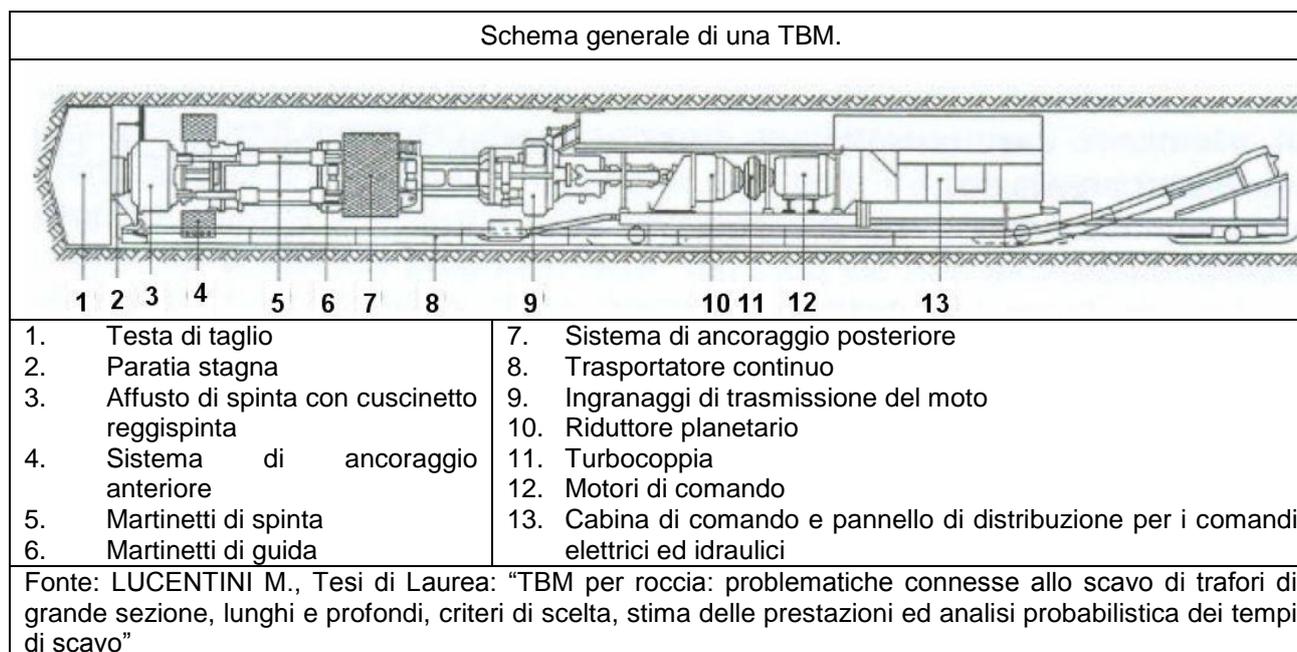


Figura 7.1

La testa rotante è comandata da motori elettrici posti nella zona posteriore della macchina, con sistemi elettromeccanici o idraulici, di riduzione della velocità

La testa deve essere progettata, in termini di numero, tipo e posizione di utensili a disco ed a denti per scavare in presenza di forti eterogeneità, di natura e condizioni dell'ammasso, lungo il tracciato: deve essere in grado di scavare in roccia compatta, degradata, debole, fino a terreno sciolto nelle zone di faglia.

Gli organi di propulsione e contrasto sono costituiti da una o più coppie di piastre le quali vengono spinte dai rispettivi martinetti idraulici (appartenenti al corpo macchina) contro le pareti della galleria (che ovviamente risulta di sezione circolare). Altri, sfruttando l'appoggio della TBM

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ancorata alle pareti, servono a spingere la testa rotante in avanti durante la fasi di scavo.

Per rimuovere il marino dalla camera di scavo sulla periferia della testa rotante sono montate delle tazze che asportano il marino dal fronte. All'interno della camera di scavo sono collocati sistemi quali sollevatori a coclea o a tazze che, attraversando il corpo macchina portano il detrito ai sistemi che servono a trasportare il marino fuori dal portale.

Nel corpo centrale e nella coda di una TBM sono presenti i motori, ed i servizi accessori: trasformatori, serbatoio del fluido idraulico, pompe, organi per la posa dei sostegni della galleria (centine o conci), sistemi di illuminazione, cabina di guida, compressori, ventilatori.

Dietro la TBM è ubicato quello che viene chiamato back-up o back o traino della macchina. Il back è costituito da una struttura che serve ad accogliere il marino proveniente dalla camera di scavo ed i sistemi per il suo trasporto all'esterno. Nel back sono anche ubicati i materiali di approvvigionamento della zona di lavoro (ricambi, additivi, armature, materiali per spritz beton),

Le TBM si dividono in:

- TBM per lo scavo di galleria in roccia: la maggior problematicità sono le modalità di abbattimento della roccia
- TBM per lo scavo di gallerie in terreni sciolti: le maggiori problematicità sono la stabilità dello scavo e del fronte.

Le TBM possono essere inoltre suddivise in

1. TBM aperte

Il ciclo di lavoro è discontinuo e suddivisibile in tre fasi:

- lo scavo per una lunghezza pari alla corsa dei pistoni
- riposizionamento dei gripper
- ripresa dello scavo

Sono costituite da:

- elementi mobili quali la testa di scavo ed il sistema di evacuazione del marino
- elementi fissi che, mediante una o più coppie di gripper che ancorano la TBM alla galleria consentono di contrastare la spinta dei pistoni
- il back che ospita i dispositivi di avanzamento

2. TBM a scudo singolo

Il ciclo di lavoro è discontinuo e suddivisibile in tre fasi:

- lo scavo per una lunghezza pari alla corsa dei pistoni
- riposizionamento dei gripper (pistoni longitudinali che si appoggiano agli anelli di rivestimento)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- ripresa dello scavo

Sono costituite da:

- testa di scavo
- scudo protettivo cilindrico o leggermente tronco conico che contiene i principali componenti della macchina. Lo scudo può essere monolitico o articolato
- un sistema di spinta a pistoni longitudinali interni allo scudo che contrastano contro il rivestimento della galleria

3. TBM a doppio scudo

Il ciclo di lavoro è continuo grazie ad un doppio sistema di spinta che consente alla macchina di avanzare senza aver prima posato i conci di rivestimento:

Sono costituite da:

- testa di scavo
- scudo protettivo cilindrico o leggermente tronco conico che contiene i principali componenti della macchina. Lo scudo può essere monolitico o articolato
- un doppio sistema di spinta costituito da pistoni longitudinali interni allo scudo e da grippers che ancorano la parte di scudo anteriore alle pareti della galleria.

7.2 Emissione di polveri da attività di scavo con TBM: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio

Dal punto di vista della necessità di controllare le emissioni fuggitive di polvere un sistema di scavo TBM può essere scomposto nei seguenti sottosistemi:

- testa di scavo
- sistema di evacuazione dello smarino dalla camera di scavo: è normalmente costituito da un trasportatore a coclea che preleva il materiale dal fondo della camera di scavo in pressione e lo convoglia su una tramoggia connessa ad un primo sistema di trasporto (nella maggior parte dei casi costituito da un nastro trasportatore)
- sistema di trasferimento del materiale evacuato dal primo sistema di trasporto (nastro) al sistema di trasporto principale (nastro o vagonetti)
- sistema di trasporto dello smarino verso l'esterno
- sistema di scarico dello smarino evacuato dalla camera di scavo e trasportato all'esterno in un sistema di stoccaggio

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- sistemi ancoraggio della macchina alle pareti funzionali all'avanzamento della macchina
- sistemi di erezione dei rivestimenti definitivi della galleria
- sistema di ventilazione

In particolare, a sistema avviato, le emissioni di polvere occorrono:

- dal piazzale posto frontalmente al portale:
 1. a causa delle attività che si svolgono su di esso ed a cause del materiale costitutivo del piazzale stesso (vedi Capitolo 3),
 2. a causa dei sistemi di trasporto e scarico nei sistemi di stoccaggio dello smarino evacuato dalla TBM (vedi Capitolo 4),
 3. a causa dei sistemi di stoccaggio del materiale (vedi Capitolo 5);
- dal portale:
 1. a causa della polvere trasportata dalla ventilazione in caso di schema "premente" per effetto:
 - a. dell'immissione di polvere nel flusso di aria da sorgenti dirette ovvero direttamente connesse alle tecnologie presenti in galleria e sulla macchina: sostanzialmente da parte:
 - a1. dei sistemi di scarico dello smarino evacuato dalla camera di scavo alle tramogge di alimentazione dei sistemi di trasporto (principale e secondario),
 - a2. del sistema di trasporto stesso, ovvero, in caso di nastro trasportatore:
 - a2a. per effetto di sollevamento di materiale dalla superficie del nastro in movimento,
 - a2b. dal materiale perso per scuotimento in occasione del passaggio sulle rulliere dalla parte sottostante del nastro ovvero dal tratto "in ritorno";
 - b. dell'immissione di polvere nel flusso d'aria da parte di sorgenti indirette ovvero della polvere formata lungo la base della galleria dopo l'erezione dei conci e risollevata da parte dei mezzi d'opera su di essa transitanti (sostanzialmente i sistemi di trasporto materiali: conci, additivi, etc):
 2. a causa della polvere persa dai sistemi di ventilazione in caso di schema "premente-aspirante" ed in caso di settaggio con portata aspirata inferiore a quella fornita,
 3. a causa dei sistemi di evacuazione dello smarino in uscita dal portale,
 4. a causa di malfunzionamenti negli stadi di abbattimento delle polveri collettate dal sistema di ventilazione in caso di schema di tipo "premente-aspirante".

In **tabella 7.1** sono elencate le possibili soluzioni di mitigazione ordinate per tipologia di approccio

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Elenco e classificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili al controllo delle emissioni di polveri da operazioni di scavo con TBM.	
Classificazione	Soluzione
<i>Approcci pre primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2 ▪ utilizzo di tecniche di "wet suppression" per la <u>bagnatura</u> del materiale nelle fasi lavorative precedenti l'attività
<i>Approcci primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2 ▪ scelta della tipologia di TBM ▪ confinamento dei punti di trasferimento materiale dalla camera di scavo
<i>Approcci secondari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ sistemi di ventilazione e sistemi di abbattimento polveri anche con utilizzo di acqua nebulizzata ▪ cattura mediante sistemi ad aspirazione localizzata della polvere aerodispersa generata ▪ raccolta delle torbide di acqua prodotte

Tabella 7.1

7.3 Soluzioni di mitigazione per scavo con TBM classificabili come approcci pre primari

7.3.1 Approcci pre primari – utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2:

<i>Approcci pre primari</i>	conoscere la tendenza alla aerodispersione di materiali lavorati corretta scelta degli utensili sollecitanti e controllo del loro stato di degrado
-----------------------------	---

7.3.2 Approcci pre primari – bagnatura del materiale

Per un maggior approfondimento sulla bagnatura e sulle tecniche e tecnologie possibili, si veda quanto riportato in Appendice 1. Si rammenta tuttavia che, come è noto, l'utilizzo di sistemi a spray d'acqua ha due obiettivi:

- la cattura della polvere aerodisperse
- la bagnatura della superficie del materiale comminuito

Come è noto la maggior parte delle particelle di polvere create durante la comminuzione di un materiale non viene rilasciata in aria ma rimane adesa alla superficie del materiale comminuito. Nel momento in cui un materiale che deve essere manipolato (caricato e trasportata) viene

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

prodotto da una attività, ubicata a monte del punto di manipolazione, che prevede comminazione del materiale:

- una adeguata bagnatura della superficie del materiale comminuito è molto importante in sede di tecniche pre primarie di contenimento della polverosità poiché assicura che le particelle di polvere rimangono incollate sulla superficie del materiale;

Un ruolo chiave è sicuramente l'utilizzo di un sistema che bagni in modo uniforme il flusso di materiale comminuito generato, ma ancora più importante è stabilire quando effettuare questa operazione.

In questo senso è risultato consolidato in letteratura:

- il fatto che l'opzione migliore è bagnare il materiale durante il processo di comminazione o quando un'attività prevede il più alto grado di sollecitazione e miscelazione meccanica del materiale. La conseguenza è un beneficio in merito alla riduzione del tasso di aero dispersione per qualsiasi attività posta a valle del punto di bagnatura,
- il fatto che il miglior grado di uniformità di bagnatura si ottiene utilizzando più ugelli a basso flusso ed assicurandosi che questi siano orientati sul materiale in fase di comminazione piuttosto che sulle parti in metallo della macchina o sulle pareti della galleria o della macchina,
- il fatto che circa le quantità di acqua aggiunte al materiale, un sistema di bagnatura non dovrebbe aggiungere più dello 0,5% in massa di acqua al materiale ovvero circa (1 litro per tonnellata di materiale), si arriva al massimo al 4-5% ed in genere un valore consigliato spesso riscontrato si attesta all'1%.

Altri dati di progetto suggeriti in letteratura, specie quando il materiale scavato viene evacuato mediante nastri trasportatori::

- è meglio erogare 120 litri/minuto agli utensili di scavo piuttosto che 40 litri al minuto in ciascuno dei tre tipici punti di trasferimento dei trasportatori a nastro collocati a valle della macchina di scavo (macchina/nastro al fronte, nastro al fronte/caricatore , caricatore/nastro principale)
- è meglio erogare acque in prossimità degli utensili di taglio di una fresa a tamburo piuttosto che erogarla mediante spray ad alta pressione (operanti anche a 35 bar) dai lati della macchina per bloccare la polvere aero dispersa emessa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- su una TBM gli spray ubicati alla testa rotante sono molto più efficaci di quelli ubicati sulla corona e quelli ubicati in postazione tale da intercettare lo smarino in caduta sono più efficaci di quelli esterni

7.4 Soluzioni di mitigazione per scavo con TBM classificabili come approcci primari

7.4.1 Approcci primari – utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2:

<i>Approcci primari</i>	monitoraggio delle emissioni di polveri monitoraggio delle condizioni climatiche monitoraggio delle misure di prevenzione e contenimento delle emissioni programmazione delle attività lavorative il più possibile durante eventi di moderata velocità del vento
-------------------------	---

In particolare, per quanto riguarda il **monitoraggio delle emissioni di polvere** in occasione di scavi con TBM (strategie generali e strumenti di misurazione sono descritti e/o elencati nel Capitolo 2) La misurazione delle polveri aerodisperse nell'ambito delle attività di scavo con TBM viene considerato il primo passo da affrontare per poter gestire un problema di diffusione di polveri. La misurazione delle polveri aerodisperse consente di:

- localizzare le sorgenti di polverosità
- verificare lo stato di funzionamento delle sistema di ventilazione
- verificare lo stato di funzionamento dei sistemi di abbattimento delle polveri collettate

La localizzazione delle sorgenti di polverosità è importante giacchè consente di focalizzare dove la maggior parte della polvere si immette nei flussi di aria eserciti dall'impianto di ventilazione.

Infatti la maggior parte della polvere viene generata al fronte, laddove il materiale viene comminuito (in camera di scavo ed in minor misura nel sistema di scarico del materiale evacuato dalla camera di scavo), tuttavia le zone dove il materiale polveroso prodotto può immettersi nei flussi di aria generati dal sistema di ventilazione possono essere molte e possono variare.

In conclusione la letteratura internazionale in materia (vedi anche **figura 7.2 e 7.3**) suggerisce, come punto di partenza, vengano fatte misure di polverosità e di velocità/portata di aria almeno nei seguenti punti della galleria:

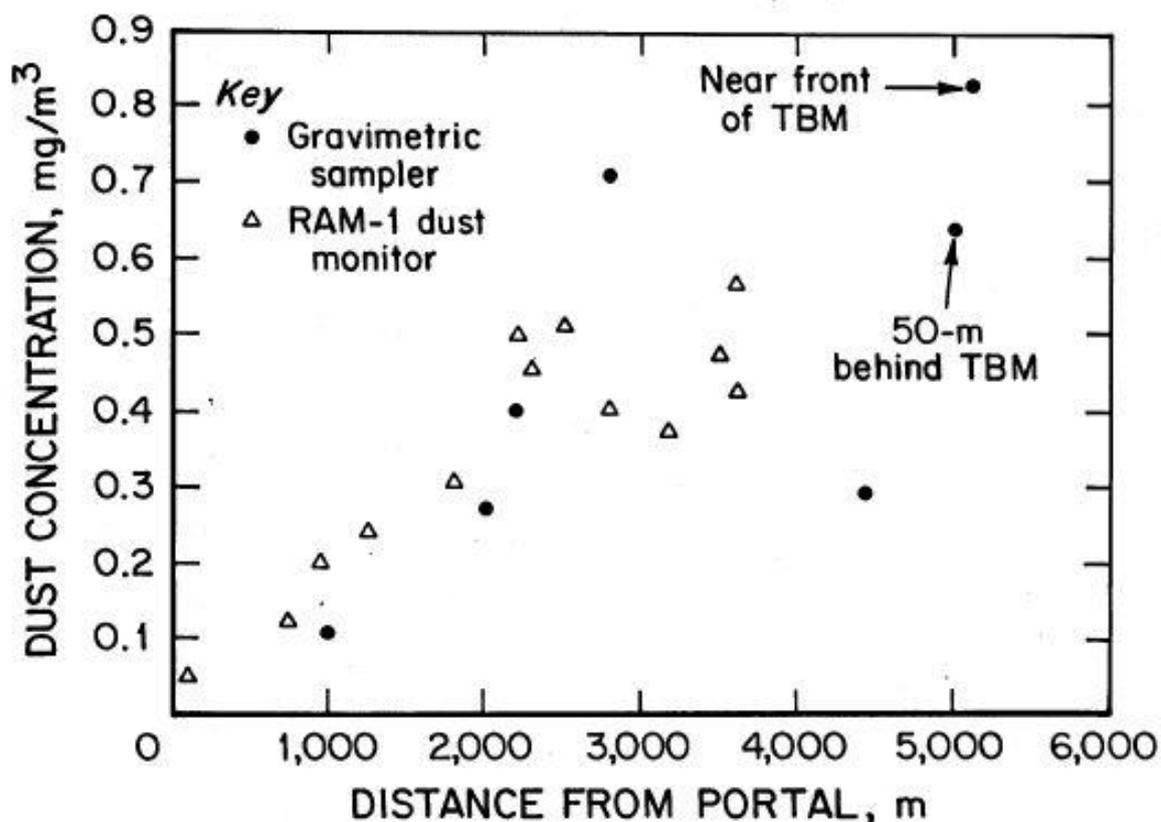
1. al portale o alla base del pozzo di ingresso

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2. in una postazione collocata ad un terzo della distanza tra il portale e la TBM
3. in una postazione collocata a due terzi della distanza tra il portale e la TBM
4. nella parte posteriore dei sistemi di avanzamento a circa 20 metri in direzione del portale
5. a metà del sistema di avanzamento
6. davanti al sistema di avanzamento
7. nella parte frontale della TBM dove vengono installati i rivestimenti
8. in corrispondenza dei punti di carico del materiale sul sistema di trasporto
9. all'uscita di ogni condotto di ventilazione se ubicato all'interno della galleria.

Le misurazioni possono essere condotte sia mediante attrezzature che prevedono misurazione indiretta con analisi gravimetrica del testimone di campionamento sia mediante sistemi di misurazione diretta con attrezzature real time.

Risultati di una procedura di misurazione condotta in un tunnel scavato con TBM e sistema di ventilazione aspirante. Sia i campionamenti gravimetrici sia quelli in modalità real time sono stati condotti ad intervalli regolari in varie postazioni. La maggior parte della polvere entra nel flusso di aria (in questo caso portato verso il fronte) tra il portale e i sistemi di avanzamento a causa di perdite dal nastro trasportatore.



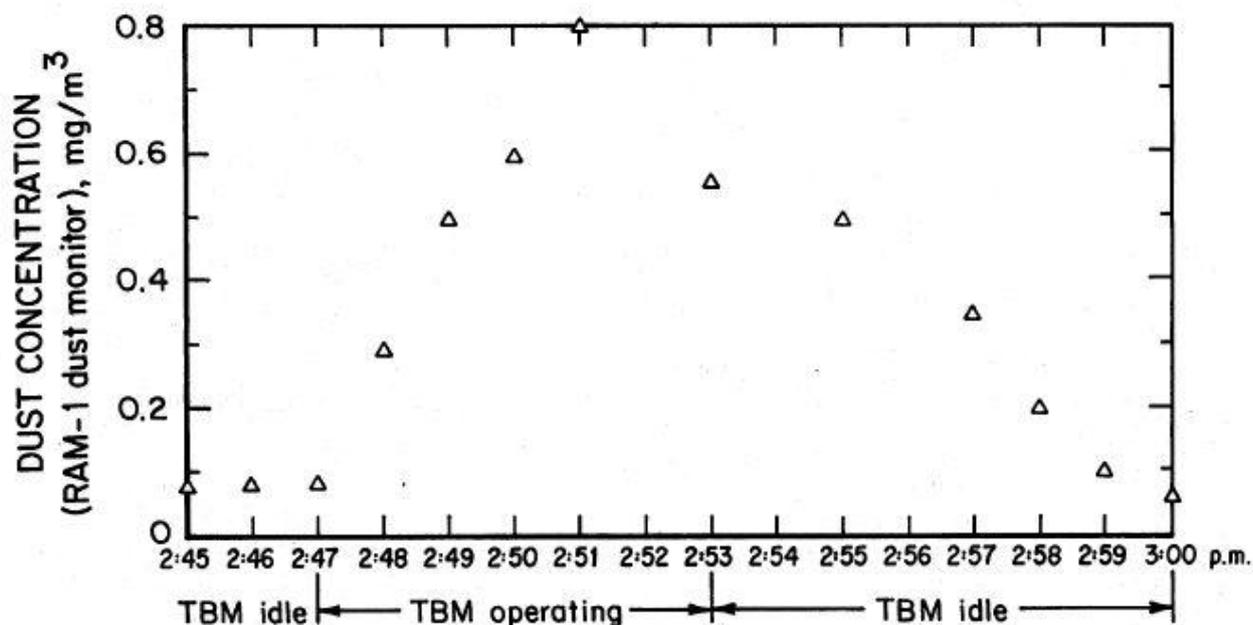
Fonte: NIOSH - "Handbook for dust control in mining"

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE</p>		<p><i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc</p>	<p><i>Rev.</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

Figura 7.2

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

Misure volte a quantificare una sorgente di polverosità identificata in prossimità della testa di scavo. La concentrazione di polvere cresce, con un leggero ritardo, in corrispondenza dell'inizio delle operazioni di scavo e decresce quando queste si interrompono.



Fonte: NIOSH - "Handbook for dust control in mining"

Figura 7.3

7.4.2 Approcci primari – scelta della possibile tipologia di TBM

Dal punto di vista della necessità di prevenire la dispersione delle polveri nei flussi di aria ventilati in galleria o di prevenirne la dispersione negli ambienti interni della macchina (da cui possono essere nuovamente aerodisperse o comminute e aerodisperse) la scelta della tipologia di TBM gioca un ruolo importante. In Appendice 1 sono brevemente elencate e descritte le principali tipologie di macchine. Il massimo grado di confinamento dell'ambiente interno ventilato della TBM rispetto alle pareti della galleria e rispetto al flusso di materiale scavato evacuato è garantito dalle TBM di tipo:

- Hydroschild: scudate e con flusso di materiale evacuato in circuiti idraulici chiusi
- EPB: scudate e con flusso di materiale evacuato condizionato con additivi

In **tabella 7.2 ÷ 7.5** vengono riassunte le principali caratteristiche di alcuni modelli di TBM con particolare riguardo al problema dispersione polveri

**RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE**

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

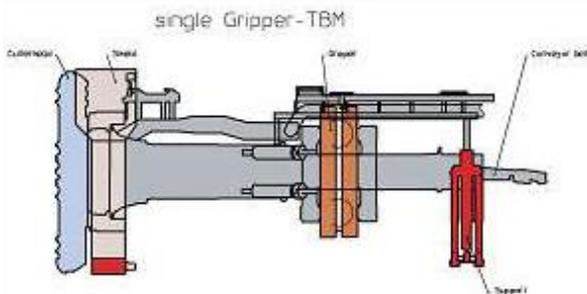
F0

Data

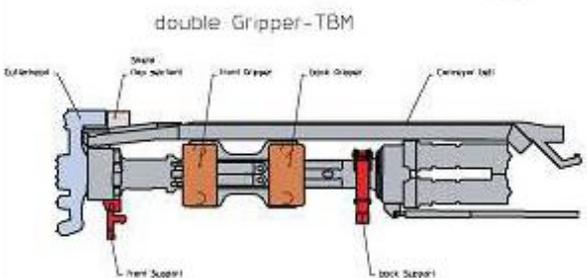
20/06/2011

Caratteristiche generali di una TBM di tipo Gripper

<i>Caratteristiche generali</i>	L'evacuazione del materiale avviene mediante utensili raschiatori montati sulla testa fresante che trasferiscono il materiale su una tramoggia di testa connessa a nastro trasportatore. Il nastro evacua il materiale fino al back up e da qui prosegue su mediante nastro principale o treno. Non c'è in generale isolamento (a meno di utilizzare una macchina scudata o doppio scudata): si è a contatto con la roccia. Necessità di minor specializzazione del personale rispetto agli altri tipi di fresa. Si tratta della tecnologia più semplice tra quelle considerate; ove applicabile consente elevate velocità di avanzamento.
<i>Possibilità operative</i>	Qualunque ma impossibilità di lavorare in presenza di forti venute di acqua e difficoltà in presenza di roccia scadente.
<i>Possibili dispersioni</i>	I particolati possono essere dispersi per contatto con la roccia in assenza di scudo od a causa di perdite dal nastro di ricezione del materiale dallo scudo fresante od al trasporto principale
<i>Rendimenti</i>	Sono essenzialmente dovuti al trasporto di materiale più grossolano: pezzatura di 5 - 8 cm in ragione della distanza tra gli utensili di taglio pari a circa 90 mm.
<i>Lunghezza massima</i>	Funzione dei costi per implementare l'evacuazione dello smarino mediante nastro o vagoni.
<i>Aspetti organizzativi</i>	Sono connessi, in caso di utilizzo di nastro trasportatore, alla allocazione del reservoir per l'allungamento del nastro (allocato in galleria o all'esterno). E' necessario un punto di lavaggio accurato dei nastri prima del ritorno alla zona di scavo.
<i>Aspetti manutentivi</i>	Agli utensili della testa fresante ma minori rispetto agli altri tipi di macchina.
<i>Velocità di avanzamento</i>	Da letteratura viene segnalato un avanzamento medio di 300 m/settimana. Sono quelle che possono esercitare la maggior forza spingente.
<i>Possibilità di carotaggio</i>	E' possibile l'effettuazione di carotaggi (come schema Hshield) paralleli e/o mediante schema ad "ombrelli" con sonda perforatrice. L'effettuazione prevede naturalmente dei tempi morti



Single Gripper TBM Ø 9,53 m



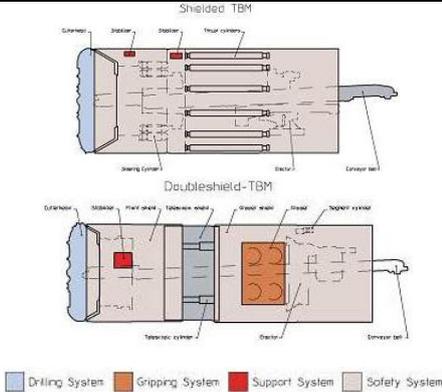
DoubleGripper TBM Ø 9,53 m



Fonte: <http://www.herrenknecht.com/>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tabella 7.2

Caratteristiche generali di una TBM di tipo Open Shield	
<i>Caratteristiche generali</i>	L'evacuazione del materiale avviene mediante utensili raschiatori montati sulla testa fresante che lo trasferiscono su una tramoggia di testa connessa a nastro trasportatore. Il nastro evacua il materiale fino al back up e da qui prosegue su nastro principale o treno. Il rivestimento della galleria viene effettuato mediante installazione di conci. La pressione è dovuta al moto di avanzamento della macchina e dalla forza esercitata sulla testa fresante (mediante pistoni). Non lavora in presenza di fanghi, la lavorazione avviene a secco con irrorazione di acqua per abbattere la polvere. E' possibile ancora un certo isolamento del fronte fino all'ingresso della tramoggia – inizio nastro trasportatore (il punto di scarico tramoggia-nastro può essere isolato). Il materiale abbattuto è a grana grossa con possibilità di analisi visiva. Necessità di minor specializzazione del personale rispetto agli altri tipi di fresa. Costo della realizzazione dei conci. Limite operativo di produzione dovuto alla necessità di installare i conci. Risolvibile (con aumento dei costi) utilizzando una fresa doppio scudata: una parte lavora al montaggio dei conci (grippaggio sui conci per l'avanzamento) una parte produce (grippaggio sulle pareti della galleria per l'avanzamento). Consente il trasporto di materiale a grana grossa
<i>Possibilità operative</i>	Qualunque ma impossibilità di lavorare in presenza di forti venute di acqua e difficoltà in presenza di roccia scadente.
<i>Possibili dispersioni</i>	I particolati possono essere dispersi per: perdite dal nastro di ricezione del materiale dallo scudo fresante perdite dovute al trasporto mediante treno o nastro principale nel back up.
<i>Rendimenti</i>	Sono essenzialmente dovuti al trasporto di materiale più grossolano: pezzatura di 5 ÷ 8 cm in ragione della distanza tra gli utensili di taglio pari a circa 90 mm.
<i>Lunghezza massima</i>	Funzione dei costi per implementare l'evacuazione dello smarino mediante nastro o vagoni.
<i>Aspetti organizzativi</i>	Sono connessi, in caso di utilizzo di nastro trasportatore, alla allocazione del reservoir per l'allungamento del nastro (allocato in galleria o all'esterno). E' necessario un punto di lavaggio accurato dei nastri prima del ritorno alla zona di scavo.
<i>Aspetti manutentivi</i>	Agli utensili della testa fresante ma minori rispetto agli altri tipi di macchina.
<i>Velocità di avanzamento</i>	Da letteratura viene segnalato un avanzamento medio di 150 m/settimana. Le prestazioni sono ancora simili a quelle di una fresa EPB a causa della necessità di installare i conci
 <p style="text-align: center;">Shielded TBM Ø 4,56</p>	 <p style="text-align: center;">Double Shield TBM Ø 3,8 m</p> <div style="text-align: right;">  </div>
<p>Fonte: http://www.herrenknecht.com/</p>	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 7.3

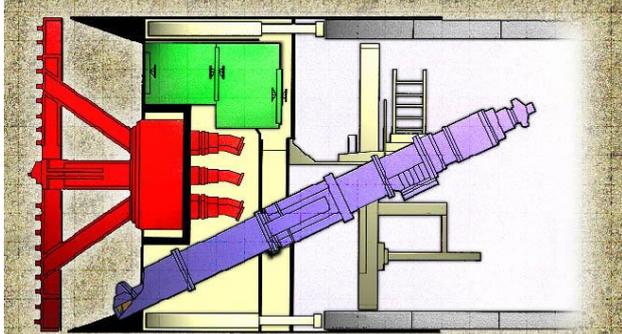
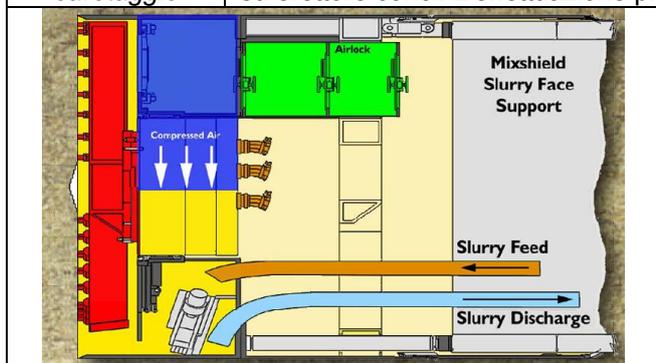
Caratteristiche generali di una TBM di tipo Earth Pressure Balance Shield - EPB	
<i>Caratteristiche generali</i>	Testa fresante in pressione derivante dal bilancio della forza esercitata dai fanghi ingresso (acqua, schiuma, polimeri, bentonite), della spinta della macchina e della pressione dei fanghi in uscita. La pressione dipende anche dalle condizioni di riempimento della camera di scavo. L'evacuazione del materiale scavato dalla camera di scavo avviene mediante coclea che scarica su nastro trasportatore. Il trasporto all'esterno del tunnel può avvenire sia mediante treno sia mediante nastro trasportatore. La camera di scavo può essere isolata fino al punto terminale della coclea.
<i>Possibilità operative</i>	Sono quelle di una TBM classica: versatilità su ogni tipo di terreno e roccia.
<i>Possibili dispersioni</i>	I particolari possono essere dispersi per: perdite dal nastro di ricezione del materiale dalla coclea pescante dalla camera di scavo; perdite dovute al trasporto nel backup della macchina mediante treno o nastro principale.
<i>Rendimenti</i>	Sono essenzialmente dovuti all'utilizzo dei fanghi a base di schiuma, acqua, polimeri o eventualmente bentonite. Aumentano nel caso di utilizzo di nastro tubolare chiuso.
<i>Lunghezza massima</i>	Illimitata in funzione dei costi per implementare l'evacuazione dello smarino mediante nastro o vagoni.
<i>Aspetti organizzativi</i>	Sono connessi, in caso di utilizzo di nastro trasportatore, alla allocazione del reservoir per l'allungamento del nastro (allocato in galleria o all'esterno). E' necessario un punto di lavaggio accurato dei nastri prima del ritorno alla zona di scavo.
<i>Velocità di avanzamento</i>	Da letteratura viene segnalato un avanzamento medio di 50 ÷ 100 m/settimana con una produzione di 100 ÷ 150 m ³ /h di materiale.
<i>Possibilità di carotaggio</i>	E' possibile l'effettuazione di carotaggi paralleli e/o mediante schema ad "ombrelli" con sonda perforatrice montata su erettore dei conci. L'effettuazione prevede naturalmente dei tempi morti
	
Fonte: http://www.herrenknecht.com/	

Tabella 7.4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Caratteristiche generali di una TBM di tipo Hydroschild	
<i>Caratteristiche generali</i>	Testa fresante in pressione (massimo 13 bar) per mezzo della forza esercitata da una bolla d'aria compressa (regolazione al 1/10 di bar) agente sui fanghi in ingresso. I fanghi vengono addotti ed evacuati con lo smarino mediante circuito separato a condotte chiuse. Necessita di un impianto di separazione fango-smarino tanto più complicato quanto più il materiale estratto è fine. Gli svantaggi sono legati ai costi per la realizzazione dei conchi, per il trasporto idraulico, per l'utilizzo di fanghi per l'impianto di separazione fango-smarino esterno, per la specializzazione del personale, per lo stoccaggio del materiale fangoso.
<i>Possibilità operative</i>	Evoluzione della fresa Slurry - Shield (pressione esercitata da fanghi in ingresso e avanzamento macchina). Può operare con teste fresanti adatte a varie tipologie di rocce e terreni: per terreni incoerenti, per situazioni miste, per rocce dure. E' in grado di operare su sezioni dell'ordine dei 100 m ² .
<i>Possibili dispersioni</i>	I particolati possono essere dispersi per: perdite di smarino e fango dalle condotte. spargimento di materiale nell'impianto di separazione fango-smarino.
<i>Rendimenti</i>	Derivano essenzialmente dal trasporto idraulico dei fanghi e dei fanghi e dello smarino o dalla possibile perdita di fanghi in eventuali sistemi di fratture nelle rocce scavate.
<i>Lunghezza massima</i>	In letteratura sono citate applicazioni per lo scavo di tunnel di lunghezza massima di 7 km.
<i>Aspetti organizzativi</i>	Trasporto idraulico mediante tubi telescopici (moduli di 6m, a formare un elemento di L max 12m). I tubi vengono trasportati su treno assieme a conchi e cemento. Il montaggio di un successivo elemento prevede il bypass del circuito di testa con ricircolo interno del fango: tempi morti.
<i>Aspetti manutentivi</i>	Necessaria agli utensili della testa fresante (tanto più frequente quanto più alta è la pressione esercitata) ed alle guarnizioni per il mantenimento della pressione.
<i>Velocità di avanzamento</i>	Da letteratura viene segnalato un avanzamento medio di 50 ÷ 100 m/settimana con una produzione di 100 ÷ 100 m ³ /h di materiale.
<i>Possibilità di carotaggio</i>	Possibile effettuazione di carotaggi paralleli e/o ad "ombrelli" (HS6) con sonda montata su erettore conchi. L'effettuazione prevede tempi morti.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Fonte: <http://www.herrenknecht.com/>

Tabella 7.5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.4.3 Approcci primari – confinamento dei punti di trasferimento del materiale dalla camera di scavo

Uno dei punti di massimo rischio di dispersione polveri è quello in cui lo smarino evacuato viene caricato sul primo sistema di trasporto e da questo a quello principale

Le tipologie di sistemi di evacuazione dello smarino dalla camera di scavo possono essere diverse una delle possibili è un sollevatore a coclea. Anche i sistemi di trasporto possono essere continui o discontinui e, per conseguenza, i punti di trasferimento del materiale possono o meno essere costituito da tramogge o da tramogge dosatrici.

Nella maggior parte dei casi i due sistemi di trasporto sono costituiti da un nastro trasportatore.

La polvere dispersa nel punto di trasferimento tra sollevatore e coclea, tramoggia e nastro non necessariamente costituisce una emissione diretta dal portale, ciò avviene se lo schema di ventilazione è di tipo premente, se le velocità dell'aria sono tali da trasportare fuori dal portale quote parte della polvere dispersa e se lungo il cavo non sono presenti sistemi di abbattimento.

Il confinamento totale del punto di trasferimento del materiale dalla camera di scavo al primo nastro trasportatore ed il confinamento totale del punto di trasferimento del materiale dal primo nastro trasportatore a quello primario sono interventi annoverabili tra gli approcci primari di prevenzione della dispersione di polveri.

Le tipologie di confinamento utilizzabili sono trattate nella scheda relativa ai nastri trasportatori così come le modalità di confinamento dell'intero tratto di nastro in galleria o la scelta di un nastro trasportatore chiuso.

Occorre tuttavia sottolineare che questi sistemi sono strettamente connessi alla tipologia del materiale trasportato e dal suo grado di condizionamento.

In **figura 7.4** sono riportate misurazioni di polveri inalabili (in blu) e respirabili (in rosso) condotte con attrezzatura di misurazione posta in posizione fissa all'interno di una TBM EPB con nastro trasportatore aperto. I valori sono espressi in mg/m^3 di aria giacchè le misurazioni si riferivano a controlli sulle dispersioni di polveri nei confronti della valutazione delle esposizioni di lavoratori in galleria. Nel capitolo 1 è stata discussa la differenza tra convenzioni granulometrico aerodinamiche relative agli ambienti di lavoro ed a quelli di vita. In estrema sintesi si può affermare, con un livello di approssimazione piuttosto alto, che le curve granulometrico – aerodinamiche che caratterizzano il PM10 possono essere assimilate alla convenzione sanitaria e di misurazione che definisce le polveri toraciche. Tale convenzione è compresa tra quelle che definiscono la polvere inalabile e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

quella respirabile.

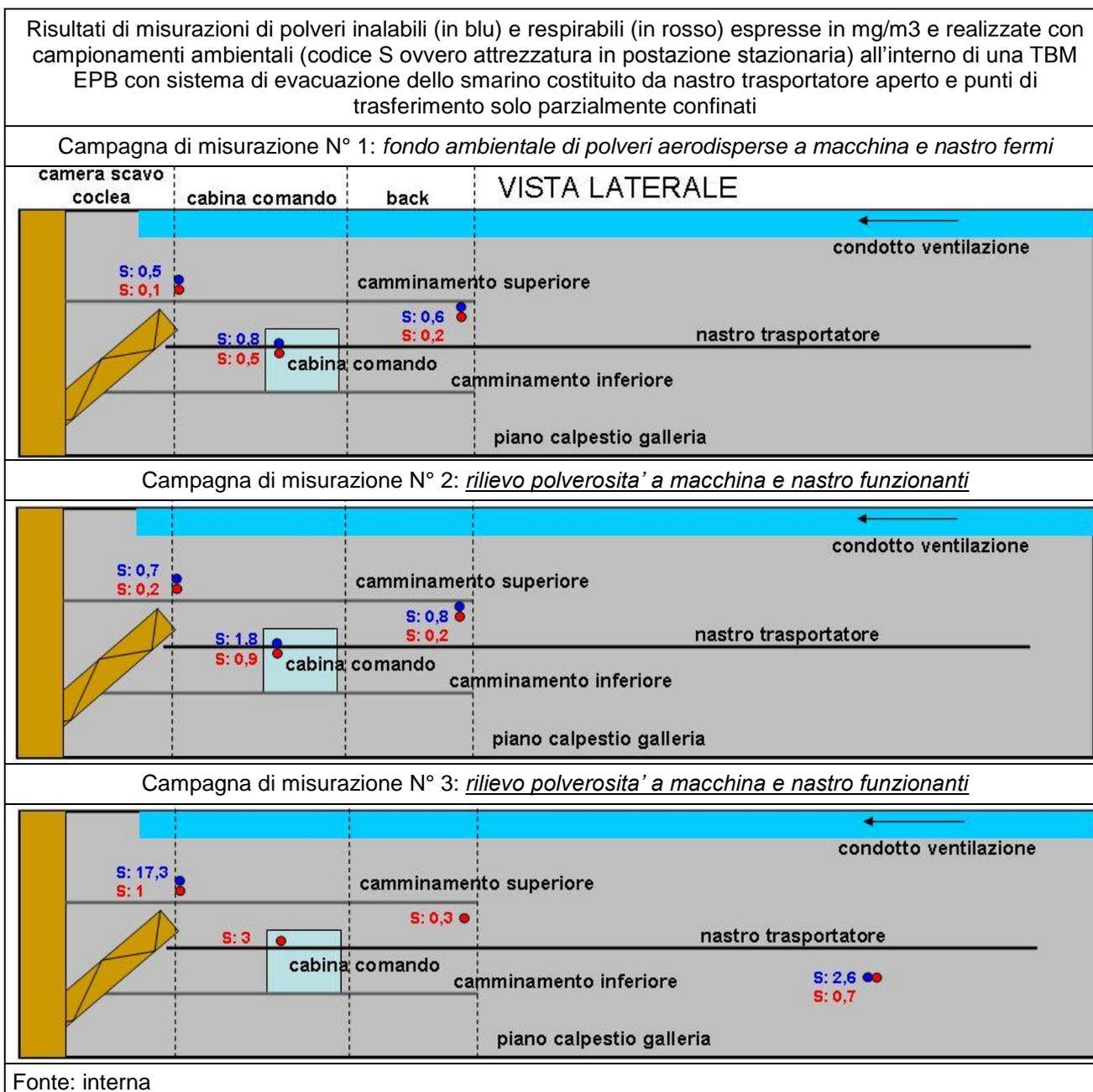


Figura 7.4

In caso di TBM EPB e materiale in stato fangoso trasportato mediante nastro trasportatore aperto si possono riportare le seguenti considerazioni desunte da misurazioni di tipo diretto:

- le maggiori differenze si notano nella zona del punto di trasferimento del materiale dal

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sollevatore a coclea ai nastri trasportatori e nella zona prossima alla cabina di comando ubicata a poca distanza dal punto di trasferimento stesso

- nel back della macchina, dove il nastro trasportatore corre su percorso rettilineo e privo di punti di singolarità le differenze tra la situazione a macchina ferma e macchina in funzione sono molto modeste. In questa zona inoltre è stata rilevata una bassa influenza della ventilazione premente con velocità dell'aria appena apprezzabili da anemometri a ventolino ed a filo caldo.
- nell'ultima campagna è stato possibile anche effettuare due misurazioni in una postazione ubicata a circa metà strada tra il back della macchina ed il portale evidenziando come le polveri trasportate dalla ventilazione premente verso il portale si attestano a livelli di concentrazione non trascurabili

7.5 Soluzioni di mitigazione per scavo con TBM classificabili come approcci secondari

7.5.1 Approcci secondari – sistemi di ventilazione e sistemi di abbattimento polveri

Vista la tipologia di sorgenti di polverosità presenti in una TBM una delle possibilità di gestione delle stesse (in particolare dopo opportuna gestione delle sorgenti mediante metodi primari) comporta l'utilizzo di sistemi di ventilazione. In Appendice 2 vengono descritte le principali tipologie di sistemi di ventilazione e di abbattimento polveri utilizzabili in galleria in presenza di scavi con TBM.

7.5.2 Approcci secondari – utilizzo di acqua nebulizzata per abbattimento polveri

In Appendice 1 vengono descritti obiettivi, tecniche e tecnologie per l'abbattimento polveri mediante acqua nebulizzata (wet suppression). In ogni caso gli obiettivi di queste tecniche sono due:

Gli obiettivi delle tecniche di "wet suppression" mediante sistemi a spray d'acqua sono due:

- prevenire che la polvere si liberi e si aero disperda mediante bagnatura o meglio lavaggio del materiale che la contiene o su cui è depositata
- abbattere una nube di polvere che si è aero dispersa da una sorgente intervenendo sulla nube stessa mediante un getto di acqua (o acqua ed additivi) nebulizzato ad una certa velocità ed orientato in modo da occupare un certo volume di aria intorno alla sorgente. Il

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

meccanismo di abbattimento deriva dalla collisione tra le goccioline costituenti la nebbia di acqua e quelle costituenti la nube di polvere.

Le applicazioni possibili nell'ambito dello scavo con TBM di impianti di bagnatura o di nebulizzazione sono:

- in camera di scavo con ugelli per la bagnatura con l'obiettivo di bagnare il materiale mentre questo viene frantumato
- ai lati della camera di scavo con ugelli nebulizzatori (ad acqua, ad acqua ed aria, ad acqua atomizzata) per contenere le eventuali dispersioni di polveri
[ovviamente il problema non si pone per le TBM che operano in camera di scavo in presenza di fanghi ed additivi per fluidizzare il materiale e consentirne una migliore evacuazione.]
- nei punti di trasferimento del materiale dai sollevatori a coclea ai sistemi di trasporto
[questa applicazione viene descritta nelle schede che trattano il problema polveri nell'ambito delle tecniche di trasporto con nastri trasportatori]
- negli abbattitori ad umido connessi ad impianti di aspirazione o di ventilazione premente con abbattitore posto prima del ventilatore
[questa applicazione è stata descritta nel precedente paragrafo]
- nelle sezioni di gallerie in presenza di ventilazione premente per trasformarle in veri e propri abbattitori ad umido

Per quest'ultima applicazione la tipologia di ugelli utilizzati (per esempio di tipo full cone ma con elevate pressioni dell'acqua esercita) deve operare in modo da realizzare gocce di dimensioni decisamente piccole 5-10µm giacchè il campo aerodinamico granulometrico dei particolati che riescono a viaggiare con le portate di aria normalmente presenti in caso di ventilazione premente a metà tra TBM e portale è molto piccolo.

In particolare si vedano in Appendice 1, per quanto riguarda i sistemi di abbattimento, quelli relativi alle cortine nebulizzatrici per l'abbattimento in galleria e dei cannoni nebulizzatori per quanto riguarda gli abbattimenti al portale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8 Perforazioni e trivellazioni per abbattimento, geognostica ed attività di scavo

8.1 Emissione di polveri da attività di perforazione e trivellazione: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio

Per perforazione o trivellazione si intende la realizzazione di fori in un terreno o in una porzione di un ammasso roccioso con macchine manuali od automatizzate, pneumatiche o idrauliche; effettuata:

- a fini esplorativi della natura e delle condizioni del materiale da scavare,
- per la valutazione circa presenza ed entità di riserve minerarie,
- per la realizzazione di una fase lavorativa del processo estrattivo o costruttivo: abbattimenti con esplosivo, fasi di consolidamento di un fronte o di una porzione di terreno da scavare, scavo per pali, micropali, paratie, diaframmi.

Dal punto di vista della possibilità di generare particolati aerodispersi sotto forma di polveri (a causa della comminazione del materiale costitutivo del mezzo perforato fino a dimensioni aerodinamico – granulometriche adatte) occorre distinguere tra:

- perforazioni in roccia o in materiali duri (cemento, calcestruzzo)
- perforazioni o trivellazioni in terreni

Nelle prime l'azione disgregante degli utensili produce sempre uno sfrido, rimosso pneumaticamente o idraulicamente dal foro in esecuzione, costituito essenzialmente da polveri.

Nelle seconde, tra cui le trivellazioni a secco o ad umido o con fanghi bentonitici di terreni per la realizzazione di confinamenti, la natura del terreno consente l'uso di utensili che disgregano meno il mezzo perforato.

- perforazioni a scopo geognostico
- perforazioni con sfrido a perdere

Nel primo caso solo una porzione del foro viene trasformata in sfrido mentre il resto del materiale, sia in caso di perforazione a distruzione sia non, costituisce il testimone di sondaggio e le procedure di sonda hanno tutto l'interesse al massimo recupero di materiale in condizioni indisturbate. In questo senso, anche per ragioni di qualità del processo e quindi di garanzie di rappresentatività del testimone di sondaggio, le tecnologie impiegabili mirano:

- a produrre il minor sfrido possibile (massimizzare la quantità di campione recuperato)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- a evitare che lo sfrido contami il campione recuperato (evitare la commistione tra materiale isolato ad una certa profondità con materiale di sfrido proveniente da altri livelli)
- evitare che il campione recuperato, quand'anche sia costituito da materiale fine di per sé o per la tecnica di scavo adottata (a distruzione), si disperda (sondaggi con tecnica wire – line e carotiere doppio o triplo, in questo caso il testimone di sondaggio esce dalla batteria di aste già fustellato in un contenitore rigido)

In ottica di controllo delle emissioni di polvere si tratta di:

- minimizzare la quantità di polvere prodotta ovvero generare uno sfrido costituito da particelle di dimensioni più grossolane possibili
- in caso di produzione di sfrido di dimensioni compatibili con quelle aerodinamico – granulometriche che isolano il campo delle polveri aerodispersibili si tratta di:
 1. utilizzare tecniche per confinarle all'interno del circuito di evacuazione dello sfrido (che può operare a secco o ad umido)
 2. utilizzare tecniche per abbattele prima del termine del circuito di evacuazione dello sfrido
 3. gestire tecniche e procedure in modo da minimizzare le perdite dal circuito di evacuazione dello sfrido:
 - a. a boccaforo
 - b. a valle del circuito di abbattimento ovvero:
 - a valle della batteria finale di separazione polveri (in caso di evacuazione pneumatica o pneumatica con adduzione di acqua nebulizzata)
 - a valle del circuito di separazione tra il fluido di evacuazione dello sfrido e lo sfrido stesso (in caso di evacuazione dello sfrido idraulica realizzata con acqua, additivi per migliorare la bagnabilità e additivi di sollevamento dello sfrido).

In sotterraneo

Il problema della dispersione ed emissione di polveri dovuto alla aero dispersione del detrito prodotto o spurgato durante attività di perforazione in sotterraneo aggiunge a quanto detto le seguenti considerazioni. La perforazione in galleria è funzionale:

- alle attività di scavo mediante abbattimento
- ad attività di geognostica
- ad attività di realizzazione di consolidamenti

La perforazione funzionale allo scavo o ai consolidamenti viene effettuata solitamente al fronte od in prossimità di esso mediante macchine dotate di spurgo ad umido (wagon drill), lo stesso, per

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ragioni di visibilità del detrito o del testimone, si può dire di quella per scopi geognostici (spesso integrata nel complesso di attrezzature in dotazione alla macchina in caso di scavo con TBM). In questi casi si tratta di gestire opportunamente il recupero e l'evacuazione del detrito prodotto. In ogni caso i dispositivi di perforazione attualmente in uso tendono a confinare la zona a bocca foro. Tuttavia, sia quando tali confinamenti vengono realizzati con sistemi di gestione del detrito spurgato automatizzati in aspirazione ed ancor più quando vengono realizzati con pezzi in gomma recuperati e termo saldati, occorre comunque porre particolare attenzione alle dispersioni a boccaforo e dai sistemi di aspirazione in particolare quando operanti a secco. Il motivo è da addurre al fatto che in prossimità del fronte sono mediamente attivi i sistemi di ventilazione generale che, in caso di schema premente, considerando il fatto che la polvere prodotta dalla perforazione è generalmente molto fine, possono veicolare la polvere prodotta verso altre zone del cantiere con presenza di lavoratori.

Sintetizzando, il problema in sotterraneo coinvolge decisamente problematiche di igiene del lavoro e, solo in un secondo momento, produce emissioni al portale (in caso di ventilazione premente) o allo scarico del sistema di aspirazione (in caso di ventilazione premente – aspirante)

Schema generale di un circuito di perforazione applicato ad una perforatrice manuale

1 compressore 2 riserva di alcol 3 separatore di umidità 4 lubrificatore 5 martello silenziato 6 collettore di polveri Fonte: NIOSH
--

Figura 8.1

A causa della contemporaneità delle lavorazioni presenti, situazione tipica della cantieristica e delle mineraria in sotterraneo, è inoltre molto difficile discriminare, per mezzo di misurazioni (se non condotte con attrezzature real time) l'entità del contributo da parte di una sorgente piuttosto che di un'altra)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In definitiva, in sotterraneo, sarebbe bene operare sempre, sia in una logica preventiva sia in una logica protettiva con sistemi di abbattimento ad umido della polvere prodotta e con sistemi ad umido di spurgo del detrito prodotto.

In **figura 8.1** è rappresentato uno schema semplificato di un circuito di perforazione applicato a una stazione di perforazione manuale a piccola scala in figura **8.2**, **8.3**, **8.4** e **8.5** sono rappresentate alcune tipologie di macchine utilizzate nel campo della perforazione e nella trivellazione per attività di scavo, in **tabella 8.1** sono riassunte le tipologie di soluzioni di mitigazione adottabili ordinate per tipologia di approccio.

Elenco e classificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili al controllo delle emissioni di polveri da operazioni di perforazione e trivellazione.	
Classificazione	Soluzione
<i>Approcci pre primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ conoscere la tendenza alla aerodispersione dei materiali lavorati ▪ corretta scelta degli utensili sollecitanti e controllo del loro stato di degrado
<i>Approcci primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2 ▪ contenere la dispersione di polvere mediante abbattimento ad acqua della polvere generata alla sorgente ▪ minimizzazione della dispersione di polvere mediante procedure di manutenzione delle soluzioni preventive e contenitive implementate
<i>Approcci secondari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ contenere la dispersione di polvere mediante sistemi di captazione mediante aspirazione localizzata ed abbattimento mediante sistemi di filtrazione o di abbattimento ad umido

Tabella 8.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i>	<i>Rev.</i>	<i>Data</i>
		CZ0029_F0.doc	F0	20/06/2011

Perforatrici manuali	
	
Perforatrice manuale con spurgo ad aria ed aspirazione localizzata a boccaforo	Perforatrice manuale con spurgo ad acqua
Fonte: NIS – Network Italiano Silice – Buone Pratiche sottogruppo lapidei	

Figura 8.2

Perforatrici automatizzate	
	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Perforatrice con spurgo ad aria ed aspirazione localizzata a boccaforo	Perforatrice con spurgo ad acqua ed aspirazione localizzata a boccaforo
Fonte: NIS – Network Italiano Silice – Buone Pratiche sottogruppo lapidei	

Figura 8.3

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

Data

20/06/2011

Perforatrici per micro pali - manovre



Perforatrice per la realizzazione di micropali a circolazione diretta di aria ed additivi per la rimozione del detrito: evacuazione del detrito da bocca foro

Perforatrice per la realizzazione di micropali a circolazione diretta di aria ed additivi per la rimozione del detrito: giunzione tra aste

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fonte: interna

Figura 8.4

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

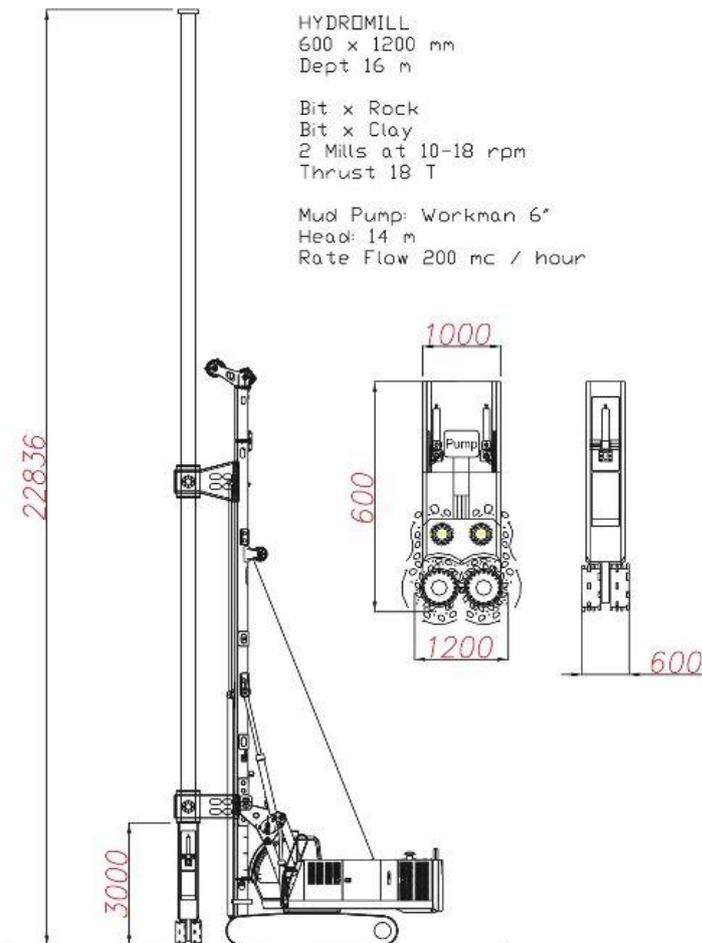
Rev.

F0

Data

20/06/2011

Perforatrice idraulica per paratie



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

		
		
Perforatrice idraulica per la realizzazione di paratie: <ul style="list-style-type: none"> ▪ testa fresante e sostituzione utensili ▪ intestazione scavo ▪ ultimazione dello scavo ed inserimento armature 		Perforatrice idraulica per la realizzazione di paratie: schema
Fonte: http://www.tescar.com/en/node/436		

Figura 8.5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.2 Soluzioni di mitigazione per perforazioni e trivellazioni classificabili come approcci pre primari

8.2.1 Approcci pre primari – soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2:

<i>Approcci pre primari</i>	conoscere la tendenza alla aerodispersione dei materiali lavorati corretta scelta degli utensili sollecitanti e controllo del loro stato di degrado
-----------------------------	--

Oltre alle soluzioni descritte al Capitolo 2 si rammenta che l' utilizzo preferenziale di perforatrici idrauliche rispetto a perforatrici pneumatiche a parità di metri perforati riduce il tempo di occorrenza delle emissioni, data la maggiore efficienza delle prime.

8.3 Soluzioni di mitigazione per perforazioni e trivellazioni classificabili come approcci primari

8.3.1 Approcci primari – utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2:

<i>Approcci primari</i>	monitoraggio delle emissioni di polveri e delle condizioni climatiche monitoraggio delle misure di prevenzione e contenimento delle emissioni programmazione delle attività lavorative il più possibile durante eventi di moderata velocità del vento
-------------------------	---

In particolare, in merito al monitoraggio dello stato di efficienza delle misure di prevenzione e contenimento delle emissioni si ricorda che occorre:

- verificare che le attrezzature (in particolare quelle di captazione, aspirazione ed abbattimento polveri) utilizzate si mantengano secondo le indicazioni date dal fornitore/installatore, in condizioni di lavoro efficienti ed in buono stato.
- sostituire i materiali di consumo (filtri etc.) in conformità alle indicazioni del costruttore.
- verificare periodica dello stato di intasamento degli eventuali ugelli per la generazione di aerosol d'acqua utilizzati

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- effettuare per quanto possibile tutte le operazioni di manutenzione in officina, anche se nelle realtà di cava può essere individuato un luogo appropriato in prossimità dell'area di lavoro,
- evitare di pulire le sonde di perforazione o compressione con aria compressa e, in caso di utilizzo di acqua nebulizzata per la pulizia cercare di farla in luogo protetto dall'effetto del vento.

8.3.2 Approcci primari – contenere la dispersione di polvere mediante abbattimento ad acqua della polvere generata alla sorgente

Si tratta di:

- utilizzare, se possibile nelle condizioni presenti sul luogo di lavoro, di perforatrici con spurgo ad acqua eventualmente addizionata di tensiomodificatori o schiumogeni (per aumentare la capacità di captazione delle polveri prodotte lungo il foro): lo spurgo ad acqua non interviene solo sulla bagnatura dello sfrido <intervento sulla propagazione> ma da' luogo ad una asportazione piu' efficiente dello stesso, con conseguente contenimento delle sovramacinazioni. Si possono utilizzare degli additivi a scopo lubrificante.
- abbinare allo spurgo ad acqua un agente schiumogeno al fine di aumentare la capacità di captazione delle polveri prodotte lungo il foro. Tale soluzione è sicuramente applicabile alle perforatrici meccaniche, mentre è raramente utilizzata nelle perforatrici manuali;
In genere l'efficienza connessa a questa tipologia di sistemi è del 91-96% sull'abbattimento della polvere respirabile (fonte NIOSH) rispetto ad un sistema a spurgo ad aria e privo di aspirazione. L'utilizzo di agenti schiumogeni (**figura 8.7**) o di additivi per aumentare la bagnabilità delle polveri fornisce qualche margine ulteriore in termini di efficienza tuttavia il vantaggio è legato in particolare ad una maggior capacità penetrante della attrezzatura di perforazione ed una minor usura degli utensili.
- utilizzare sistemi che addizionano acqua al flusso di aria compressa per evacuare il detrito da fondo foro. L'acqua viene forzata, utilizzando l'aria compressa, all'interno della batteria di aste fino agli utensili di perforazione e ritorna indietro, attraverso lo spazio tra aste e pareti del foro. In genere l'efficienza connessa a questa tipologia di sistemi varia tra l'86 ed il 96% , rispetto ad un sistema a spurgo ad aria privo di aspirazione, in funzione del tipo di perforazione effettuata. Circa le quantità di acqua aggiunte al materiale, un sistema di bagnatura non dovrebbe aggiungere più dello 0,5% in massa di acqua al materiale ovvero

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

circa (1 litro per tonnellata di materiale), si arriva al massimo al 4-5% ed in genere un valore consigliato spesso riscontrato si attesta all'1%..

- verificare che il sistema di adduzione o le riserve d'acqua siano appropriate e che siano costantemente mantenute. Durante i periodi freddi occorre proteggere il dispositivo dal congelamento.

Approfondendo l'argomento, i sistemi di perforazione ad umido pompano acqua nell'aria spurgata dal foro prelevandola da un serbatoio montato sulla perforatrice. Le gocce di acqua, nell'aria spurgata intercettano le particelle di polvere mentre viaggiano all'interno dello spazio anulare del foro in esecuzione

Il consumo di acqua dipende dalla dimensione del foro in esecuzione, dall'attrezzatura, dal livello di umidità nel terreno di copertura. Viene regolato mediante una valvola ed un flussometro dall'operatore in cabina o a consolle giacchè se l'utilizzo di flussi ridotti può inficiare l'efficacia del sistema, l'utilizzo di flussi eccessivi può creare problemi operativi (ossessiva usura dell'utensile triconico e possibile grippaggio delle aste: un tagliente umido è indice di eccessivo utilizzo di acqua).

Il punto ottimale di funzionamento si stabilisce aumentando progressivamente il flusso di acqua fino a che dal foro non sono più visibili emissioni di polveri fuggitive. Andare oltre non genera alcun miglioramento nel controllo della polverosità.

In ogni caso si parla di un range di consumi di acqua che oscilla tra 1 ÷ 10 dm³/min.

Per quantificare meglio il problema i dati NIOSH (esempio di un foro di 20 cm di diametro) affermano:

- a 0,8-1 l/min un 20% di efficienza
- tra 1 ÷ 2,3 l/min un il maggior aumento di efficienza
- a 4,5 – 4,9 l/min un 96% di efficienza
- da 3,8 dm³/min sono stati osservati problemi operativi in termini di usura degli utensili (50% di tempo di vita in meno) e difficoltà nei movimenti di rotazione.

Per risolvere questi problemi esistono sistemi di separazione e ri-nebulizzazione dell'acqua iniettata nell'aria lungo le aste (**figura 8.6**). L'acqua viene ri nebulizzata nei fori di sfogo presenti su un collettore anulare posto subito sopra l'utensile di perforazione. L'efficienza di rimozione delle polveri sale (98% a 4,9 l/min) e con essa il tempo di vita degli utensili (4 volte in termini di lunghezza perforabile).

Durante i climi freddi l'intero sistema di nebulizzazione di acqua deve essere riscaldato e nei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

periodi di fermo il sistema deve essere drenato.

Per un maggior approfondimento sulle tecniche e le tecnologie di nebulizzazione si veda quanto riportato in Appendice 1.

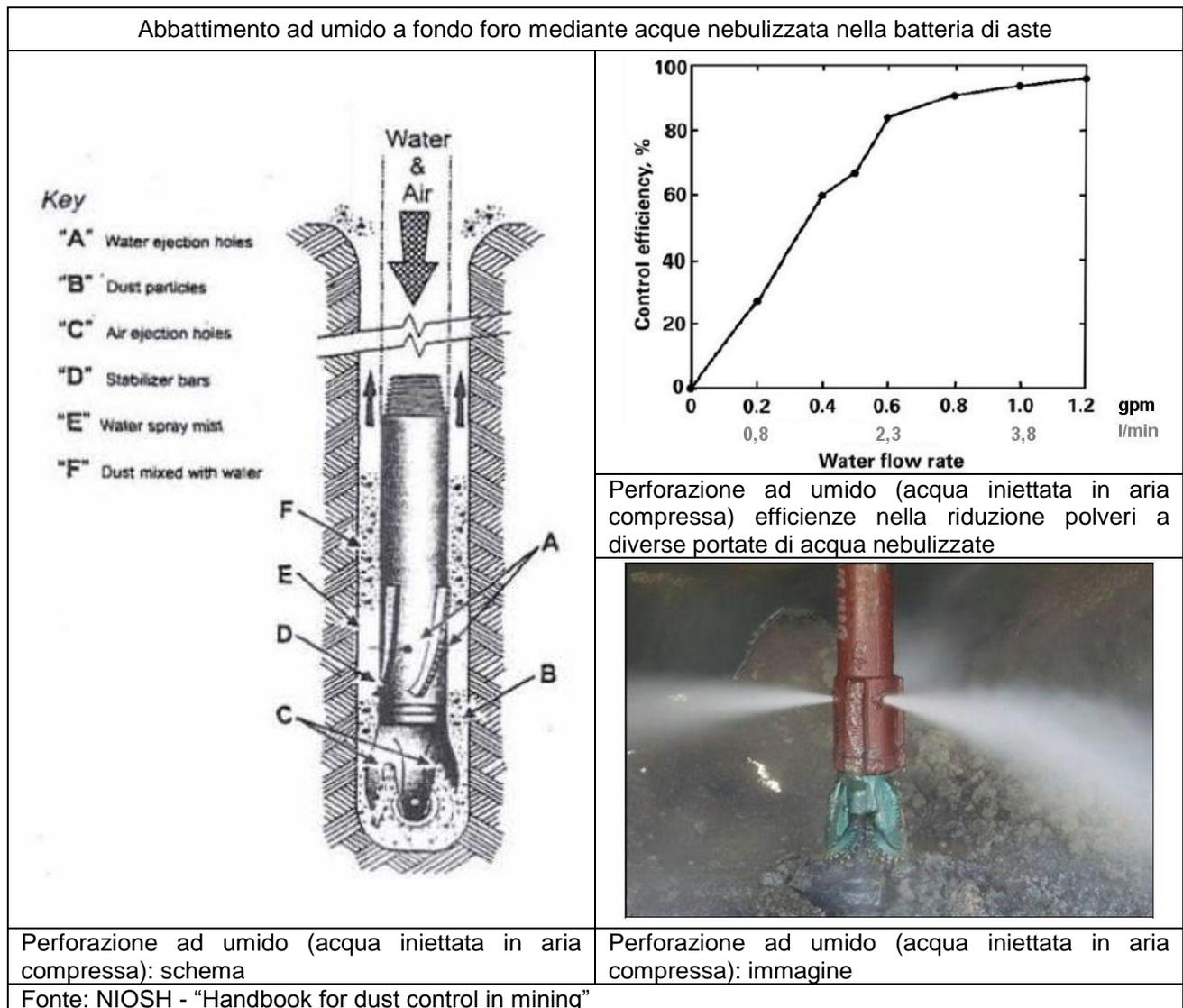


Figura 8.6

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i>	<i>Rev.</i>	<i>Data</i>
		CZ0029_F0.doc	F0	20/06/2011

Perforatrici per micro pali additivi e spurgo detrito con additivi



Perforatrice per la realizzazione di micropali a circolazione diretta di aria ed additivi per la rimozione del detrito: schiumogeni e stabilizzanti iniettati

Perforatrice per la realizzazione di micropali a circolazione diretta di aria ed additivi per la rimozione del detrito: evacuazione del detrito da bocca foro

Fonte: interna

Figura 8.7

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.4 Soluzioni di mitigazione per perforazioni e trivellazioni classificabili come approcci secondari

8.4.1 Approcci secondari – contenere la dispersione di polvere mediante sistemi di captazione mediante aspirazione localizzata ed abbattimento mediante sistemi di filtrazione o di abbattimento ad umido

In alternativa o in abbinamento alle soluzioni citate al paragrafo 8.3.2 un'altra soluzione per ridurre la polverosità dispersa implica la captazione della polvere secca attraverso un sistema di aspirazione localizzato connesso ad un idoneo sistema di abbattimento (es. filtri a maniche / cicloni / scrubber od abbattitori ad umido). I sistemi di captazione ed aspirazione localizzate collocati a boccaforo sono applicabili sia alle perforatrici meccaniche sia a quelle manuali;

Se si utilizza questa soluzione occorre porre molta attenzione al contenitore di raccolta finale delle polveri abbattute dal circuito di captazione mediante aspirazione, posto di norma alla scarico di un ciclone o di un filtro a maniche; in presenza di malfunzionamenti è frequente la dispersione al suolo incontrollata della polvere abbattute e pertanto la costituzione di una ulteriore fonte di polverosità secondaria (da questo punto di vista i sistemi di stoccaggio rigidi e chiusi danno maggiori garanzie di affidabilità rispetto a quelli non rigidi)

Approfondendo l'argomento I sistemi di abbattimento a secco della polvere derivante da operazioni di perforazione richiedono un confinamento intorno alla zona dove l'asta di perforazione entra nel terreno. Il confinamento può essere realizzato anche semplicemente appendendo un riparo in gomma od in tessuto sulla parte sottostante del supporto delle aste di perforazione.

Il confinamento viene poi connesso mediante un sistema di condotte ad uno stadio di aspirazione ed abbattimento.

La depressione creata nel confinamento serve per catturare la polvere in uscita dal foro di perforazione. La polvere viene fermata nello stadio di abbattimento e l'aria pulita scaricata attraverso il ventilatore ed i sistemi di filtrazione finale.

L'occorrenza di emissioni fuggitive attraverso questa tipologia di sistema è da imputarsi alle seguenti ragioni:

- le connessioni del confinamento al supporto delle aste di perforazione sono usurate (28%);
- il buco di accesso delle aste al supporto di perforazione (24%),
- lo scarico della polvere collettata dallo stadio di abbattimento (38%)
- l'efficienza del sistema e quindi la polvere ancora presente a valle del ventilatore

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- il fatto che durante il sollevamento delle aste e la loro sostituzione il circuito di aria compressa (per perforatrici pneumatiche) può essere ancora funzionante;

Identificare il problema non è difficile: laddove si hanno perdite visibili di polveri è presente anche polvere respirabile o PM₁₀.

L'integrità del confinamento ed in particolare quanto venga ben calato sul terreno è la criticità più importante per l'efficienza del sistema:

- il volume confinato sotto il supporto delle aste di perforazione dal confinamento deve essere almeno 1,8 volte il volume del foro. La lunghezza e la larghezza del confinamento dovrebbero essere almeno pari a 2,5 volte la sua altezza.
- la depressione statica presente all'interno del confinamento deve essere almeno pari a 50 Pa (5 mm colonna d'acqua)
- il rapporto tra la portata d'aria aspirata e quella in uscita dal foro e quindi attraverso le aste di perforazione deve essere almeno di 3:1, massimo 2:1 a sistemi di filtrazione carichi prima della fase di pulizia o di sostituzione. Il rapporto portata d'aria aspirata/portata di aria compressa a cui si sono osservati i migliori risultati è 8:1.
- il confinamento dovrebbe aderire al suolo il massimo spazio permesso tra confinamento e suolo con un rapporto portata aspirata/portata immessa di 3:1 è di 15 – 20 cm

Se aumenta lo spazio tra confinamento e suolo il rapporto portata aspirante/portata immessa non è più sufficiente per la cattura della polvere emessa

Durante la perforazioni talvolta è necessario sollevare l'asta di perforazione per i seguenti motivi:

- operazioni di pulizia delle aste
- operazioni di controllo stratigrafico
- sostituzione aste

In questi casi il franco tra confinamento e suolo può essere difficile da rispettare. In ogni caso il criterio è di mantenerlo minimo. Cause di inefficienza per la raccolta della polvere possono inoltre essere dovute a buchi nel confinamento e cattiva unione delle parti costituenti il confinamento. Questo, solitamente, è usualmente fatto, vista la rettangolarità di molti supporti di perforazione, da 4 pezzi di gomma separati (**figura 8.8**). E' importante sigillarli bene utilizzando delle sagome apposte da sigillare agli angolo

Altre tipologie di confinamenti (**figura 8.8**) sono invece connesse al supporto di perforazione con due bande circolari in acciaio. Quella più bassa serve a mantenere la forma del confinamento a dargli peso e è connessa tramite due cavi di sollevamento ai cilindri idraulici della perforatrice. Il

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

confinamento può essere sollevato fino ad aderire al supporto durante le operazioni di movimentazione e centraggio della perforatrice. E' costituito da sottili fogli di gomma sagomati in modo che il confinamento abbia una forma vagamente conica. Il confinamento ha inoltre una parte apribile per accedere ai taglianti per operazioni di pulizia.

Un altro punto di dispersione è la zona di connessione tra confinamento, aste e tavola di supporto tra le stesse. Per evitare queste dispersioni sono stati pensati ed utilizzati collettori anulari con ugelli per l'erogazione di aria ad elevata velocità. Orientati verso il confinamento cercano di impedire fuoriuscite di aria polverosa dal confinamento e dalla piastra di supporto e passaggio del sistema di aste.

Per risolvere questi problemi ed anche per avvicinare il punto di aspirazione al foro sono stati inventati e sono in commercio (**figura 8.9a e b**) confinamenti in gomma speciali a geometria circolare privi di giunzioni ad angolo più facilmente sollevabili ed abbassabili al suolo e quindi capaci di garantire una maggior tenuta.

I valori di efficienza osservati durante l'uso raggiungono il 99% rispetto ad un 95% raggiunto usando confinamenti a geometrie tradizionali.

I sistemi a secco necessitano di manutenzione i malfunzionamenti (**figura 8.10**) osservati attengono a:

- rottura o slittamento cinghie dei ventilatori del sistema di aspirazione
- perdita di materiale del confinamento
- cattiva aderenza al suolo e perdita di polvere dalla parte più bassa del confinamento dovuta a pendenza ed irregolarità del suolo
- fughe dalle guarnizioni delle aste al termine della batteria di perforazione
- fughe dai collettori di polvere a monte dei ventilatori a causa di lacerazioni negli stessi
- problemi nei sistemi di stoccaggio delle polveri raccolte e scaricate al suolo da altezza di circa 1-1,5 m

Manutenzione significa:

- sostituzione di guarnizioni e filtri nei tempi indicati dal produttore
- contenitori di raccolta delle polveri collettate rigidi, chiusi e appoggiati al suolo

Quando questi problemi sono stati risolti l'efficienza di cattura, giunta a valori del 57% è salita all'88%. Per un maggior approfondimento sulle tecniche e le tecnologie di ventilazione mediante sistemi aspiranti ed abbattimento delle polveri a secco ed ad umido si veda l' Appendice 2.

Confinamenti a bocca foro realizzati con pezzi di recupero

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

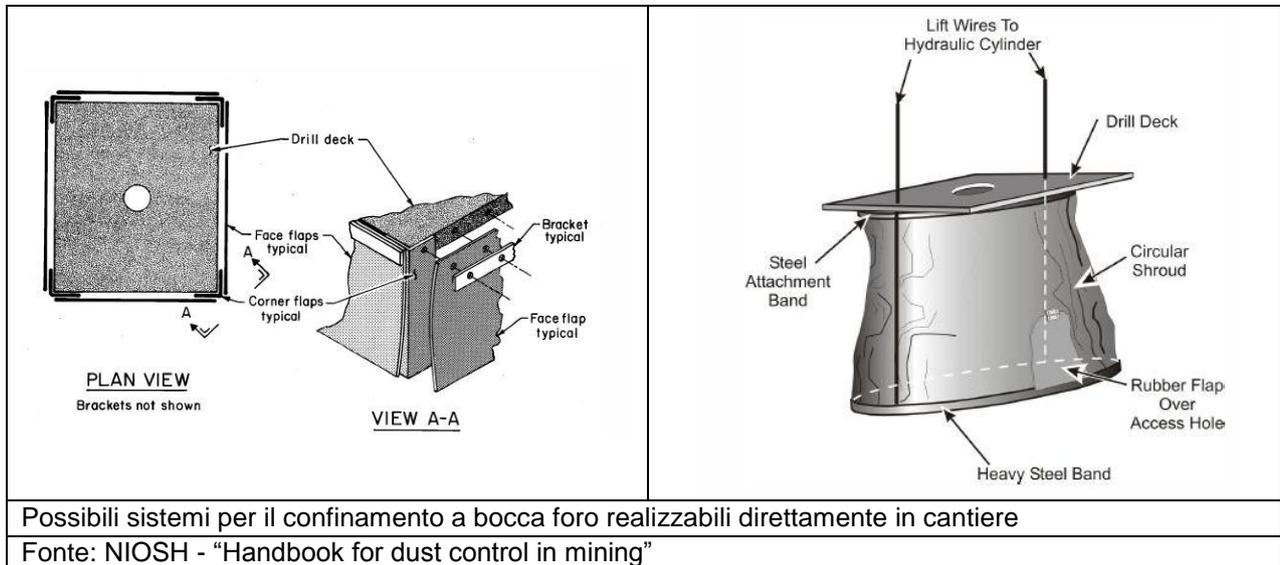
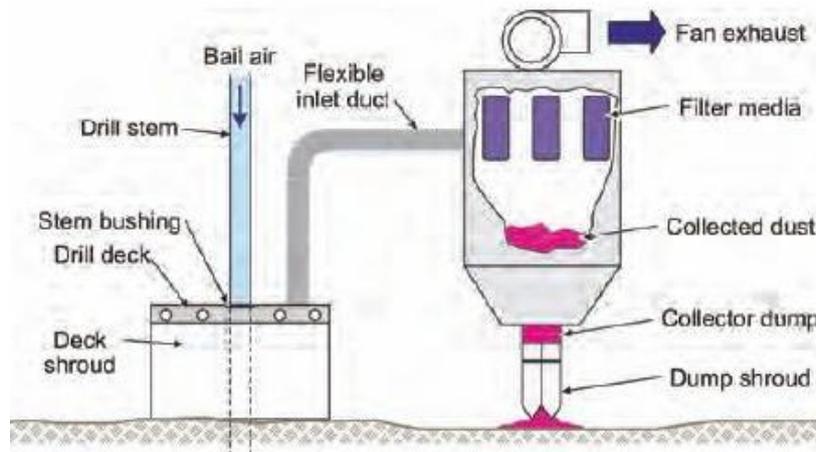


Figura 8.8

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sistemi per la captazione polveri mediante aspirazione ed abbattimento a secco – schemi e immagini



Schema generale di un circuito di captazione ed abbattimento a secco della polvere generata da una perforatrice, idraulica o pneumatica, con spurgo del detrito "a secco".
Il sistema filtrante è mediamente composto da più stadi: pre filtro, filtro e filtro finale.



dispersione polveri a bocca foro da una perforatrice idraulica a spurgo detrito pneumatico in assenza di sistema di captazione polveri



cappa aspirante connessa all'asta di perforazione e calabile a bocca foro per una perforatrice idraulica a spurgo detrito pneumatico

Fonte: NIOSH – "Handbook for dust control in metal non metal mining" e interne

Figura 8.9a

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

Data

20/06/2011

Sistemi per la captazione polveri mediante aspirazione ed abbattimento a secco –immagini



cappa aspirante calata a bocca foro durante la perforazione

Sistema di abbattimento a secco delle polveri captate da una perforatrice: ciclone (prefiltro) e filtro a cartucce filtranti. Scarico del captato non confinato



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 8.9b



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 8.10

8.4.2 Approcci secondari – abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute e fuggitive

Una soluzione per ridurre la polverosità (per ora applicabile solo alle perforatrici automatizzate) dispersa prevedere l'utilizzo di un sistema di generazione di aerosol montato a bordo con getti focalizzati nelle zone di generazione della polvere (es. boccaforo).

I dati NIOSH in letteratura citano, circa l'utilizzo di sistemi di nebulizzazione esterni per gestire le dispersioni di polvere dovute a perforazione a secco un 'efficienza del 25% circa. Occorre tuttavia domandarsi posizione, tipologia di ugelli, tipo di frammentazione in gocce raggiunta e quantità di acqua erogata.

I sistemi tuttavia sono molteplici si passa da nebulizzazione effettuata con lance nebulizzatrici utilizzate manualmente a sistemi più complessi quali collettori ad anello dotati di ugelli nella parte

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

interna. Questi ultimi sono connessi alla batteria di perforazione e sono calati sul foro in esecuzione e orientati sulle aste giusto fuori dal foro. In letteratura (nessuna informazione sui consumi) si segnalano efficienze del 75-85%.

Altre tipologie di sistema sono ugelli ubicati all'interno dei confinamenti di boccaforo (**figura 8.11**) ed anch'essi orientati verso l'uscita del foro in esecuzione. In letteratura, per questa tipologia di sistemi viene segnalata un'efficienza del 50% comparata ai soli sistemi a secco.

Vale tuttavia il principio che, usando solo sistemi di nebulizzazione esterni:

- il materiale non viene bagnato prima di essere perforato né, durante la fase di perforazione. E' noto che, per i materiali fragili, la maggior parte della polvere prodotta rimane adesa alla superficie dei detriti più grossolani di materiale. Per evitare l'aerodispersione di polvere il lavaggio del materiale durante la fase di frantumazione è importantissima.
- viene consentita la produzione e l'aerodispersione della polvere prima che il materiale frantumato sia bagnato
- vi è pochissimo tempo e spazio per miscelare aria polverosa e goccioline di acqua

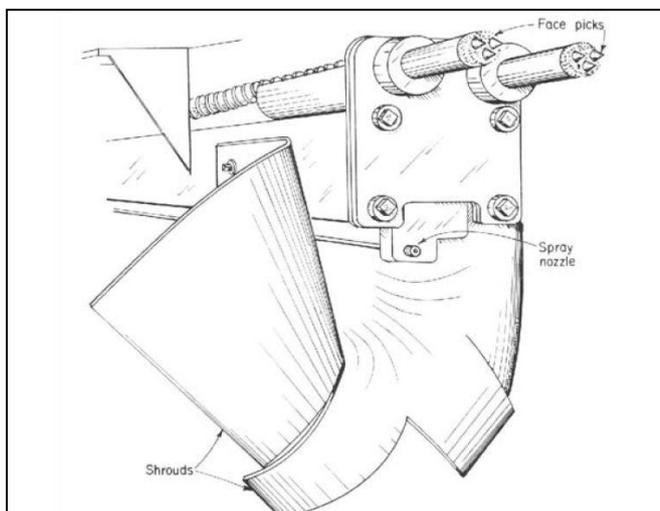
In conclusione questi sistemi sono consigliati per:

- maggior controllo in combinazione con perforazione ad umido con nebulizzatori interni
- come emergenza durante le fasi di sostituzione delle batteria di aste o di giunzione tra vari tronconi di asta

Per un maggior approfondimento sulle tecniche e le tecnologie di nebulizzazione si veda quanto riportato in Appendice 1 ed in particolare, circa la produzione di aerosol mediante sistemi esterni alla attrezzatura di perforazione / trivellazione si veda il paragrafo dedicato ai cannoni nebulizzatori.

Sistemi di abbattimento della polvere dispersa mediante nebulizzatori esterni

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Braccio di una perforatrice dotato di confinamento in profili in gomma e ugello di nebulizzazione esterno orientato a boccaforo	Sistema di nebulizzazione di acqua a boccaforo utilizzando lancia erogatrice ed ugello orientati manualmente
Fonte: NIOSH - W.R. Reed, and ot. - Summary of NIOSH research completed on dust control methods for surface and underground drilling	Fonte: C.J. Dusek, J.M. Yetman Control and prevention of asbestos exposure from construction in naturally occurring asbestos – Fairfax County Health Department – Virginia - US

Figura 8.11

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9 Abbattimento con esplosivi

9.1 Attività e macchine

Rispetto agli obiettivi del presente allegato la trattazione dell'abbattimento con esplosivi non potrebbe essere esaustiva giacché troppe sono le casistiche, le tecniche, le tecnologie ed i materiali per l'esecuzione di abbattimento con esplosivi. Rispetto al problema della dispersione di polveri fuggitive possiamo sintetizzare l'abbattimento con esplosivi in due casi assolutamente non esaustivi:

- volate per abbattimento funzionali all'avanzamento in galleria e realizzate ovviamente in sotterraneo,
- volate di splitting per una semi frantumazione funzionale all'evacuazione di materiale in caso di demolizioni per scapitozzature, realizzate ovviamente all'aperto.

9.2 Emissione di polveri da attività di abbattimento con esplosivi: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio

Circa il caso in sotterraneo, dal punto di vista della dispersione di polveri fuggitive, riferendoci ad un avanzamento a regime e quindi ad una situazione in cui il fronte di scavo è già ad una certa distanza dal portale in modo tale che gli effetti diretti dell'esplosione non lo interessino, il fenomeno dispersivo è legato:

- alla quota parte di polvere dispersa dall'esplosione che esce dal portale per conseguenza dei fenomeni di spinta legati all'esplosione stessa
- alla quota parte di polvere dispersa dall'esplosione che esce dal portale per conseguenza dello sfumo effettuato con ventilazione premente
- alla quota parte di polvere dispersa dall'esplosione sedimenta in gallerie, viene ri-aerata dispersa dal passaggio dei mezzi o da altre cause ed esce dal portale perché viene catturata e trasportata dalla ventilazione premente

Circa il caso in superficie il problema emissivo è dovuto alla nube di aerodispersi che si forma per conseguenza dell'esplosione e si disperde per effetto del vento.

In **figura 9.1** viene raffigurato (fonte NIOSH) l'andamento della concentrazione di polveri respirabili rilevato da un campionatore real time posto a circa 600 m dal fronte abbattuto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In **tabella 9.1** sono elencate le soluzioni utilizzabili per il controllo delle emissioni di polveri fuggitive da operazioni di abbattimento con esplosivo suddivise per tipologia di approccio.

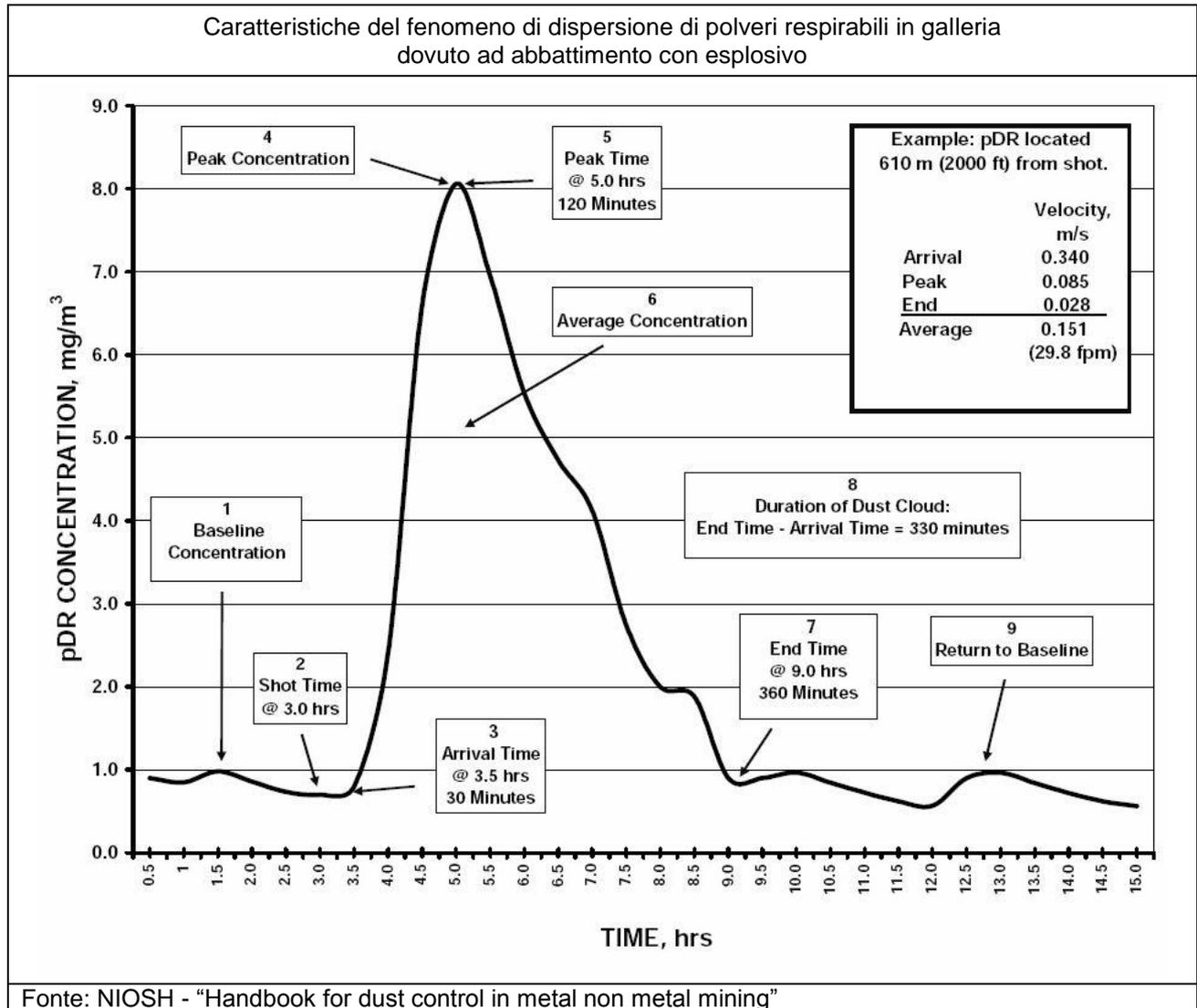


Figura 9.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Elenco e classificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili al controllo delle emissioni di polveri da operazioni di abbattimento con esplosivo	
Classificazione	Soluzione
<i>Approcci pre primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo di tecniche di <u>bagnatura</u> del materiale mediante infusione di acqua o acqua e schiume nelle fasi lavorative precedenti l'attività
<i>Approcci primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2 ▪ utilizzo di elementi topografici naturali o di dune argini, cancellate, piantumazioni per la protezione del vento ed in genere utilizzo di protezioni antivento ▪ dimensionamento della volata ed accorgimenti in fase di volata ▪ scelta del borraggio ▪ bagnatura dell'area intorno alla volata prima della volata stessa
<i>Approcci secondari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ sfumo con ventilazione premente non fatto subito dopo la volata ▪ sfumo con ventilazione premente ▪ sfumo effettuato con booster fan e ventilazione aspirante ▪ abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute e fuggitive

Tabella 9.1

9.3 Soluzioni di mitigazione da attività di abbattimento con esplosivi classificabili come approcci pre primari

9.3.1 Approcci pre primari – bagnatura per infusione del materiale

Si tratta, sia in sotterraneo sia in superficie di iniettare acqua, dopo l'esecuzione dei fori da mine e sfruttando gli stessi, nelle fratture del materiale, per imbibire la porzione di materiale da abbattere. In particolare si tratta di iniettare nel materiale da abbattere acqua e schiume. Per un maggior approfondimento sulla bagnatura e sulle tecniche e tecnologie possibili, si veda quanto riportato in Appendice 1. Il quantitativo di acqua aggiunto al materiale da abbattere dovrebbe essere almeno l'1% della massa del materiale ma migliori effetti si sono osservati, in caso di volate, quando il quantitativo di acqua aggiunta si è attestato al 5%. Nel settore del carbone l'infusione di grandi volumi di acqua attraverso i fori da mina ha avuto per conseguenza (fonte NIOSH) un 50% di riduzione sulla produzione di polveri respirabili.

9.4 Soluzioni di mitigazione da attività di abbattimento con esplosivi classificabili come approcci primari: utilizzo di soluzioni comuni a tutte le attività ed altre soluzioni

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Capitolo 2:

<i>Approcci pre primari</i>	corretta scelta degli utensili sollecitanti e controllo del loro stato di degrado
<i>Approcci primari</i>	monitoraggio delle emissioni di polveri monitoraggio delle condizioni climatiche programmazione delle attività lavorative il più possibile durante eventi di moderata velocità del vento

Si tratta in particolare di ridurre o evitare le demolizioni con esplosivo all'aperto in condizioni di forte vento o in condizioni di vento in direzione favorevole alla dispersione di polveri verso ricettori ubicati nei dintorni.

Ovviamente quando possibile, si tratta di proteggere le zone, all'aperto, interessate da volate, con sistemi per la riduzione degli effetti del vento sfruttando elementi topografici o dune. In parte, quando non danneggiabili dagli effetti della esplosione utilizzo di cancellate e reti antivento.

Sia in sotterraneo sia all'aperto si tratta di utilizzare, quando possibile:

- esplosivi con la minor azione dirompente possibile, per esempio miccia detonante
- ridurre la dimensione e la potenza delle cariche utilizzate nonché la dimensione delle volate
- non confinare o coprire le micce detonanti in caso di loro utilizzo

Per abbattimenti all'aperto, ed in caso di confinamenti delle micce detonanti o comunque di borraggi, occorre inoltre scegliere il materiale con cui effettuare il borraggio: la migliore opzione possibile, ai fini del controllo delle dispersioni di polveri sarebbe quella di procedere, quando possibile, con borraggio ad acqua. Il materiale derivante dalla perforazione, per quanto economico e disponibile, dovrebbe essere usato solo quanto costituito da polveri molto grossolane, in alternativa occorrerebbe, utilizzare prodotti alternativi quali ghiaia fatta da ciottoli ricavati dalla frantumazione di gusci di noci.

La bagnatura dell'area interessata dagli effetti della volata, sia all'aperto sia in sotterraneo, consente:

- di evitare che gli effetti della volata ri aero disperdano particolati generati e sedimentati in occasioni di lavorazioni svolte prima della volata
- di bloccare a terra quotaparte dell'aereo disperso, ciò ha particolare effetto per ridurre la aero dispersione secondaria del particolato sedimentato durante le operazioni successive alla volata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

9.5 Soluzioni di mitigazione da attività di abbattimento con esplosivi classificabili come approcci secondari: ventilazione (premente e/o aspirante) ed abbattimenti ad umido

Per quanto riguarda gli approcci secondari basati sul controllo mediante ventilazione premente o aspirante delle dispersioni di polveri fuggitive da attività di abbattimento con esplosivo si tratta:

- attendere, in caso di sfumo in sotterraneo effettuato con ventilazione premente, che quotaparte del particolato aero disperso sia sedimentato (2 ore in media). L'altra opzione è invece quella di diluire e portar via dal fronte il particolato aero disperso dalla volata il più rapidamente possibile ed abatterlo con le tecniche esposte nel capoverso successivo. In letteratura è segnalato come (fonte NIOSH) il 45% del particolato avente diametro aerodinamico equivalente prossimo a 4 µm (vedi Capitolo 1) si deposita entro 200 m dal fronte. E' stato inoltre misurato un 38% ed un 67% di sedimentazione della polvere respirabile (vedi Capitolo 1) con velocità dell'aria fornita dalla ventilazione premente pari rispettivamente a circa 1,5 m/s e 0,8 m/s. In caso di sfumo effettuato per via naturale su fornelli verticali è stato osservato un 66% di sedimentazione della polvere respirabile entro 150 m di distanza. Ovviamente la polvere sedimentata deve essere bloccata per evitarne la ri-aero dispersione da cui le tecniche di bagnatura preventiva dell'area interessata dalla volata.
- effettuare, in sotterraneo, lo sfumo con ventilatori ausiliari (booster o scavenger fan, **figura 9.2**) posti in prossimità del fronte per il lavaggio del fronte (creazione delle turbolenze necessarie per muovere la polvere in zone interessate dagli effetti della ventilazione primarie) interessato dagli effetti della volata ed utilizzare poi la ventilazione aspirante (o premente) per catturare la polvere di volata mossa dai ventilatori ausiliari per il lavaggio del fronte.

Circa le caratteristiche di schemi di ventilazione premente e/o aspirante si veda quanto riportato in Appendice 2.

In generale per la diluzione e la rimozione controllata di polveri da attività di abbattimento con esplosivi effettuate in galleria occorre creare un movimento di aria a grande scala nel cavo. Tale movimento può essere realizzato utilizzando ventilatore a pale assiali, ventilatori jet-fan oppure propulsori a bassa prevalenza ed alto volume di aria fornito o aspirato. In generale dovrebbero essere posti in modo da massimizzarne l'effetto (flangiati per esempio ponendoli attraverso paratie), con possibilità di utilizzo "dual-mode" e posti in configurazione aspirante. Viste le dimensioni delle gallerie, per ventilare e rimuovere la polvere generata da abbattimenti con esplosivi dovrebbero fornire o aspirare almeno 425.000 m³/h (1,1 m/s di velocità su sezioni di circa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

100 m²).

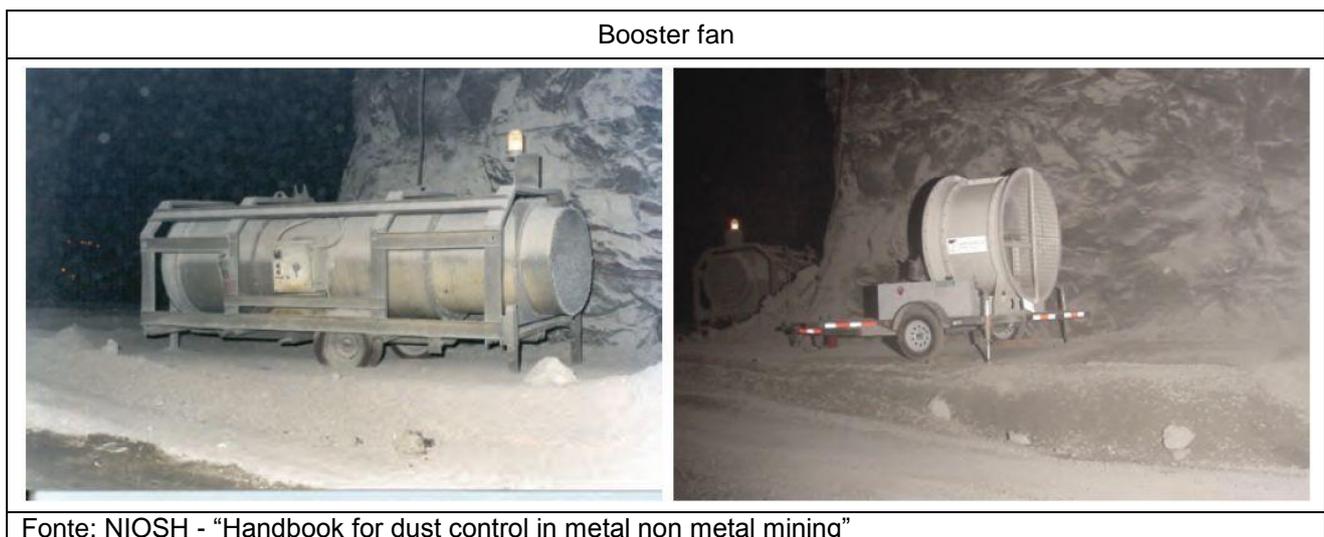


Figura 9.2

Per minimizzare le zone in cui tali velocità minime dell'aria non si realizzerebbero viste le dimensioni è possibile utilizzare riduttori della sezione di gallerie costituiti da semi – cortine o cortine fatte con teli movimentabili agganciati in calotta.

Per quanto riguarda gli approcci secondari basati sull'abbattimento ad umido delle dispersioni di polveri fuggitive da attività di abbattimento con esplosivo si tratta:

- di abbattere la nube di particolato aero disperso dalla volata all'aperto ed in minor misura in sotterraneo, utilizzando sistemi di nebulizzazione noti come cannoni nebulizzatori (vedi Appendice 1) che si possono ubicare in zone anche distanti dalla zona di volata e che possono erogare il getto di acqua nebulizzata sopra alla zona interessata dalla volata stessa;
- in sotterraneo, in caso di ventilazione premente utilizzata anche per lo sfumo, si tratta di attrezzare una sezione del cavo interessata dal trasporto di polvere aero dispersa dalla volata da parte della ventilazione premente con sistemi noti come cortine ad acqua nebulizzata (vedi Appendice 1).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10 Impianti di comminuzione e classificazione granulometrica

10.1 Attività e macchine

Comminuzione

Con il termine comminuzione si intende l'insieme delle operazioni aventi lo scopo di realizzare una riduzione dimensionale e quindi la suddivisione dei corpi solidi: questo riguarda sia la riduzione in frammenti di dimensioni pre determinate di blocchi di roccia, sia l'ulteriore riduzione di una massa di rocce già frantumate.

Le comminuzione si prefigge i seguenti obiettivi generali:

- arricchimento di minerali di prima categoria: liberazione di singole specie mineralogiche e separazione dei minerali utili da quelli sterili
- commerciabilità: riduzione delle dimensioni di una massa di roccia e, mediante classificazione, produzione di gruppi di roccia commerciabili per dimensione: per esempio produzione delle varie classi di inerti (pietrisco, pietrischetto e sabbie) e degli stabilizzati (privi della parte più fine)
- preparazione: rendere un materiale idoneo dal punto di vista dimensionale a successive operazioni industriali: per esempio per il trasporto o l'utilizzo in impianti per la produzione di miscele

La comminuzione si suddivide in una serie di operazioni distinguibili in base all'intervallo dimensionale dei materiali prodotti:

- frantumazione primaria: fino a dimensioni di circa 7,5 - 30 cm
- frantumazione secondaria fino a dimensioni di circa 2,5 - 10 cm
- frantumazione terziaria fino a dimensioni di circa 0,5 - 2,5 cm
- macinazione primaria: fino a circa 0,5 mm
- macinazione secondaria: fino a circa 100 µm
- micronizzazione: fino al micron

La frantumazione si esegue in macchine detta frantumatori (primari o secondari), la macinazione mediante molini.

Ovviamente, per quanto riguarda le attività di cantiere, visti gli scopi della comminuzione, essenzialmente volti a rendere maggiormente trasportabile lo smarino o ad utilizzarlo come aggregato in un eventuale impianto di betonaggio (o ad ottenere campioni rappresentativi di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

smarino per ragioni di caratterizzazione ma in questo caso le operazioni possono anche avere dimensioni di laboratorio specie nelle ultime fasi di ottenimento del campione), interessano soprattutto, dal punto di vista di attività e macchine, quelle impiegate nelle operazioni di frantumazione.

La frantumazione costituisce pertanto il primo stadio quindi di un processo di comminazione, è solitamente un'operazione condotta a secco che sfrutta energia meccanica e energia dovuta allo sfregamento degli elementi di materiale tra loro per ottenere la rottura del materiale alimentato in flusso controllato mediante forze:

- lente di compressione (il materiale viene compresso contro una superficie rigida);
- impulsive di urto (il materiale viene fatto impattare contro superfici dure).

La frantumazione pertanto prepara il materiale ad una successiva fase di riduzione granulometrica (la macinazione) oppure per alimentarlo direttamente alle fasi di classificazione granulometrico o trasporto/stoccaggio (ovviamente riferendoci alla cantieristica civile in superficie e/o in sotterraneo)

I frantumatori tipicamente utilizzati (**figura 10.1 e 10.2**) sono:

- a mascelle - forze di compressione
- giratorio - forze di compressione
- a cono - forze di compressione
- a martelli - forze di urto
- impattatore - forze di urto
- a rulli o cilindraia - forze di urto

Per la frantumazione primaria vengono solitamente usati i frantumatori a mascelle ma anche giratori o conici.

Per la frantumazione secondaria vengono invece solitamente usati sia i frantumatori giratori e conici, sia a martelli ed impattatori. I frantumatori a martelli e gli impattatori utilizzano un dispositivo rotante (i martelli) per spingere il materiale sulla parete di uscita del dispositivo nell'intento di rompere il materiale per conseguenza dell'impatto contro a superficie di uscita.

Il materiale alimentato rimane comunque nel frantumatore (primario o secondario) fino a quando non raggiunge dimensioni sufficientemente piccole da essere scaricato dall'unità.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

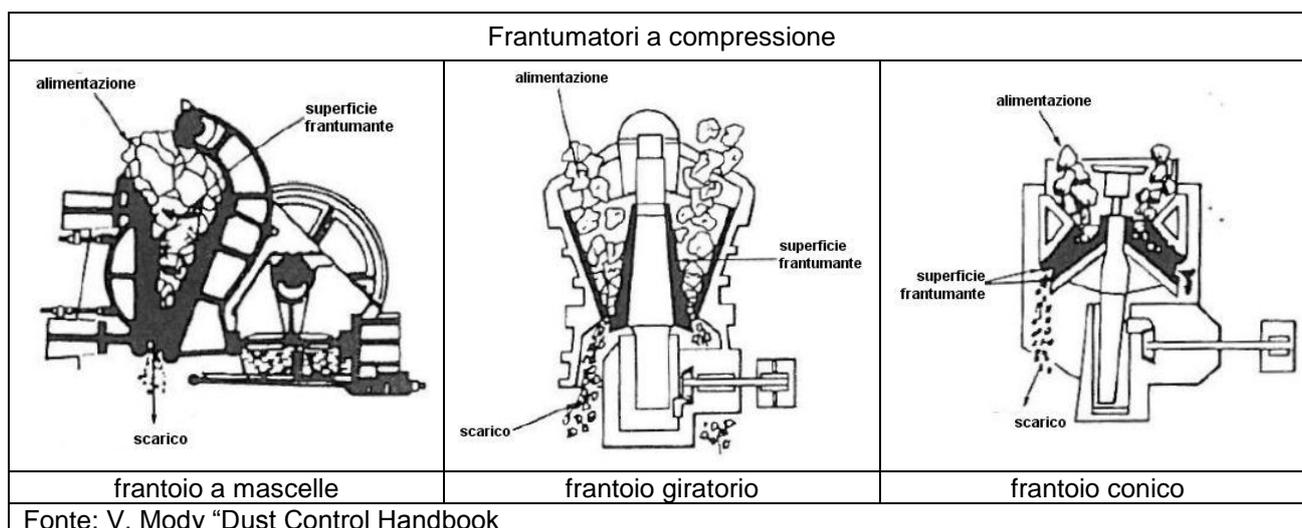


Figura 10.1

La macinazione e la micronizzazione di un materiale, per quanto non interessante le attività di cantiere, è un processo condotto in step successivi di un processo di trattamento di rocce, minerali e smarino, i dispositivi utilizzati sono tamburi cilindrici orizzontali rotanti carichi a barre, palle o ciottoli per macinare il materiale fino alle dimensioni volute.

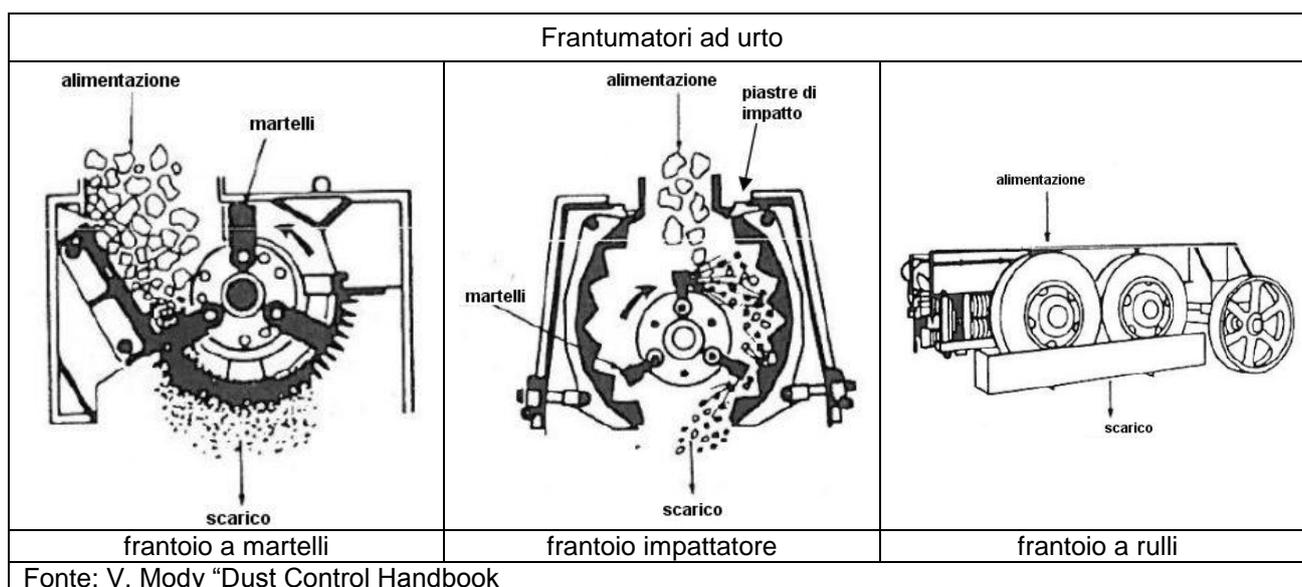


Figura 10.2

Classificazione granulometrica

Nell'ambito delle attività di cantiere la classificazione granulometrica è essenzialmente una

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

vagliatura ovvero una operazione meccanica che separa le particelle sfruttando la loro dimensione e quindi il fatto che possano passare o non passare attraverso le aperture di un vaglio. L'operazione di vagliatura viene realizzata con modalità a tempi che servono:

- a dare a tutti gli elementi costituenti un flusso di materiale un numero equiprobabile di tentativi di passaggio attraverso le maglie di un vaglio: tutti gli elementi devono avere le stesse occasioni di passare attraverso le maglie di un vaglio, ogni elemento di materiale deve avere una serie di occasioni di passare attraverso le maglie di un setaccio in modo che statisticamente possa essere considerato di dimensioni maggiori o minori di quelle delle maglie del setaccio.
- a dare ad ogni elemento di materiale un buon numero di occasioni di passaggio attraverso ciascuna maglia (o foro o elemento selezionatore) del vaglio

L'operazione di vagliatura ottiene due prodotti:

- il sopravaglio costituito dalle particelle di dimensioni statisticamente maggiori di quelle delle aperture del vaglio o del dispositivo di classificazione
- il sottovaglio costituito dalle particelle di dimensioni statisticamente inferiori di quelle delle aperture del vaglio o del dispositivo di classificazione

La vagliatura può essere condotta per via secca o via umida tuttavia la via secca è quella solitamente usata nei cantieri e nei trattamenti minerari (intendendo per via secca non la classificazione ad umido che è operazione di vagliatura per densità e velocità di sedimentazione in acqua o acqua e flocculanti ben diversa dalla vagliatura). Ci sono molte tipologie industriali di macchine per la vagliatura che possono essere suddivise in stazionarie e movimentabili.

Gli obiettivi generali della classificazione granulometrico per vagliatura sono:

- evitare l'ingresso del sottovaglio nel frantumatore (vagliatura di controllo connessa a stadio di by pass in testa alla frantumazione)
- evitare che il materiale non sufficientemente frantumato alle dimensioni volute passi a stadi successivi di macinazione (vagliatura di controllo connessa a stadio di riciclo in coda alla frantumazione)
- produrre materiale in classi ristrette (vagliatura produttiva) e controllate

Le quattro macchine (**figura 10.3**) utilizzate tipicamente per la classificazione granulometrico mediante vagliatura sono:

- le griglie grizzly
- i vagli a scossa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- i vagli vibranti
- i vagli rotanti o vagli "trommel".

I vagli a scossa o vibranti sono i dispositivi più utilizzati nel trattamento di rocce, minerali e smarino per suddividere un materiale secco in differenti classi granulometriche solitamente misurate sulla base delle dimensioni delle maglie e quindi sulla base del numero di mesh (ovvero il numero di maglie per inch lineare). Processando un materiale su griglie aventi diverso numero di mesh montate sullo stesso vaglio si produce un assortimento di sottoprodotti di diversa dimensione granulometrico. Nell'ambito del trattamento di rocce e minerali le dimensioni delle griglie dei vaglia variano da grandi aperture di dimensioni pluri centimetriche a griglie da 400 mesh con apertura della singola maglia di 35 µm.

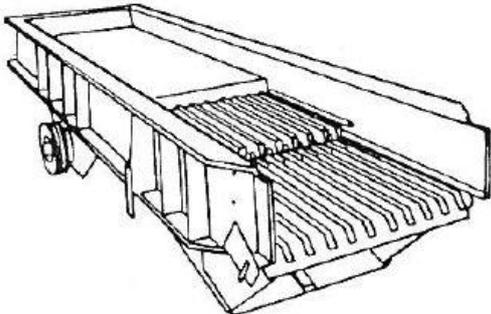
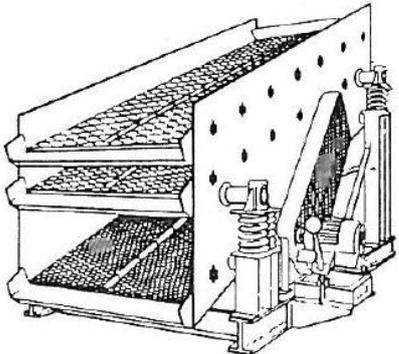
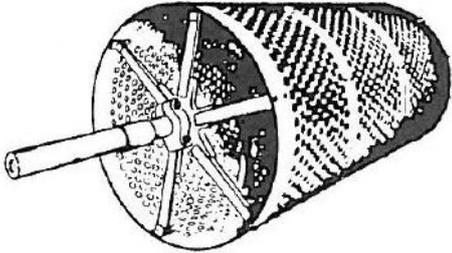
Tipologie di vagli	
	
vaglio a griglie grizzly	vaglio a scosse
	
vaglio vibrante	vaglio rotante o "Trommel"
Fonte: V. Mody "Dust Control Handbook"	

Figura 10.3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.2 Emissione di polveri da impianti di comminazione e classificazione granulometrica: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio

La frantumazione genera polveri. I frantumatori a mascelle, conici e giratori, che utilizzano forze di compressione per disgregare il materiale non generano solitamente grandi quantità di polveri. I frantumatori secondari, che essenzialmente operano la rottura del materiale mediante urti ad elevata velocità, producono una gran quantità di prodotti fini e tra di essi polvere. Quelli che utilizzano essenzialmente forze di compressione producono fini e polveri in maniera proporzionale allo stadio di riduzione, dalla frantumazione primaria a quella terziaria.

Ovviamente la frantumazione è una attività che può produrre emissioni di polveri fuggitive a partire da due sorgenti di polveri localizzate:

- allo scarico di un frantumatore
- alla alimentazione del frantumatore

Qualunque stadio di classificazione granulometrica per vagliatura produce polvere, in ogni caso la quantità prodotta dipende dal tipo di roccia o minerale processato, dalla quantità di fini già presente nel materiale alimentato ed in generale dalla granulometria di partenza del prodotto alimentato, dall'umidità del materiale alimentato e dal tipo di attrezzatura per la classificazione granulometrica utilizzata: quelle che operano più energicamente e velocemente ne producono ovviamente di più rispetto a quelle che operano meno velocemente e meno energeticamente. Solitamente i vagli a maggior numero di mesh producono più polvere.

- i vagli producono emissioni di polvere fuggitiva a partire dalle seguenti sorgenti di polvere localizzate:
 - il primo terzo di superficie vagliante utilizzata ovvero laddove il materiale alimentato impatta
 - le aperture tra le parti in movimento (le griglie) e quelle stazionarie (le tramogge a scivolo di scarico)
 - le tramogge a scivolo di scarico.

In sotterraneo frantumazione e vagliatura sono utilizzate soprattutto per rendere:

- il materiale idoneo al trasporto mediante sistemi continui
- idoneo il materiale al confinamento in scatolati cementizi o big bags mediante tramoggia specie quando terra e rocce da scavo contengono minerali pericolosi quali, elementi naturali radioattivi ed amianto ed in particolare quando sia prevista ed autorizzata la sua messa a dimora in sotterraneo in opportune traverse scavate

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- per la riduzione dei sovramisura ottenuti mediante abbattimento con esplosivo quando questa operazione, che costituisce già una frantumazione pre primaria non va completamente a buon fine

Circa le soluzioni di mitigazione polveri adottabili occorre considerare che:

- frantumazione e vagliatura sono strettamente interconnesse, spesso, quando non costituiscono l'una lo stadio successivo dell'altra, vengono utilizzate, quando le specifiche di produzione sono strette come controlli di qualità e operazioni di emergenza l'una dell'altra
- alle operazioni di vagliatura e frantumazione ed ai collegamenti tra esse, sono strettamente legati i problemi di polverosità connessi all'uso di nastri trasportatori o trasporto con mezzi continui.

In questo senso:

- in termini di approcci primari e secondari vagliatura e frantumazione verranno affrontate insieme dal punto di vista delle soluzioni di mitigazione
- parte delle soluzioni proposte sono già state descritte nel capitolo riguardante i nastri trasportatori
- in **tabella 10.1** sono state sinteticamente elencate le soluzioni adottabili suddivise per tipologie di approccio.

Elenco e classificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili al controllo delle emissioni di polveri da impianti di comminazione e selezione granulometrica	
Classificazione	Soluzione
<i>Approcci pre primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2 ▪ utilizzo di tecniche di "wet suppression" per la <u>bagnatura</u> del materiale negli stadi operativi precedenti lo stadio di frantumazione e vagliatura
<i>Approcci primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2 ▪ lavorazione a pieno carico e macchine ▪ utilizzo tecniche di "wet suppression" per la <u>bagnatura</u> del materiale entro il frantumatore o il vaglio ▪ protezione dell'area dell'impianto dagli effetti del vento
<i>Approcci secondari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo di confinamenti che minimizzino il numero di aperture, utilizzo di cortine e schermi per contenere la polvere formata ▪ utilizzo di discenderie di trasferimento a stadi di frantumazione/vagliatura o trasferimento che minimizzino velocità ed altezza di caduta ▪ abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute internamente alle macchine ▪ abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute e fuggitive esternamente alle macchine ▪ cattura mediante sistemi ad aspirazione localizzata della polvere aerodispersa generata

Tabella 10.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.3 Soluzioni di mitigazione per impianti di comminazione e classificazione granulometrica classificabili come approcci pre primari

10.3.1 Approcci pre primari – soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2: In particolare, quando la frantumazione segue immediatamente uno stadio di abbattimento (fresa, martellone road header) l'utilizzo di utensili particolari ed il controllo del loro stato di affilatura e degrado minimizza la quantità di fini presenti sulle superfici del materiale abbattuto.

<i>Approcci pre primari</i>	conoscere la tendenza alla aerodispersione di materiali lavorati corretta scelta degli utensili sollecitanti e controllo del loro stato di degrado
-----------------------------	---

In tal senso va ricordato che un processo di abbattimento che minimizzato in termini di frantumazione pre primaria, minimizzando il numero di elementi derivanti dall'abbattimento, minimizza la percentuale di superfici libere su cui la polvere formatasi è depositata.

10.3.2 Approcci pre primari – bagnatura del materiale

Per un maggior approfondimento sulla bagnatura e sulle tecniche e tecnologie possibili, si veda quanto riportato in Appendice 1. In ogni caso si tratta, fatta salva l'esigenza di non impaccare le macchine di frantumazione e vagliatura e, fatta salva la possibilità di raccogliere le torbide prodotte, si tratta di aggiungere, negli stadi precedenti la frantumazione/vagliatura ed il trasporto con mezzi continui o discontinui (meno frequente) ad esse connesso, uno 0,5 – 3% in massa al massimo di acqua al materiale alimentato (almeno l'1% se il materiale è secco). In termini pre primari ciò significa bagnare il materiale nel momento in cui avviene l'abbattimento e lo smarino se questi non sono troppo distanti, temporalmente e spazialmente dal punto in cui viene eseguita la frantumazione.

Esempi di questo tipo di applicazione sono forniti, in relazione all'abbattimento polveri/bagnatura effettuati alla tramoggia primaria di un frantumatore primario al paragrafo 10.5.3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.4 Soluzioni di mitigazione per impianti di comminazione e classificazione granulometrica classificabili come approcci primari

10.4.1 Approcci primari – utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2:

<i>Approcci primari</i>	monitoraggio delle emissioni di polveri monitoraggio delle condizioni climatiche monitoraggio delle misure di prevenzione e contenimento delle emissioni programmazione delle attività lavorative il più possibile durante eventi di moderata velocità del vento
-------------------------	--

10.4.2 Approcci primari – lavorazione a pieno carico e scelta macchine

I frantumatori devono muovere meno aria possibile: devono pertanto lavorare il più possibile a pieno carico. Ciò riduce il flusso d'aria attraverso la macchina. Sotto alimentare i frantumatori, in particolare gli impattatori ad asse orizzontale e verticale (che comminuiscono a granulometrie minori, muovono più aria ed operano a velocità di rotazione maggiori di quelli a mascelle, a cono o giratori) significa produrre più polvere.

Evitare, in caso di presenza di frantumatori, periodi di non processo con frantumatore in azione: l'emissione di polvere connessa ad un impattatore operante a vuoto può essere dieci volte tanto quella che occorre a macchina piena.

Vagli, caricatori, nastri trasportatori per trasporti rapidi operanti scarichi contribuiscono a tenere la polvere sospesa.

Per evitare periodi di non processo è ovvio che sono da evitarsi sovraccarichi (blocchi fuori misura) che possono inceppare caricatori o frantumatori.

Utilizzare macchine che intrinsecamente producano meno polvere, in particolare per i frantumatori: utilizzare conici giratori al posto degli impattatori (più veloci e più capaci di operare a pieno carico).

In più, come sarà approfondito nel presente capitolo:

- dovrebbero essere dotati di cortine e deviatori di flusso interni per convogliare l'aria polverosa lungo percorsi che
- dovrebbero essere attrezzati con sistemi di captazione interna dell'aria e sistemi di filtrazione della polvere che abbattano la parte fine prima di scaricare l'aria all'esterno

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- dovrebbero incorporare sistemi spray direttamente nella zona di frantumazione (visto che il tempo di residenza di una roccia all'interno della macchina è limitato) e che consentano accesso e manutenzione facilitata agli ugelli

10.4.3 Approcci primari – utilizzo tecniche di “wet suppression” per la bagnatura del materiale entro il frantumatore o il vaglio

La bagnatura tradizionale deve:

- essere fatta laddove sussiste il massimo grado di sollecitazione del materiale: abbattimento, smarino o frantumazione
- utilizzare una massa di acqua almeno pari allo 0,5% della massa di materiale scaricato; può attestarsi su questo valore nel momento in cui viene effettuata laddove la lavorazione realizza il massimo grado di sollecitazione del materiale (per esempio in camera di frantumazione) e laddove il dispositivo di bagnatura, collettore ed ugelli, assicura un uniforme trattamento del materiale. Un quantitativo di acqua pari all' 1% della massa di materiale alimentato è invece un valore consigliato in particolare se il materiale alimentato è secco.
- utilizzare ugelli di tipo full cone (a medio grandi orifizi di efflusso giacchè la quantità di acqua erogata è più importante rispetto alla pressione) alimentati a 7 – 10 litri/minuto ciascuno ed in numero tale da bagnare uniformemente tutto il flusso di materiale operanti, specie per frantumatori grizzly o a mascelle, a pressioni inferiori ai 4 bar (per evitare di spostare la nube di polvere e/o ridurre l'efficienza di un eventuale sistema di aspirazione localizzata presente)

Va comunque sottolineato che la quantità di acqua da aggiungere è comunque funzione del tipo di materiale e del rischio di avere problemi di impiccamento negli stadi successivi di trattamento.

Nel paragrafo 10.5.3 sono forniti esempi di questa applicazione in relazione all'abbattimento/bagnatura del materiale internamente alle macchine ed ai sistemi di alimentazione.

10.4.4 Approcci primari – protezione dell'area dell'impianto dagli effetti del vento

L'utilizzo di argini o dune è stato sviluppato per proteggere dall'azione del vento aree in cui vengono eseguite attività di stoccaggio e movimentazione di rocce o minerali estratti e lavorati. Tuttavia può essere utilizzato per proteggere siti in cui vengono eseguite importanti attività di frantumazione e classificazione all'aperto in prossimità di ricettori.

In termini di protezione e confinamento di un'area di impianto argini e dune possono essere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

costituiti da elementi topografici preesistenti valutati in combinazione con la direzione dei venti dominanti: ciò significa soprattutto scegliere, quando possibile, il sito di lavorazione, in aree isolate dal punto di vista topografico e caratterizzate dalla presenza di vegetazione.

Un parametro di scelta è il grado di confinamento che un'area, grazie ai suoi elementi naturali offre rispetto ad un'altra

Argini e dune naturali o ricostruiti possono essere soggetti, se non già presente ed a questo punto assolutamente da lasciare, a piantumazione di vegetazione permanente o temporanea per limitare l'erosione da parte del vento dell'argine/duna stessa e per aumentare l'effetto deviante sul vento e riducente sulla sua velocità.

Cancellate, piantumazioni e sistemi di protezione antivento agiscono meno in termini di deviazione del vento rispetto al sito di lavoro e di più in termini riduzione della velocità del vento, quindi della potenzialità della sua azione erosiva quindi di emissione di particolati da siti di impianti di frantumazione/classificazione ubicati all'aperto.

Dal punto di vista tipologico (**figura 10.4**) in ogni caso i dispositivi di deviazione o riduzione della velocità del vento comprendono:

- cancellate antivento,
- barriere antineve,
- reti antivento in juta,
- piantumazioni e antivento.

Il layout della installazione è molto sito specifico.

Le barriere ubicate ad angolazione corretta rispetto alla direzione dei venti dominanti e spaziate a distanze pari a 15 volte l'altezza della barriera stessa possono essere veramente efficaci per il controllo dell'effetto del vento.

Le reti antivento, ma in pratica molte cancellate sono in effetti strutture di sostegno di reti antivento, sono in tessuti a base di poliestere, polipropilene ad alta densità, nylon, con porosità non superiore al 50%.

Per le loro caratteristiche argini, dune, piantumazioni sono interventi adattei a siti in cui le fasi di frantumazione/classificazione sono importanti per estensione e quantità di materiale processato e che pertanto, come installazioni, rimangono in un sito per molto tempo.

Per interventi più contenuti tuttavia l'utilizzo di reti antivento per ridurre la velocità del vento in corrispondenza di una sorgente di polverosità puntuale che può emettere polveri fuggitive è particolarmente efficace.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

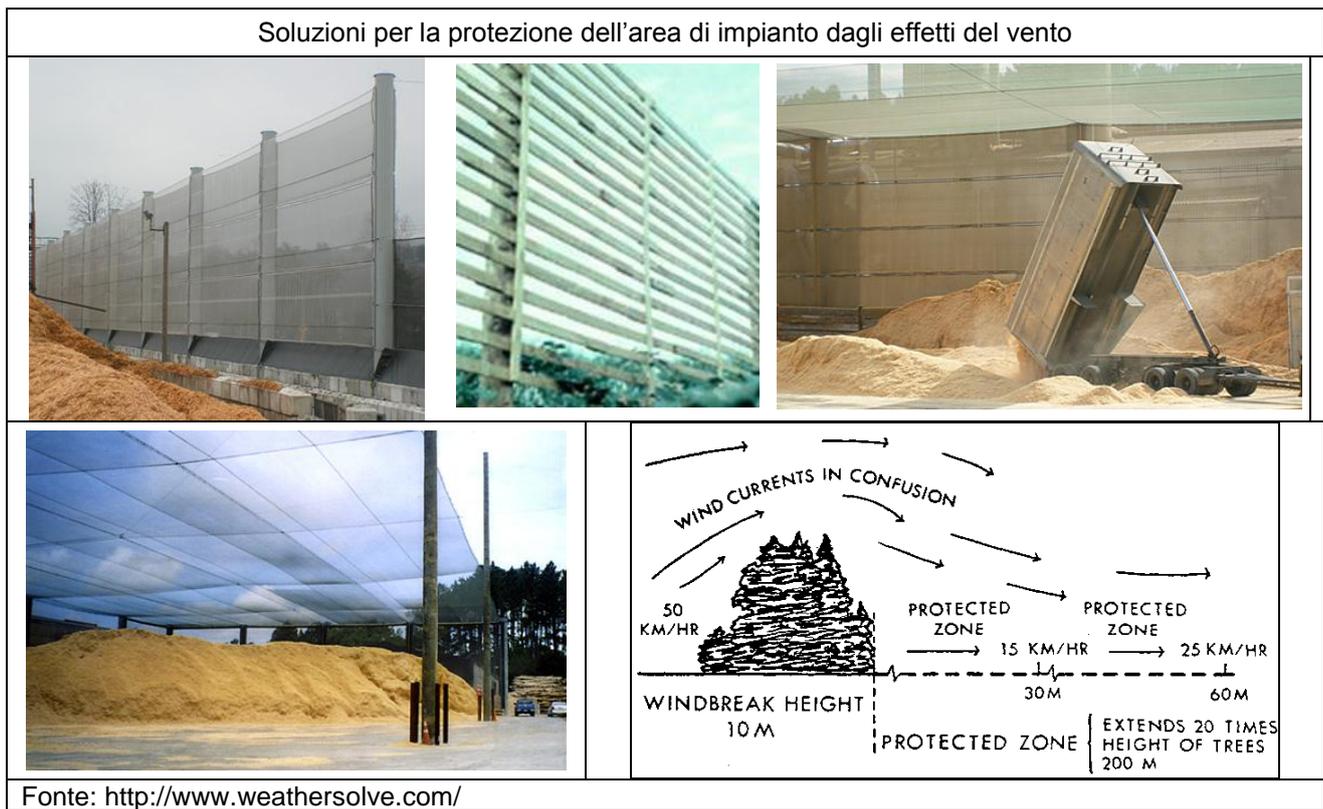


Figura 10.4

10.5 Soluzioni di mitigazione per impianti di comminazione e classificazione granulometrica classificabili come approcci secondari

10.5.1 Approcci secondari – confinamenti che minimizzano il numero di aperture, utilizzo di cortine e schermi per contenere la polvere formatasi

Utilizzare unità di vagliatura e frantumazione dotate di strutture moderne ben sigillate (con guarnizioni in gomma) tra le parti stazionarie e quelle in movimento e con il minimo numero di aperture possibili (**figura 10.5, 10.6, 10.7**). Per i frantumatori necessariamente le strutture di confinamento sono in carpenteria metallica con piastre d'acciaio tra loro ben sigillate.

Per quanto riguarda nello specifico i vagli, il tasso di polvere prodotta non può essere modificato giacchè è proprio degli obiettivi della macchina quello di far saltellare i grani di materiale sulle maglie delle reti (se si utilizzano questi sistemi). Anche per i vagli le strutture di confinamento totali

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ben progettate riducono le emissioni di polvere. Le strutture di confinamento totali devono però poter essere rimosse facilmente per ispezioni e manutenzione. Le strutture commercialmente disponibili consistono di coperture in tessuti gommosi speciali, connessioni e sigilli in gomma, e carpenteria metallica. La copertura in gomma può essere connessa al vaglio in modo da perseguire anche una perfetta copertura tra il vaglio e la tramoggia di scarico. La sommità del vaglio può inoltre essere confinata con strutture a teli in gomma per prevenire la dispersione di polvere. Sono strutture consigliate perché leggere e che consentono una facile rimozione per ispezioni, manutenzioni e sostituzioni delle superfici vaglianti. Se ben sigillate riducono inoltre i flussi di aria in ingresso minimizzando le prestazioni di eventuali impianti di aspirazione da installarsi. Le strutture metalliche riescono a svolgere le stesse funzioni quando ben sigillate, ben mantenute ed estese fino alle discenderie.

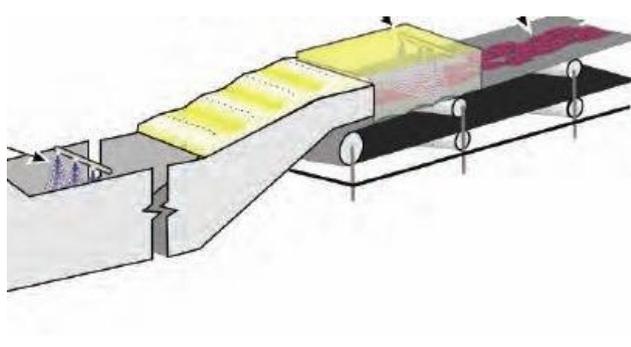
Le guarnizioni devono essere mantenute e rese operative secondo le specifiche del costruttore. Occorre porre molta attenzione alla verifica periodica dell'usura delle guarnizioni di cui ovviamente un indice di necessità è la presenza di materiale sul terreno sotto il vaglio o l'emissione di polvere visibile dalle giunzioni tra i pezzi costituenti la carcassa di contenimento.

La soluzione migliore è il confinamento totale del punto di trasferimento tra frantumatore/vaglio – nastro trasportatore e tra frantumatore – vaglio utilizzando cortine a strisce plastiche per minimizzare l'induzione di aria nel confinamento e posizionare il materiale al centro del nastro.

Dall'esempio dei frantumatori di tipo cilindrico o a martelli tipici del carbone, connessi normalmente a dispositivo di caricamento in continuo (sistema noto come stagelader/crusher) si possono prendere indicazioni sul tipo di struttura di confinamento: la pratica comune prevede l'uso di piastre di acciaio, pezzi in gomma ricavati da nastri trasportatori, o pezzi di teli impermeabili e schiume per sigillare i frantumatori e le connessioni ai sistemi di alimentazione e trasporto dopo scarico. E' molto importante inoltre chiudere, anche con teli in gomma ricavati da nastri trasportatori la connessione nastro-frantumatore specie sopra la bocca di alimentazione del frantumatore.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

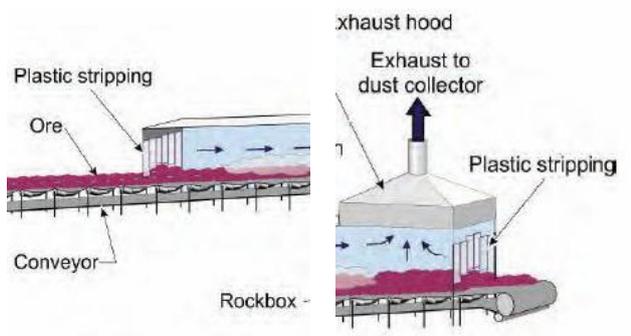
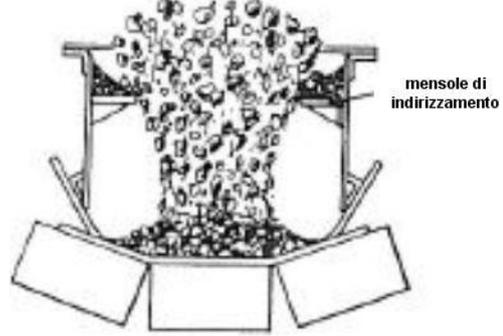
Soluzioni per il confinamento di frantumatori e vagli

Fonte: NIOSH – “Handbook for dust control in metal non metal mining”, <http://www.kemperequipment.com>

Figura 10.5

Sistemi antipolvere all'ingresso ed uscita di un confinamento di frantumatore o vaglio e mensole di centraggio applicate allo scarico su nastro di materiale

	
---	--

Fonte: NIOSH - “Handbook for dust control in metal non metal mining”, V. Mody “Dust Control Handbook”

Figura 10.6

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 10.7

Un caso normalmente presente è lo scarico di materiale (minerali, rocce o smarino) mediante camion o pale frontali nella tramoggia primaria che alimenta, mediante discenderia il frantumatore primario. Durante lo scarico in tramoggia è facile si crei una nube di particolato aerodisperso con due fenomeni di dispersione da controllare:

- il fenomeno di “billowing”: il materiale trasportato al frantumatore primario contiene polvere sulla superficie dovuta al frantumarsi del materiale durante l’abbattimento, la caduta al suolo dopo abbattimento, lo smarino. Durante lo scarico nella tramoggia del frantumatore primario altro materiale si frantuma creando polvere. Visto che lo scarico avviene in un periodo di tempo molto breve in cui un gran volume di materiale penetra nella massa di aria contenuta in tramoggia, questa, per uscire, penetra anche tra gli interstizi di materiale e scivola intorno al materiale creando un’onda di polvere che fluttua fuori dalla tramoggia primaria;
- il fenomeno di “rollback”: la polvere generata dallo scarico del materiale torna indietro passando sotto i dispositivi di scarico (sotto il telaio del camion o sotto la pala).

Per controllare questa tipologia di dispersioni (**figura 10.8 e 10.9**) ci sono 3 metodi.

I primi due fanno parte degli approcci secondari e prevedono:

- soppressione ad umido mediante uso di ugelli nebulizzatori di acque della polvere in billbowing o rollback
- cattura della stessa mediante sistemi ad aspirazione localizzata di tipo LEV connessi a stadi di abbattimento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Un' altro fa parte degli approcci primari e prevede il confinamento in struttura chiusa della tramoggia primaria di scarico. Il confinamento richiede un progetto che dipende dalla tipologia e dalla dimensione del mezzo che opera lo scarico.

In alcuni casi può essere costruita una struttura in muratura (**figura 10.8 e 10.9**) intorno alla tramoggia primaria a formare un confinamento. Le mura possono essere stazionarie o rimuovibili sulla base delle necessità di manutenzione alla tramoggia primaria. In molti casi possono essere utilizzati, come mura rimuovibili o come coperture sommitali, teloni in tessuto poroso simili a quelli usati per coprire il materiale trasportato su camion.

Altre tecniche prevedono l'uso di cortine a paratia "di scena" plastiche (dette così perché poste con lo stesso principio con cui si pongono i teloni costituenti le scenografie teatrali) dette anche cortine "di quiete" (**figura 10.9**), di varia lunghezza, poste sulla sommità della struttura di confinamento ed allungandosi a scalare verso il fondo della tramoggia che prevengono, agendo come i setti di un impattatore inerziale, la naturale tendenza al galleggiamento della nube di polvere che si forma ed espande in conseguenza del movimento di aria dovuto allo scarico del materiale.

Un'altra tecnica (**figura 10.8**) prevede di ostruire la sezione di ingresso della struttura di confinamento alla tramoggia primaria con pannelli di strisce plastiche flessibili. Le strisce plastiche sono poste in sequenza con il bordo di ciascuna che si sovrappone a quello della precedente garantendo un'ottima tenuta al "billowing" di polvere. Il vantaggio rispetto alle cortine "sceniche" è che non si danneggiano al contatto con il cassone del camion o con la benna della pala frontale.

Per il controllo specifico dell'effetto di rollback una soluzione che evita la dispersione di polvere sotto i dispositivi di scarico è l'installazione sull'orlo estremo della tramoggia di sistemi blocca pneumatici di tipo new jersey.

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

Data

20/06/2011

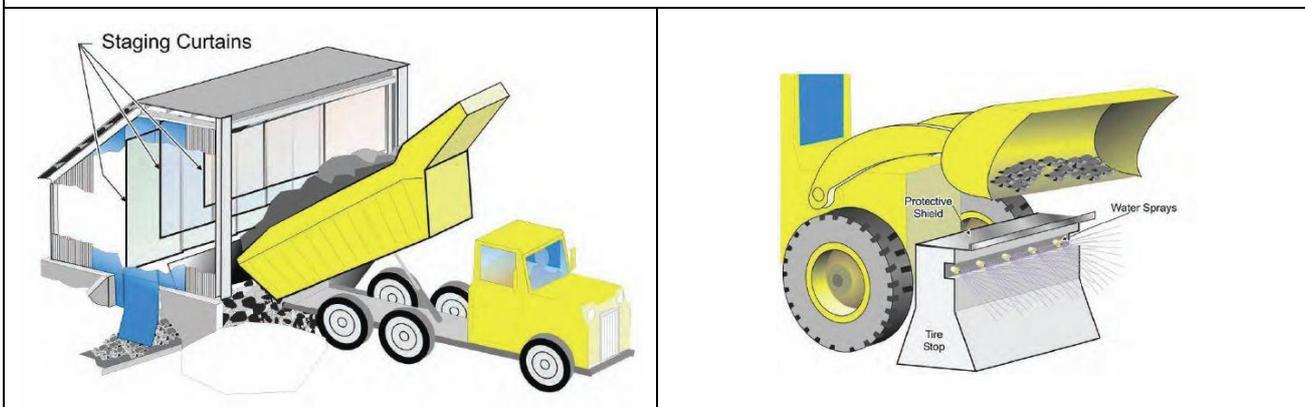
Confinamento in muratura (con e senza ugelli spray) alla tramoggia primaria
di un frantumatore e sistemi di blocco pneumatici



Fonte: NIOSH - "Handbook for dust control in metal non metal mining" e interna

Figura 10.8

Confinamento in muratura e cortine "di scena" di un frantumatore e sistemi di blocco pneumatici



Fonte: NIOSH - "Handbook for dust control in metal non metal mining"

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Figura 10.9

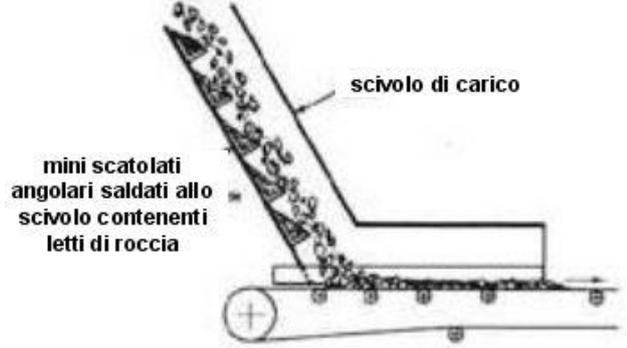
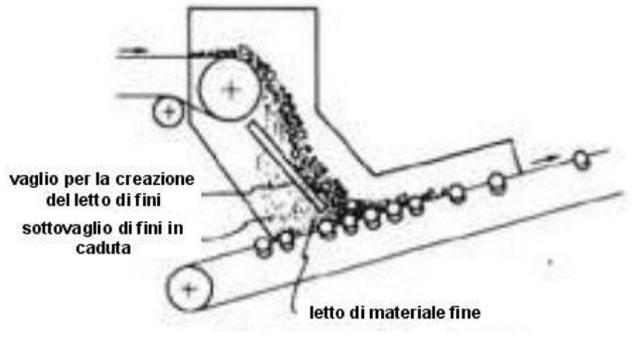
10.5.2 Approcci secondari – utilizzo di discenderie di trasferimento a stadi di frantumazione/vagliatura o trasferimento che minimizzino velocità ed altezza di caduta

Utilizzare frantumatori e vagli dotati di scivoli di trasferimento o sistemi di trasferimento (figura 10.10 a e b) ben progettati:

- gli scivoli di trasferimento devono essere dimensionati per consentire un flusso di materiale che scongiuri ostruzione del dispositivo o impiccamento del materiale: la larghezza delle tramoggia a scivolo di trasferimento deve essere almeno tre volte quella della massima dimensione del materiale scaricato o alimentato,
- il punto di scarico deve essere progettato per far impattare il materiale su un tratto già in pendenza o su una rock – box (vedi capitolo sui nastri trasportatori). Le rock box sono pensate perché il materiale in esse contenuto aumenti di quantità durante il trasferimento e traccimi lentamente, il contatto materiale – materiale evita o riduce abrasione ed usura della discenderia,
- evitare bruschi cambi di direzione al flusso di materiale
- minimizzare l'altezza di caduta del materiale mediante dispositivi quali rock ladder (scaricatori per rocce), scivoli telescopici, scivoli a spirale
- evitare bruschi cambi di direzione al flusso di materiale
- minimizzare l'altezza di caduta del materiale mediante dispositivi quali rock ladder (scaricatori per rocce), scivoli telescopici, scivoli a spirale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sistemi per ridurre la velocità di discesa del materiale, l'altezza di caduta e l'energia di impatto

	
 <p>scivolo di carico</p> <p>mini scatolati angolari saldati allo scivolo contenenti letti di roccia</p>	 <p>vaglio per la creazione del letto di fini</p> <p>sottovaglio di fini in caduta</p> <p>letto di materiale fine</p>
	

Fonte: V. Mody "Dust Control Handbook e interne"

Figura 10.10 a

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

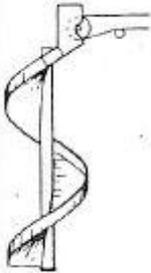
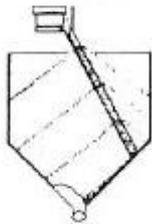
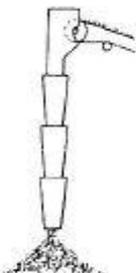
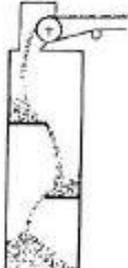
Sistemi per ridurre la velocità di discesa del materiale, l'altezza di caduta e l'energia di impatto			
 Spiral Chute	 Bin-Lowering Chute	 Telescopic Chute	 Rock Ladder
discenderia a spirale	scivolo e silo per ridurre l'altezza di caduta del materiale	discenderia o scaricatore telescopici	discenderia in cascata con rock box
Fonte: V. Mody "Dust Control Handbook e interne			

Figura 10.10b

10.5.3 Approcci secondari – abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute internamente alle macchine

Sempre dall'esempio di soluzioni applicate al settore del carbone si possono trarre le seguenti indicazioni:

I punti dove installare ugelli di nebulizzazione sono due:

1. alla sezione di ingresso del nastro trasportatore (se usato) nel confinamento del frantumatore viene normalmente posto un collettore lungo quanto la larghezza del nastro (per assicurare uniformità di bagnatura) con 3 o 4 ugelli full – cone (o anche flat fan) per la bagnatura del materiale - quantità di acqua erogata pari allo 0,5 – 1% in massa del materiale alimentato
2. sopra il dispositivo di frantumazione (a martelli per esempio) in posizione protetta rispetto alla proiezione del materiale, un altro collettore (a ugelli full-cone se la distanza dal materiale in frantumazione è grande se no anche ugelli flat – fan, e con numero ugelli tale da coprire tutta la superficie) alimentato a 30 – 40 litri/minuto di acqua (si arriva anche a 70 litri/minuto),
 - gli ugelli in questi due stadi non devono essere ad alta pressione per evitare il rischio di spingere la polvere fuori dal confinamento)e/o ridurre l'efficienza di un eventuale sistema di aspirazione localizzata presente), visto che comunque svolgono anche (e soprattutto visto il grado di sollecitazione del materiale) azione di bagnatura, la quantità di acqua erogata è più

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

importante della pressione (ecco perché si usano ugelli full-cone che hanno orifizi di efflusso mediamente grandi) per cui questa ultima è bene sia tenuta sotto 4 bar.

- un ulteriore collettore ad ugelli spray può essere montato allo scarico del frantumatore su nastro sempre prima della sezione di uscita dal confinamento del punto di trasferimento.

Si veda qualche esempio delle tecnologie citate illustrato in **figura 10.11**.

Va comunque sottolineato che la quantità di acqua da aggiungere è comunque funzione del tipo di materiale e del rischio di avere problemi di impiccamento negli stadi successivi di trattamento.

Un'altra applicazione è relativa alla tramoggia primaria del frantumatore primario

Per ridurre i fenomeni di billowing o di rollback durante le fasi di scarico da camion o pala frontale entro una struttura confinata posta intorno alla tramoggia è l'utilizzo di sistemi di nebulizzazione di acqua posti alla sezione di ingresso della struttura della tramoggia: l'obiettivo in questo caso è creare una nebbia di acqua orientata verso la nube di polvere in billowing o rollback, far collidere le gocce di acqua, creare fenomeni di coalescenza e precipitazione delle particelle di polvere. Per quanto riguarda le tipologie di ugelli da utilizzare, le pressioni di esercizio e le quantità di acqua da usare si rimanda alla Appendice 1. Tuttavia va detto che:

- sarebbe meglio effettuare misurazioni da cui emerga la distribuzione granulometrico aerodinamica della polvere in billbowing o rollback. Per fare ciò è possibile utilizzare:
 - a. misurazione con metodo della filtrazione su membrane inserite in impattatori multistadio, analisi gravimetriche delle stesse ed interpretazione di risultati;
 - b. analizzatori real time che consentano anche una suddivisione granulometrica del misurato;
 - c. misurazione con metodo della filtrazione su membrana di almeno: le seguenti frazioni granulometriche: TSP, PM10, PM5, PM1. Il risultato delle misurazioni consente una miglior scelta dei nebulizzatori per un erogazione di uno spray di goccioline di acqua aventi dimensioni coerenti con la polvere dispersa.
- la quantità di acqua erogata nel complesso dovrebbe consentire comunque anche la bagnatura del materiale in ottica di riduzione di polvere negli stage di frantumazione/vagliatura/scarico/stoccaggio successivi. L'erogazione di acqua allo scarico in tramoggia non è infatti il momento migliore per bagnare giacché il momento che massimizza l'effetto della bagnatura è quello in di massima sollecitazione del materiale (in abbattimento o frantumazione) per cui la quantità di acqua da aggiungere deve essere maggiore del solito (massa di acqua pari allo 0,5% della massa di materiale scaricato) e prossima ad almeno l'1% della massa del materiale scaricato. L'1% è un valore consigliato in particolare se il

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

materiale alimentato è secco. Eventuali aggiunte dovrebbero essere fatte con riscontro in termini di efficienza fotografato da misurazioni di polveri disperse;

- i nebulizzatori installati, giacchè la fase di scarico del materiale può non essere continua, devono poter lavorare “a domanda” ed essere attivati da segnale di “arrivo del mezzo in fase di scarico” inviato da fotocellula. Il funzionamento in continuo aumenta i guasti per intasamento degli ugelli e le acque da depurare. Il funzionamento degli ugelli deve essere anche connesso ad un dispositivo di ritardo che faccia proseguire l'erogazione di acqua nebulizzata per un breve periodo dopo la fine dello scarico di materiale.
- visto che i nebulizzatori vanno impiegati per la riduzione del billowing sono piazzati alla sezione di ingresso della struttura della tramoggia e pertanto sono in posizione mediamente distante dalla polvere dispersa andrebbero utilizzati ugelli full cone adatti per la creazione di pattern spray circolari ad elevata velocità su grosse distanze. Il guaio è che questi ugelli nascono normalmente per la produzione di gocce medio grossolane mentre l'obiettivo degli ugelli qui collocati è quello di creare gocce di dimensioni prossime al particolato disperso (da qui l'importanza di avere una misura delle sue dimensioni granulometrico aerodinamiche) aventi diametri pari ad almeno 10 – 50 µm per cui occorre porre attenzione a scegliere ugelli full cone adatti alla applicazione oppure ugelli hollow cone (tipici per la produzione di gocce di piccolo-medio diametro) in maggior numero
- per il controllo della polvere in rollback un ottimo sistema connesso a strutture di confinamento della nube in rollback sotto i dispositivi di scarico costituiti da barriere new jersey è quello di applicare sotto la loro sommità un collettore di acqua in pressione connesso ad ugelli nebulizzatori (**figura 10.9**). Anche in questo caso, l'obiettivo è abbattere la polvere ed al contempo bagnare per cui si tratta di scegliere ugelli che erogano gocce medio piccole (10 – 50 µm). Sul bordo superiore del new jersey è bene posizionare uno schermo di protezione degli ugelli dagli urti accidentali dovuti alla caduta di materiale. A questo punto giacchè gli ugelli si troverebbero non ad elevata distanza dalla sorgente di polvere in rollback e in luogo semi confinato (sotto lo schermo del new jersey) potrebbero essere utili ugelli di tipo hollow cone o addirittura flat fan

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

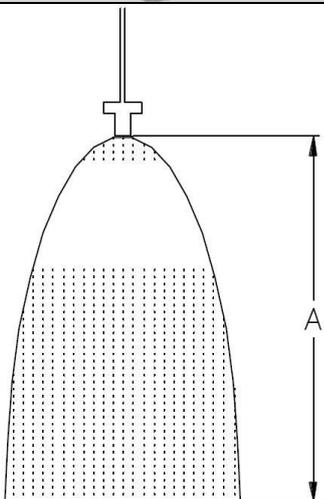
Rev.

F0

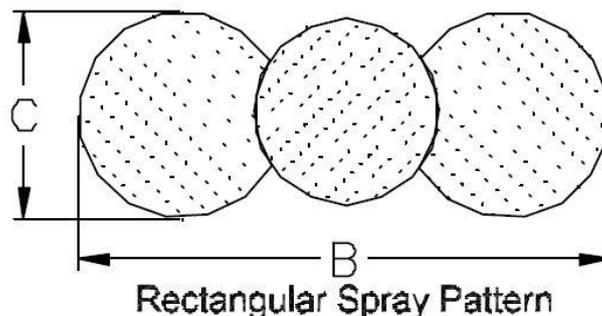
Data

20/06/2011

Collettori ad ugelli nebulizzatori ed ugelli nebulizzatori



Dimensions (Ft)		
A	B	C
4	3.5	2.5



Fonte: <http://www.aeec.com/> e <http://www.kemperequipment.com>

Figura 10.11

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.5.4 Approcci secondari – abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute e fuggitive esternamente alle macchine

In Appendice 1 sono fornite maggiori informazioni su questi dispositivi. Si tratta di agire sulle polveri che si disperdono dall'impianto di frantumazione perché riescono a sfuggire dalle strutture di confinamento e dai dispositivi primari e secondari di contenimento. Trattandosi di dispersioni fuggitive di polvere occorre abatterle. Per abatterle è necessaria la via umida giacché sistemi quali aspirazioni localizzate non sarebbero disponibili. L'abbattimento ad umido di una polvere fuggitiva, per sua natura composta di granulometrie aerodinamiche molto piccole, prevede l'erogazione di spray d'acqua fatti da goccioline di dimensioni prossime a quelle della polvere dispersa (meglio se misurate una tantum). L'erogazione spray effettuata dall'esterno, con applicazioni su piazzale, giacché prevede l'impiego di sistemi che erogano acqua nebulizzata a grosse distanze, conviene sia implementata per il controllo di più fasi di impianto. E' il dominio dei cannoni nebulizzatori di cui in Appendice 1 vengono fornite indicazioni.

10.5.5 Approcci secondari – cattura mediante sistemi ad aspirazione localizzata della polvere aerodispersa generata

Per la vagliatura/frantumazione è piuttosto importante vincolare l'unità ad un sistema di aspirazione di tipo LEV (Low exhaust velocity – vedi Appendice 2) connesso ad uno stadio di abbattimento (**figura 10.12**) per mantenere il sistema in depressione e catturare le polveri più fini dal punto di vista granulometrico – aerodinamico disperse entro la macchina. Il sistema dovrebbe essere in grado di operare con maggior depressione durante le fasi di manutenzione quando il sistema viene aperto e l'area soggetta ad aspirazione diventa più grande.

I sistemi di aspirazione LEV applicati alle struttura di confinamento chiuse dei punti di trasferimento tra frantumatori e vagli e tra frantumatori/vagli, seguono le stesse regole descritte per i punti di trasferimento nastro-nastro e pertanto le portate di aria da aspirare possono essere progettate per avere:

- una velocità dell'aria in ingresso nelle sezioni iniziali e terminali del confinamento ed in generale attraverso qualsiasi apertura presente nel confinamento, pari a circa 1,2 m/s (in presenza ovviamente di cortine antipolvere a strisce plastiche o altri sistemi di riduzione delle aperture e massimizzazione della velocità dell'aria in ingresso) . In generale si consiglia di aggiungere un 25% di velocità come fattore di sicurezza in relazione alla velocità di marcia del nastro che eventualmente alimenta il frantumatore o il vaglio o che evacua il materiale dal

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

frantumatore o dal vaglio. Un'altra regola è quella di aggiungere al valore di 1 m/s la velocità di marcia del nastro in ingresso o uscita o la velocità di transito del materiale. In caso di alimentazione mediante nastro un buon sistema è anche quello di prevedere 4000 – 5000 m³/h di portata aspirante per ogni m di larghezza del nastro.

- una velocità di ingresso dell'aria nel piano aspirante della cappa non superiore a 2,5 m/s per minimizzare la cattura di particelle grossolane.
- per quest'ultimo obiettivo inoltre, il piano di ingresso della cappa aspirante deve essere posizionato ad almeno 1,8 m dal punto di impatto del materiale nel sistema di trasferimento.

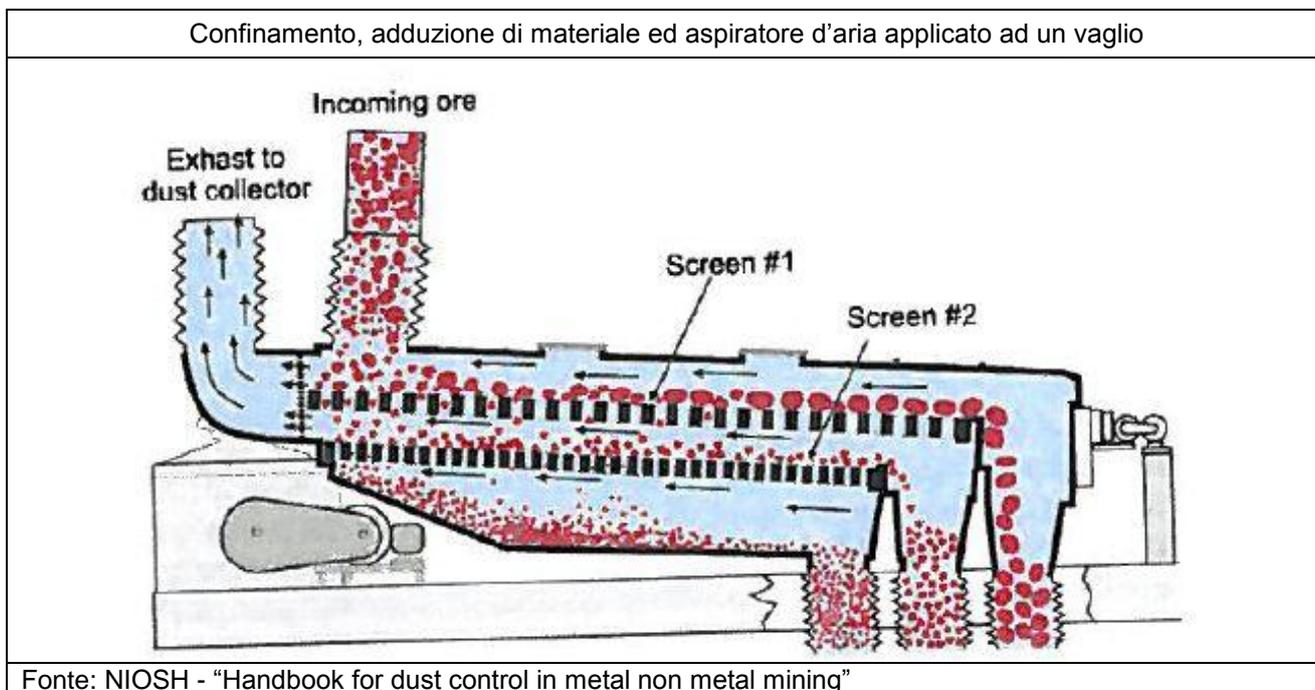


Figura 10.12

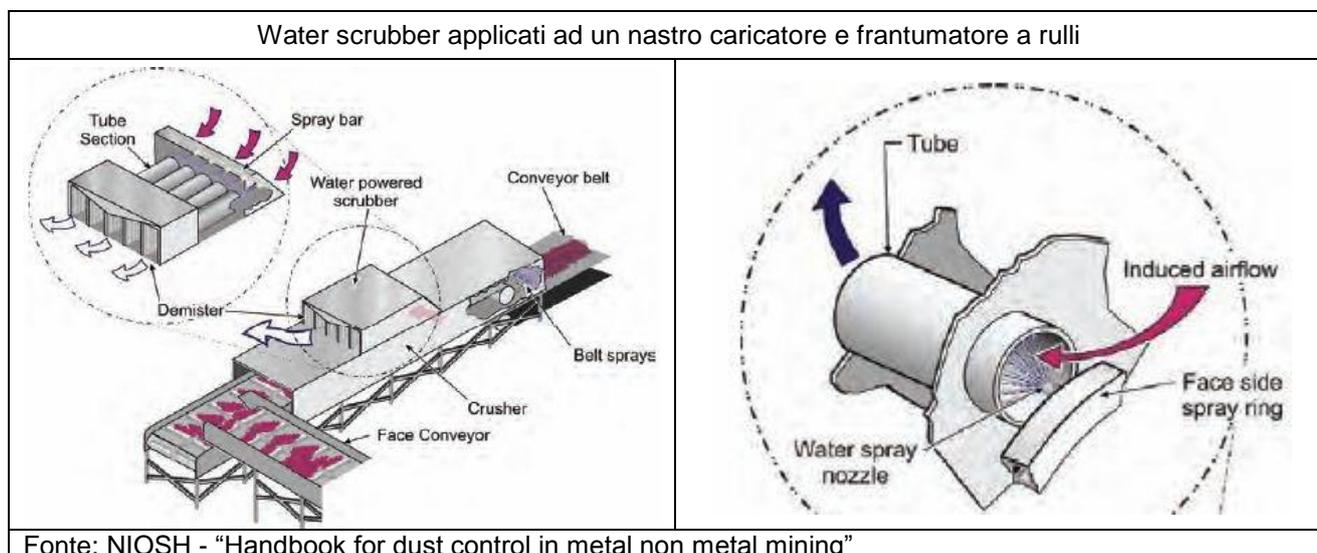
In ogni caso, specie per i frantumatori, i valori di portata aspirante da implementare per controllare la dispersione di particolato dipendono comunque da quanto il frantumatore può essere confinato. In generale, giacchè l'ingresso del materiale in un grizzly o in un frantumatore a mascelle, specie se non condotto a pieno carico, induce di per sé ingresso di aria che può catturare e disperdere particelle, sono richiesti grandi volumi di aria aspirati per indurre ingressi di aria controllati e prontamente evacuati dai plenum ubicati sotto ai frantumatori. Ciò significa valori intorno ai 60.000 – 130.000 m³/h (il valore più alto si riferisce a grandi frantumatori giratori con bocca di ingresso di almeno 1,5 m).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per lo scarico in tramoggia primaria connessa a frantumatore primario, quando la tramoggia è confinata in una struttura chiusa può essere utilizzato un sistema di aspirazione localizzata di tipo LEV per captare e filtrare l'aria polverosa dall'area di tramoggia. Ovviamente ciò avrebbe maggiormente senso quando il billwoing o rollback dell'aria può interessare la presenza di lavoratori giacchè, è vero che senza sistema aspirante l'aria polverosa verrebbe ostacolata nel billbowing e rollback dalla struttura chiusa e dai dispositivi antipolvere rimanendo però aerodispersa e quindi a rischio di dispersione, tuttavia, viste le dimensioni della tramoggia, per creare la depressione necessaria a catturare l'aria deve essere aspirata una significativa portata di aria con un ingente costo. Ciò spiega l'utilizzo di sistemi LEV anziché di sistemi HEV. La soluzione tuttavia, se ben armonizzata con la dimensione della tramoggia è molto efficace.

Sempre considerando l'esempio del carbone, per alcune tipologie di frantumatori, per esempio i piccoli frantumatori a rulli tipici del settore, per catturare le emissioni fuggitive dai confinamenti, è possibile utilizzare (**figura 10.13**):

- confinamento dell'interno gruppo nastro caricatore-frantumatore con ugelli full-cone eroganti 70 litri/minuto e aspirazione di almeno 5000 m³/h di aria
- scrubber (lavatori) motorizzati da ventilatori localizzati nella zona di scarico del frantumatore e del punto di trasferimento dal caricatore al nastro principale con valori di portata di aria forzate nel sistema attestati a 11.100 – 15.000 m³/h. Il sistema crea una depressione nel confinamento tale da evitare dispersioni non controllate in presenza di fessurazioni del confinamento stesso,



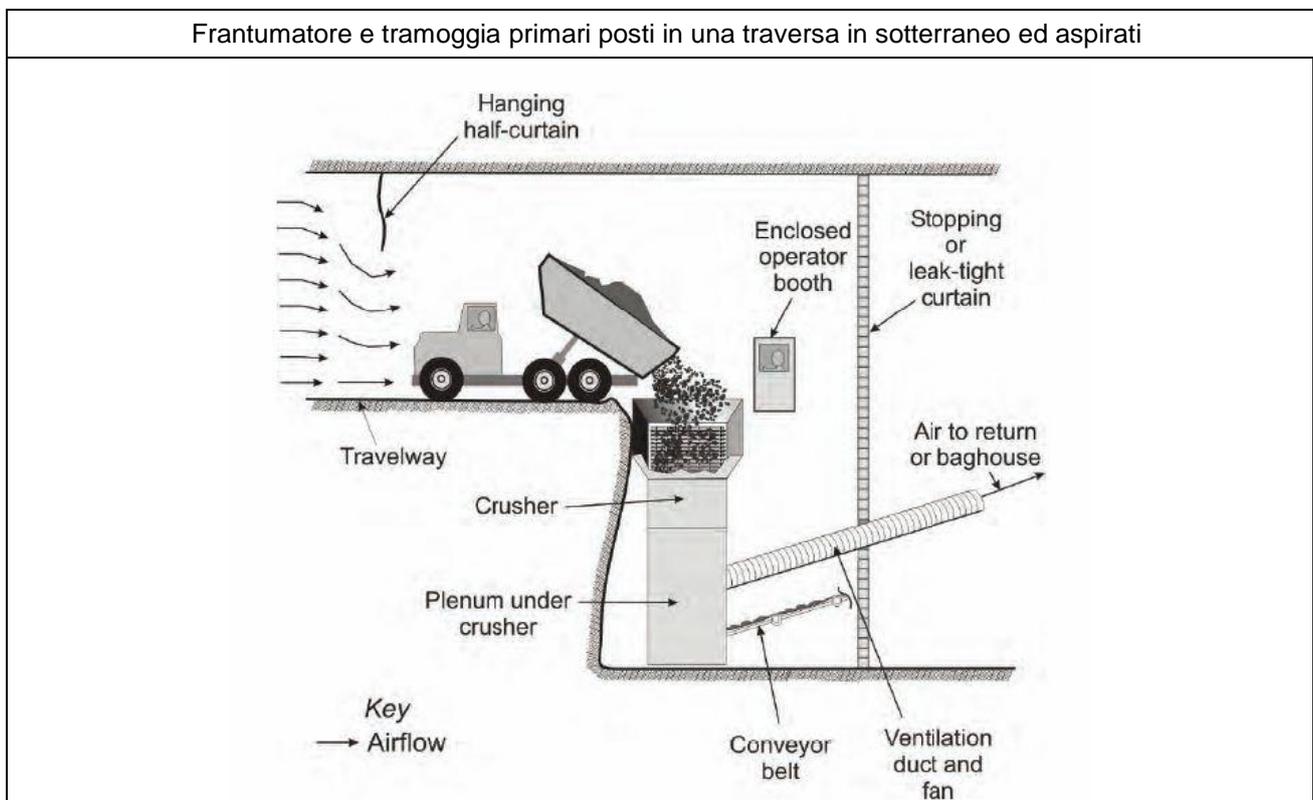
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Figura 10.13

- scrubber ad alta pressione motorizzati ad acqua: sono cilindri in cui, al centro, viene collocato un ugello a nebulizzazione d'acqua, operante a pressioni di almeno 70 bar. L'ugello nebulizzatore induce il richiamo dell'aria polverosa attraverso il condotto cilindrico in cui è posto: ciò ha come conseguenza l'abbattimento della maggior parte della particolato veicolato con l'aria. Si utilizzano sistemi a 5 condotti cilindrici ed a cinque ugelli che scaricano la dispersione di gocce e particelle di polvere su depolveratori a lamine ondulate. L'aria depurata viene scaricata in direzione opposta al flusso di materiale. Si sono osservate efficienze del 50% operando a 80 bar e 40 litri/minuto su ciascun ugello.

In sotterraneo il controllo della polvere dispersa da operazioni di frantumazione e vagliatura è piuttosto importante per evitare emissioni non controllate ai portali gestibili con sistemi di difficile valutazione in termini di efficienza quali le cortine antipolvere ad acqua nebulizzata.

In **figura 10.14** viene descritta una modalità per gestire un frantumatore primario in sotterraneo. IL frantumatore è stato posizionato in una traversa sotto il piano di carreggiato del mezzo gommato per favorirne lo scarico.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fonte: NIOSH - "Handbook for dust control in mining"

Figura 10.14

La traversa è stata divisa mediante un setto o una cortina antipolvere in modo che il punto di scarico ed il frantumatore si trovassero in un tronco di galleria chiuso. L'aria viene aspirata da un plenum costruito sotto il frantumatore, in modo da indurre un flusso di aria controllato entro le mascelle del frantumatore, convogliata oltre il setto o la cortina che divide la traversa, filtrata, e rimessa in circolo od immessa verso il portale. Grazie all'evacuazione dell'aria oltre al setto di divisione della traversa, la traversa stessa, essendo in depressione, si vede attraversata da un flusso di aria richiamato dall'ingresso della zona di scarico. Questo flusso evita che la polvere non catturata dal sistema di aspirazione e dispersa non finisca incontrollata in altre zone in sotterraneo ma, convogliata dal flusso di aria richiamato, finisca contro la divisione e ricircoli in prossimità del frantumatore restando confinata nella traversa. Se la velocità dell'aria richiamata nella zona di scarico della traversa non fosse sufficientemente alta, si può dividere la traversa, nella zona di scarico, con una "mezza – cortina". Maggiore è la velocità dell'aria richiamata maggiore è il grado di confinamento della polvere.

10.5.6 Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario per impianti di cominuzione e classificazione granulometrica

Nelle figure **10.15 ÷ 10.24** (Fonte: V. Mody "Dust control handbook" New Jersey USA 1988) vengono presentati alcuni esempi applicativi di tecniche di approccio secondario nei confronti di dispositivi di frantumazione e vagliatura. Occorre ricordare (per quanto riguarda gli ugelli si veda soprattutto l'Appendice 1 e per quanto riguarda le aspirazioni localizzate l'Appendice 2) che:

- 1 tonnellata del sistema metrico decimale corrisponda a 0,98 T ovvero Long Ton
- gli ugelli per **l'abbattimento della polvere**: sono ugelli per la bagnatura del materiale e sono ubicati laddove, per un'attività/macchina, si realizza il massimo grado di sollecitazione meccanica del materiale.

Sono ugelli che possono essere scelti tra quelli che producono gocce di medie – grosse dimensioni (anche 100-200 µm), a pressioni non eccessive (anche intorno ai 3-4 bar).

L'obiettivo, in termini di scelta della portata e di caratteristiche dimensionali dello spray erogato, è quello di aggiungere dallo 0,1% fino all'1% in massa di acqua al materiale (0,5% valore tipico).

Come tipologie si possono utilizzare full cone (se la distanza dal materiale è elevata) oppure

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

hollow cone.

Si scelgono spesso gli ugelli flat fan perché lo spray a ventaglio consente una maggiore direzionalità sul materiale anziché sulle pareti del confinamento.

DEVONO ESSERE ATTIVATI SOLO DURANTE IL CICLO DI SCARICO

- gli ugelli per **la cattura della polvere**: sono ugelli atomizzatori e possono operare solo ad acqua o ad acqua ed aria.

Devono produrre gocce di dimensioni prossime alla polvere da catturare quindi nel campo 1-100 µm e sono ubicati vicino alla sorgente di polverosità.

Sono ugelli che operano a pressioni dell'acqua maggiori (7-14 bar) con consumi intorno ai 2-4 l/min. In caso di problemi dovuti a spostamento polvere causato dalla pressione eccessiva dello spray si possono abbassare le pressioni ma salgono i consumi.

Come tipologie di ugello si usano gli hollow cone o i classici atomizzatori con teste a singolo o multi ugello.

Devono essere attivati durante il ciclo di scarico e mantenuti attivi anche dopo lo scarico fino a che non si osserva un' adeguata riduzione delle polveri disperse

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

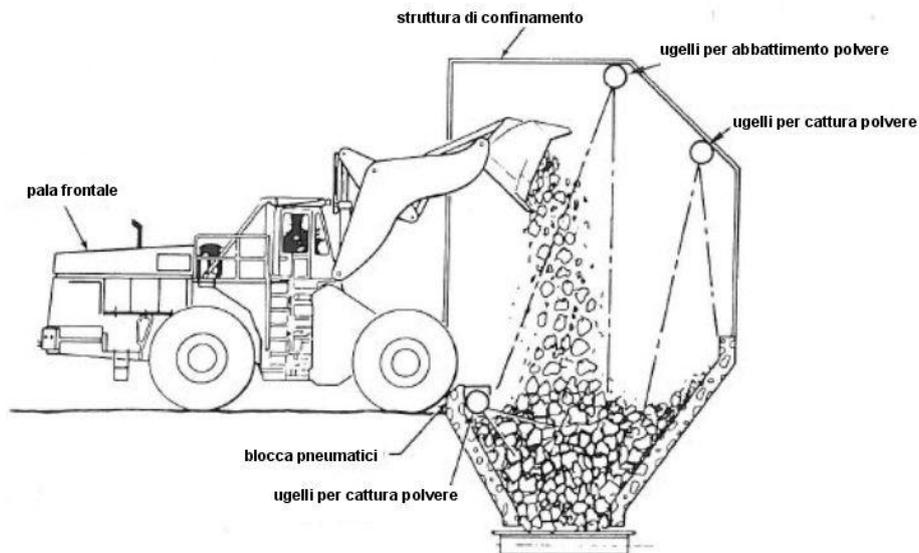
F0

Data

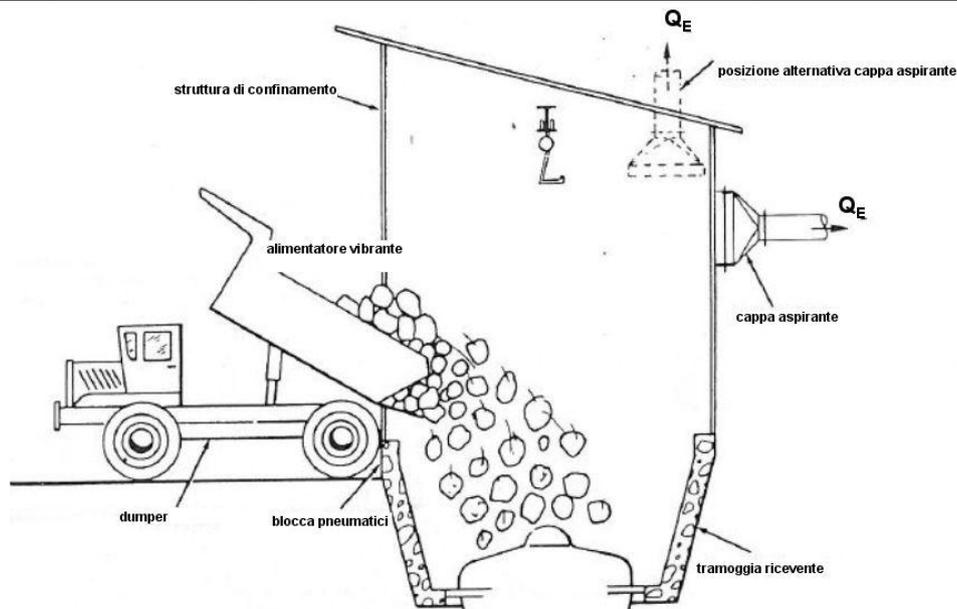
20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale in tramoggia (pala o camion)

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido



Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 33,3 \left(\frac{600T}{G} \right)$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]

G : massa volumica in mucchio del materiale [pounds/ft³]

G : portata in massa materiale [Tpm]

Figura 10.15

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

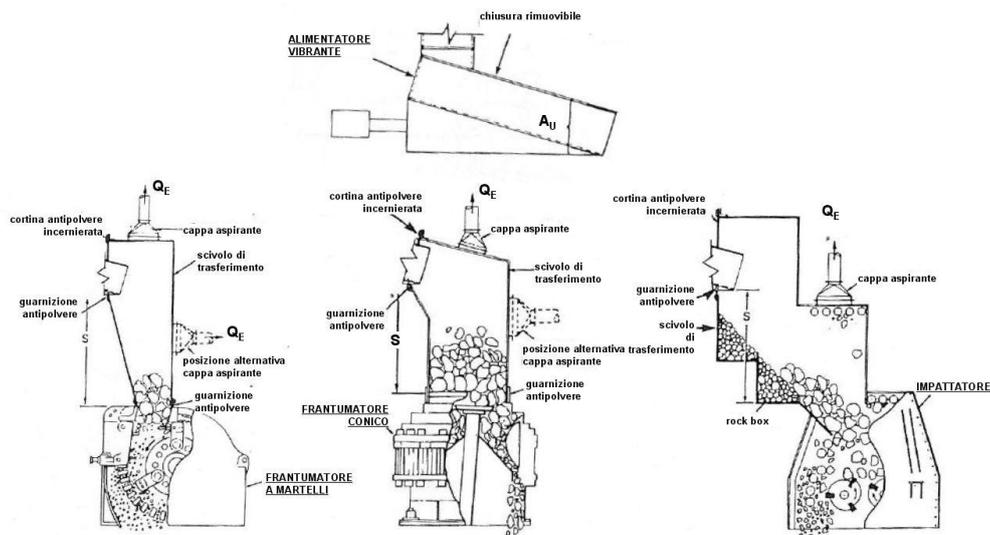
Data

20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da alimentatore a frantumatori a martelli, conico, impattatore

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]

A_U : superfici aperte del confinamento a monte delle aspirazioni [ft^2]

R : portata in massa materiale [Tpm]

S : altezza di caduta [ft]

D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 10.16

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento
CZ0029_F0.doc

Rev. Data
F0 20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da nastro alimentatore a frantumatori

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata

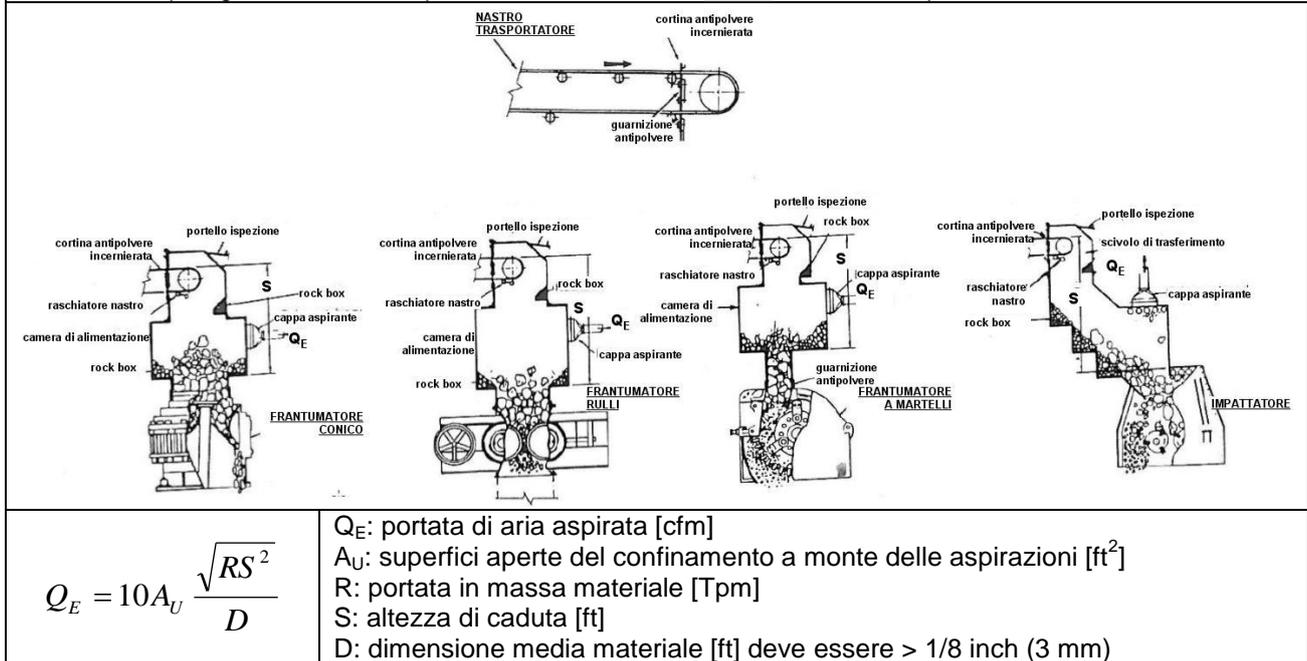


Figura 10.17

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da alimentatore a vagli e da nastro trasportatore a vagli

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

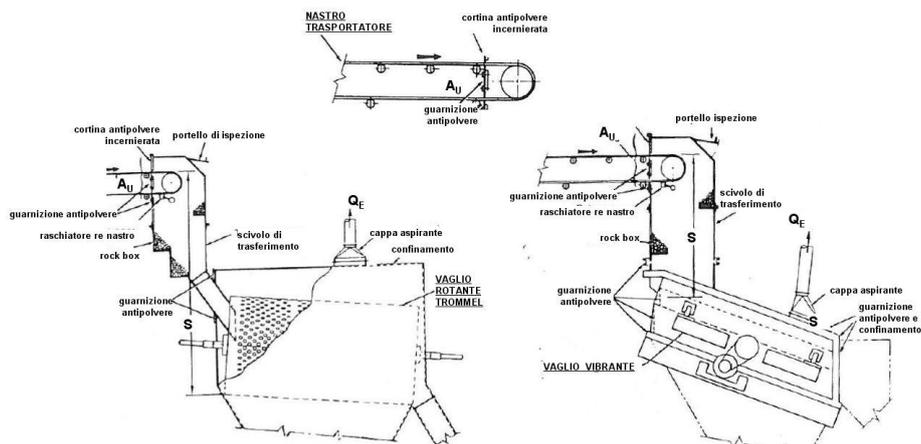
SCONSIGLIATO

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata

$$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]
 A_U : superfici aperte del confinamento a monte delle aspirazioni [ft²]
 R : portata in massa materiale [Tpm]
 S : altezza di caduta [ft]
 D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]
 A_U : superfici aperte del confinamento a monte delle aspirazioni [ft²]
 R : portata in massa materiale [Tpm]
 S : altezza di caduta [ft]
 D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 10.18

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da frantumatori a nastro trasportatore

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

**RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE**

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

Data

20/06/2011

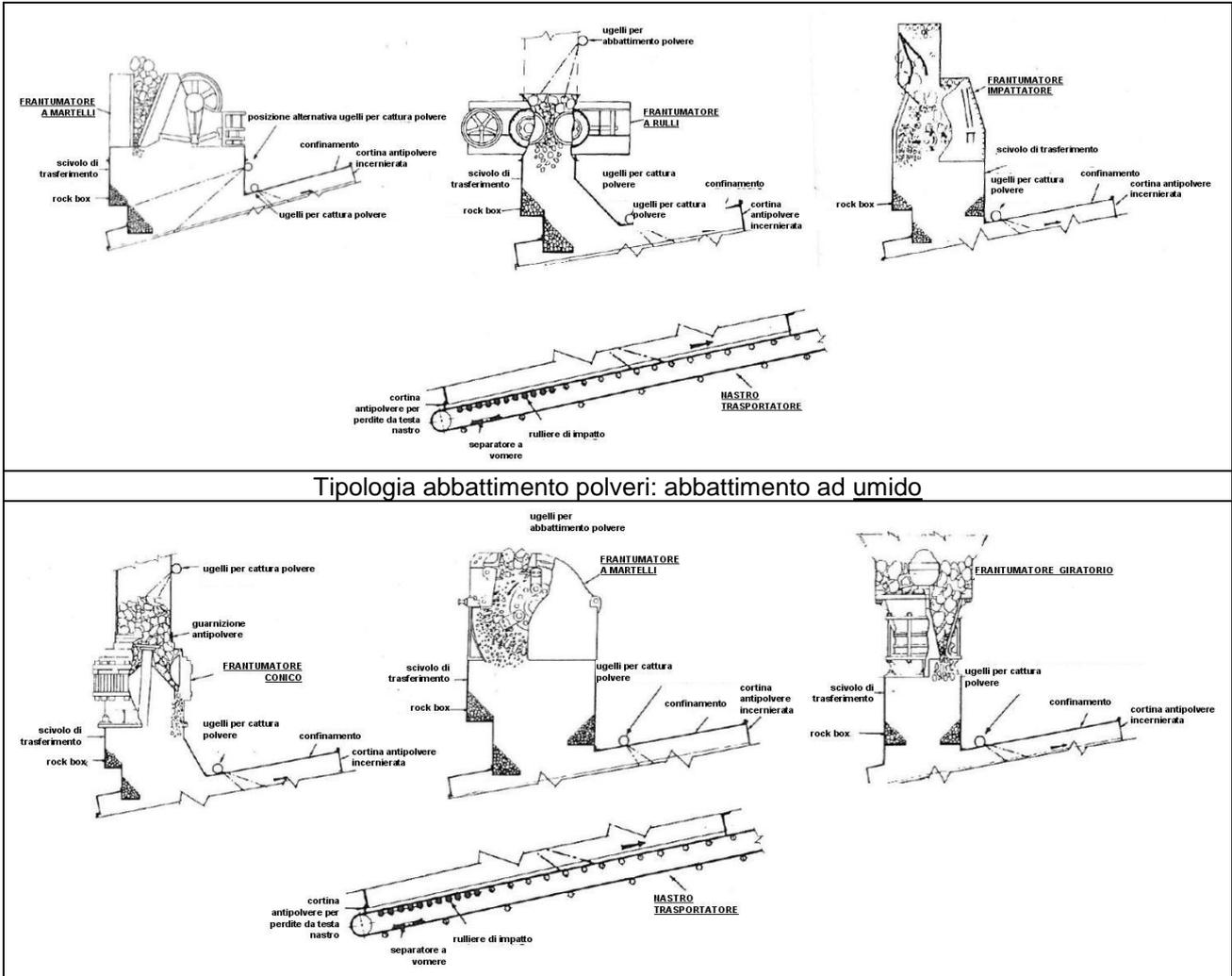


Figura 10.19

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

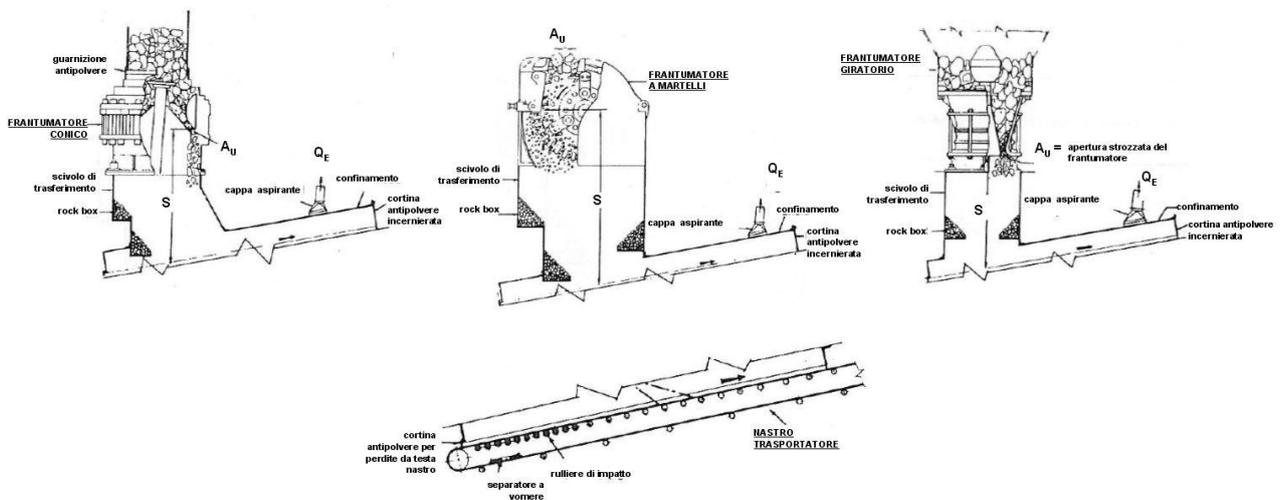
Data

20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da frantumatori a nastro trasportatore

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

Q_E: portata di aria aspirata [cfm]

A_U: superfici aperte del confinamento a monte delle aspirazioni [ft²]

R: portata in massa materiale [Tpm]

S: altezza di caduta [ft]

D: dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 10.20

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

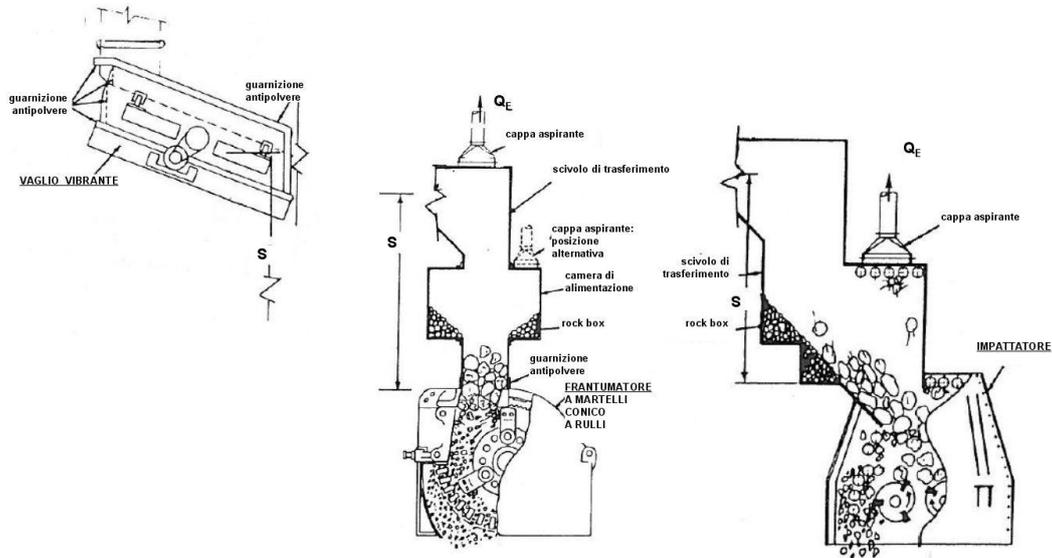
Data

20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da vaglio vibrante a frantumatore ed impattatore

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata



$$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$$

Q_E : portata di aria aspirata [cfm]

A_U : superfici aperte del confinamento a monte delle aspirazioni [ft²] dipende da quanto il confinamento del vaglio è prossimo alle griglie

R : portata in massa materiale [Tpm]

S : altezza di caduta [ft]

D : dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 10.21

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario:
scarico materiale da vaglio vibrante a nastri trasportatori con discenderia e rock box

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento ad umido

Tipologia abbattimento polveri: abbattimento a secco mediante aspirazione localizzata

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

Data

20/06/2011

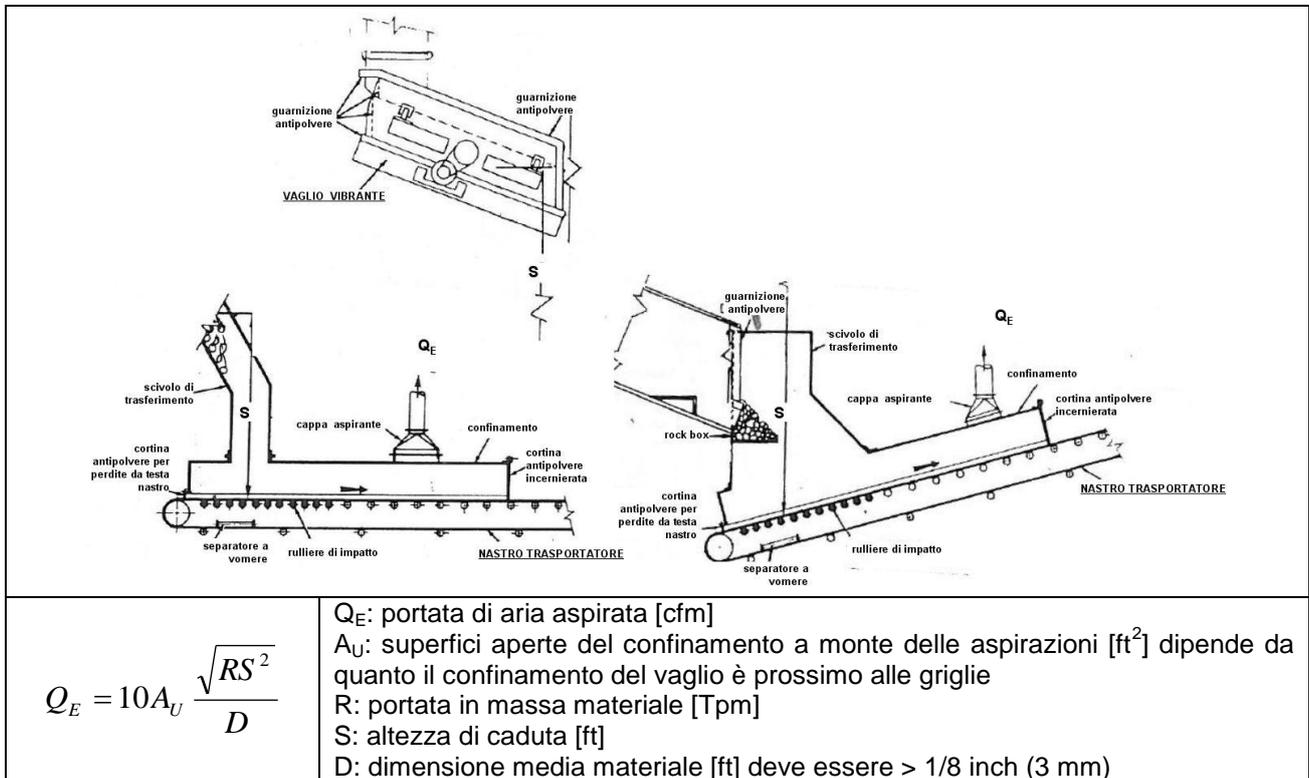


Figura 10.22

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

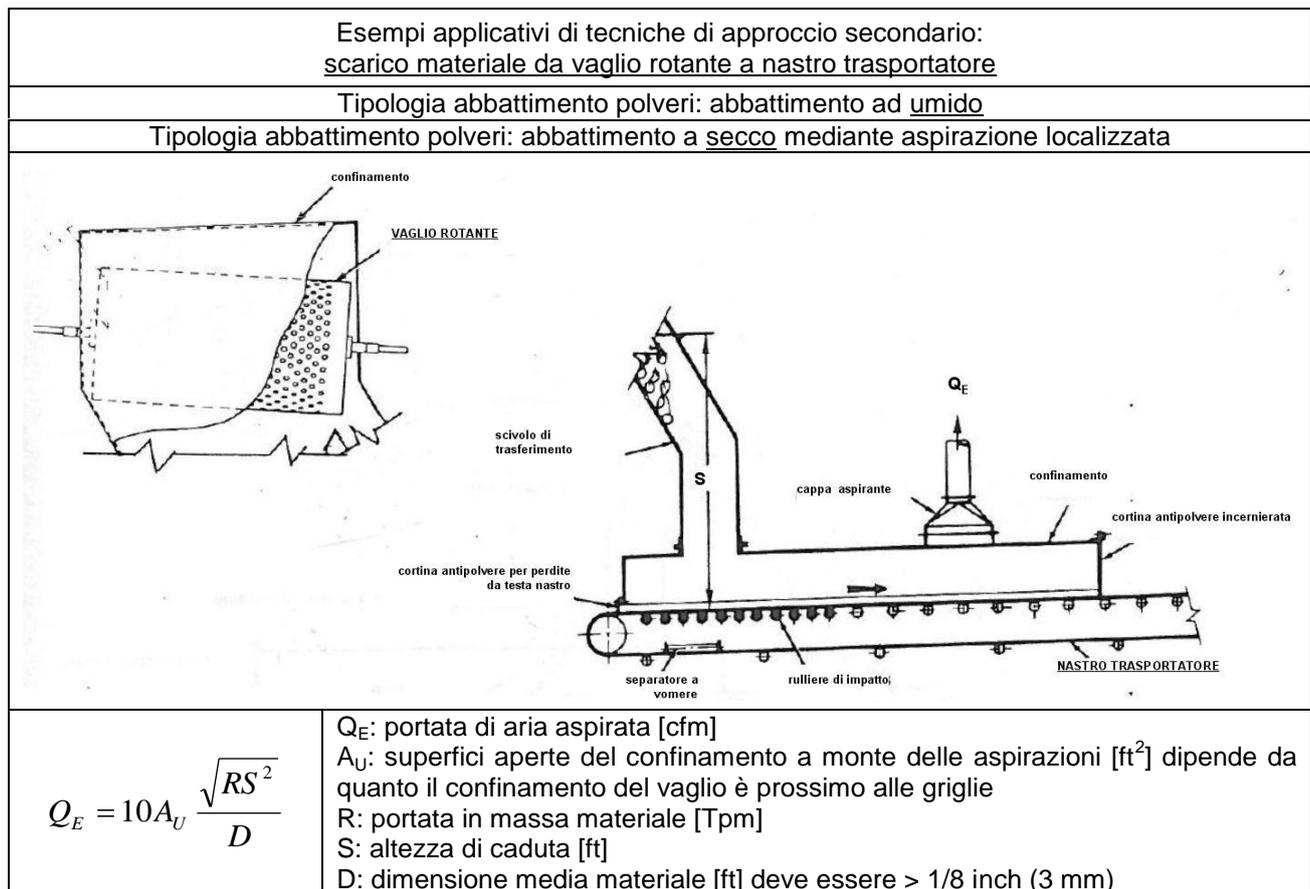


Figura 10.23

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Esempi applicativi di tecniche di approccio secondario: <u>scarico materiale da elevatore a tazze a vagli rotanti e vibranti</u>	
Tipologia abbattimento polveri: <u>abbattimento ad umido</u>	
SCONSIGLIATO	
Tipologia abbattimento polveri: <u>abbattimento a secco</u> mediante aspirazione localizzata	
$Q_E = 10A_U \frac{\sqrt{RS^2}}{D}$	Q _E : portata di aria aspirata [cfm] A _U : superfici aperte del confinamento a monte delle aspirazioni [ft ²] dipende da quanto il confinamento del vaglio è prossimo alle griglie R: portata in massa materiale [Tpm] S: altezza di caduta [ft] D: dimensione media materiale [ft] deve essere > 1/8 inch (3 mm)

Figura 10.24

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11 Impianti di betonaggio

11.1 Descrizione

Le attività afferenti il comparto degli impianti di betonaggio, o di produzione e conferimento di calcestruzzo (possibili schemi del ciclo di produzione sono illustrati in **figura 11.1**), sono scomponibili in fasi lavorative che partono dall'approvvigionamento di materie prime e terminano con la consegna del calcestruzzo in autobetoniera o in silo/cisterne.

Gli impianti di betonaggio possono essere a grandi linee distinti in (fonte Buzzi Unicem):

- centrali con caricamento a secco: i diversi componenti del calcestruzzo vengono stoccati e dosati (per pesata) nelle corrette proporzioni per essere caricati sulle autobetoniere o auto beton pompe (dotate di pompa per il calcestruzzo) per la successiva miscelazione. Ciò avviene in particolare quando la distanza tra l'impianto ed il luogo di utilizzo è grande e di conseguenza lo sarebbe il tempo tra la fine di preparazione dell'impasto e la sua applicazione (in genere questo tempo non dovrebbe superare i 65-90 minuti).
- centrali con premiscelazione forzata: i diversi componenti vengono stoccati ed inviati, dosati per pesata, in un miscelatore fisso che confeziona l'impasto. Quest' ultimo viene poi caricato sul auto betoniera o auto beton pompa che in questo caso ha solo compiti di trasporto.

Un ulteriore suddivisione classifica gli impianti in:

- centrali con flusso di materiali ad avanzamento orizzontale
il trasporto degli aggregati avviene con nastri che portano il materiale al punto di carico
- centrali con flusso di materiali ad avanzamento verticale
i componenti sono stoccati in silos posti sopra al miscelatore o l'autobetoniera e l'alimentazione avviene per caduta

a. MATERIE PRIME

Le materie prime più importanti adottate ad un impianto di betonaggio sono:

- inerti calcarei in granulometrie già idonee (raramente in un impianto di betonaggio è presente uno stadio di frantumazione): sabbie (aggregati fini) e ghiaia, roccia frantumata o scorie di altoforno (aggregati grossolani).
- cemento: consegnato da un cementificio mediante camion cisterna apposti
- prodotti cementizi aggiuntivi: per esempio cemento Portland, pozzolane, utilizzati per rendere le miscele più economiche, per ridurre la permeabilità, aumentare la resistenza, etc.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

- additivi chimici: additivi liquidi utilizzati per aggiungere aria alla miscela, ridurre il quantitativo di acqua richiesto, ritardare o accelerare la presa, rendere il calcestruzzo meno viscoso, etc.

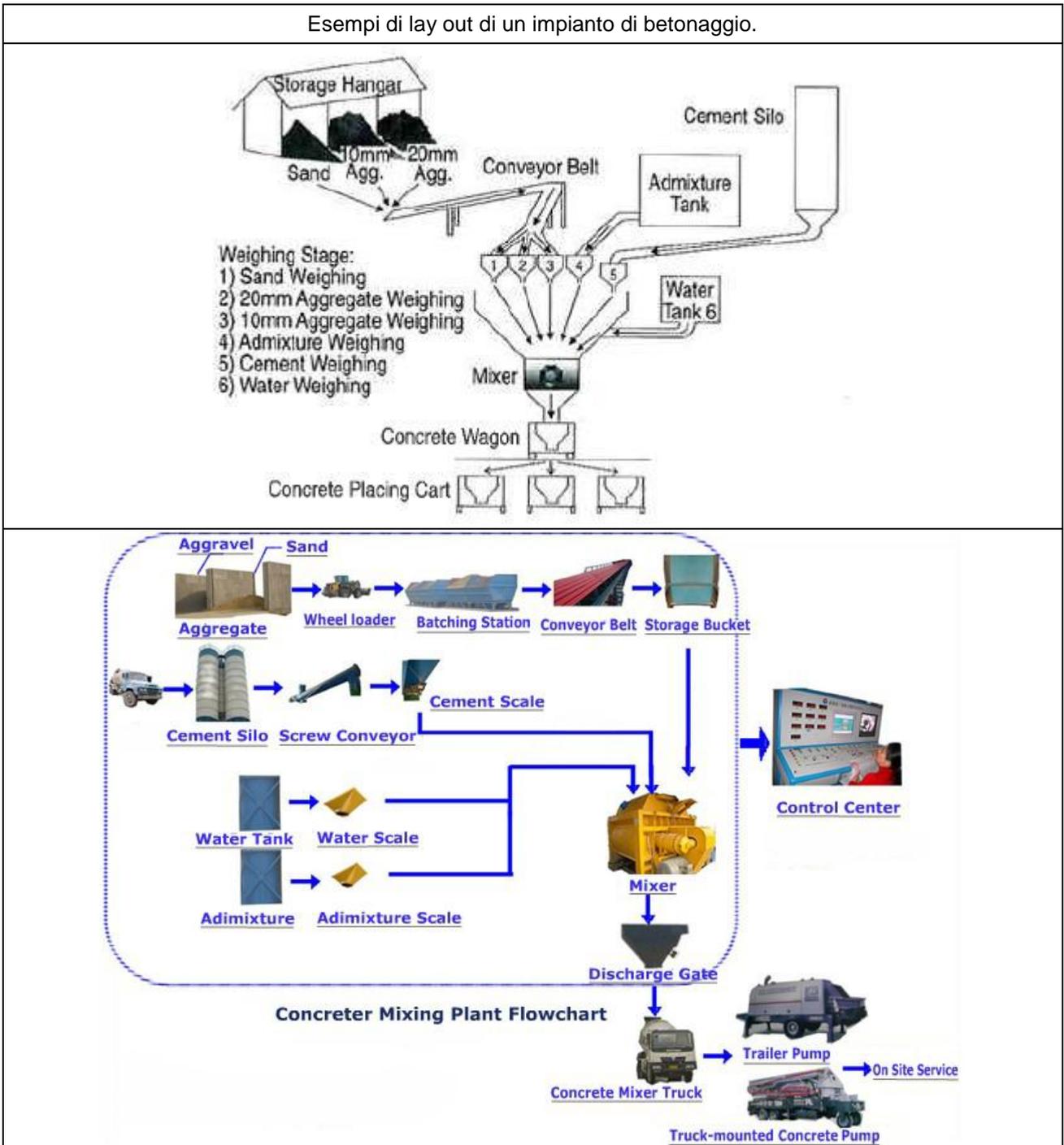


Figura 11.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

b. FASI LAVORATIVE

Le fasi lavorative in cui può essere pertanto scomposta l'attività all'interno di un impianto di betonaggio sono pertanto le seguenti:

1. stoccaggio inerti e stoccaggio cemento
2. trattamento e movimentazione inerti
3. miscelazione inerti e cemento (conferimento a secco e miscelazione direttamente in betoniera) o miscelazione di inerti acqua additivi e cemento (premiscelazione) o ancora miscelazione di cemento acqua ed additivi e conferimento miscela in betoniera in unione con
4. caricamento del materiale in autobetoniere o in auto beton pompe.

1. STOCCAGGIO INERTI E CEMENTO

Per stoccaggio si intendono sia le modalità di conferimento del materiale nell'impianto di betonaggio sia i sistemi e le modalità con cui i materiali conferiti vengono stoccati

Cemento

Lo stoccaggio del cemento, come anticipato, avviene in generale in silo chiusi (dotati di valvola di sfogo per gestire eventuali sovrappressioni durante il caricamento) con sistema di conferimento operante mediante ciclo chiuso dal sistema di trasporto fino al silo di stoccaggio.

In questo senso o il sistema di conferimento del cemento (camion cisterna) è già dotato di pompa di trasferimento ai silo o, diversamente, il cemento viene prelevato dal camion cisterna e trasferito al silo mediante un sistema di trasporto proprio dell'impianto.

Il sistema di trasporto camion-cisterna silo può essere

- pneumatico agente direttamente all'interno del camion
- pneumatico connesso sistema di alimentazione che pesca all'interno del camion
- non pneumatico e costituito da sistema di trasporto orizzontale con sistema di pescaggio dal camion per flusso di materiale orizzontale
- non pneumatico e costituito da un sollevatore a tazze connesso ad un sistema di alimentazione alimentato dal camion per flusso di materiali verticale

Inerti

Lo stoccaggio degli inerti avviene in cumuli distinti per materiale e per granulometria. In altri casi lo stoccaggio avviene in zone di accumulo in cui i cumuli sono delimitati da strutture a scomparto nei quali vengono riposte le diverse tipologie di inerte

La ripresa del materiale dai cumuli o dai comparti può essere effettuata sia con sistemi a ripresa automatizzati sia con sistemi più tradizionali, ovvero con pala o caricatore frontale, scarico su

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tramoggia di alimentazione di un nastro trasportatore (o altro sistema di trasporto: coclea in caso di silo di stoccaggio finale non in altezza, sollevatore a tazze in caso di silo di stoccaggio finale in altezza) che trasporta i materiali ai silo di stoccaggio finale (generalmente aperti).

2. TRATTAMENTO E MOVIMENTAZIONE

- NB₁: per punto di carico si intende in particolare il punto di conferimento dei materiali nella botte della autobetoniera o auto beton pompa (centrali con caricamento a secco). Più in generale è il punto di conferimento dei materiali da un sistema in cui erano precedentemente stoccato ad un altro in cui vengono nuovamente stoccati o lavorati, per esempio il punto di carico dei materiali dai silo di stoccaggio al miscelatore (centrali con premiscelazione forzata).
- NB₂: la movimentazione di inerti e cemento può avvenire già come sottofase interna della macrofase di stoccaggio. In questa fase per trattamento e movimentazione si intendono le attività necessarie alla preparazione degli impasti.

Cemento

Dai sili di stoccaggio, in genere mediante alimentatori a coclea, vengono trasferite ai sistemi di pesatura (celle di carico) le quantità volute. Dai sistemi di pesatura pesa il cemento viene nuovamente trasferito mediante coclee alle tramogge di carico dei sistemi di miscelazione.

Inerti

Dai silo o dalle tramogge di stoccaggio gli inerti vengono conferiti mediante bocchette di estrazione (valvole) a cassoni pesatori (o celle di carico) fino al raggiungimento della quantità voluta per ogni classe granulometrica. Al termine della operazione il materiale viene trasferito al punto di carico (tramoggia di carico) del sistema di miscelazione ancora tramite nastri trasportatori o per caduta.

Ovviamente in caso di tramoggia di carico dosatrice e stoccaggio inerti solo in cumuli (quindi senza silo chiusi di stoccaggio) il conferimento degli inerti dai cumuli, o dalle strutture compartimentale, alle tramogge di carico dosatrici (connesse a celle di carico) può avvenire mediante pale caricatrici frontali che scaricano il materiale direttamente nelle tramogge di carico.

Acqua ed additivi

La giusta quantità di acqua viene misurata mediante misuratori di portata o bilance e trasportata in tubazione al punto di carico. Gli additivi, contenuti in cisterne, vengono estratti e dosati a volume ed inviati mediante tubazione al punto di carico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3. MISCELAZIONE MATERIALI

Può essere un sistema chiuso od un sistema aperto, il caricamento può avvenire sia mediante tramogge dosatrici (per caduta) sia mediante nastri, scivoli di carico o altri sistemi trasportanti le quantità dosate di materiali.

4. CONFERIMENTO MATERIALI FINALI

Nei conferimenti a secco la miscela di inerti e cemento viene caricata, generalmente mediante tubazioni telescopiche o tubazioni in cascata, nella tramoggia di carico della betoniera posta sopra al tamburo della stessa. Con l'aggiunta di acqua ed additivi si realizza l'impasto che verrà miscelato dalla betoniera stessa e consegnato al cliente. All'interno del tamburo della betoniera sono predisposte delle eliche che servono sia in fase di carico e di miscelazione sia in fase di scarico (che riversa il contenuto su una canale per quanto riguarda le auto betoniere, le autobeton pompe sono dotate oltre che di tamburo di un gruppo pompa con braccio snodato per il getto di calcestruzzo).

c. IN SINTESI

- La maggior parte del calcestruzzo viene prodotto in impianti in cui le materie prime vengono stoccate, trasportate, dosate e scaricate camion per essere miscelati ed utilizzati sul luogo di applicazione.
- Nella maggior parte di questi impianti sabbia, aggregati, cemento ed acqua vengono stoccati in silos in altezza ed alimentati per gravità da una tramoggia dosatrice connessa a celle di carico in una autobetoniera o autobeton pompa che miscela i prodotti lungo il tragitto che la separa dal luogo di applicazione.
- Alcuni impianti erogano cemento, acqua ed additivi già in miscela e li uniscono agli inerti al punto di carico della betoniera che provvede poi alla miscelazione finale.
- In alcuni impianti il calcestruzzo può essere già preparato in un miscelatore e trasferito in betoniera o in camion cisterna.
- Le materie prime vengono consegnate mediante vagoni ferroviari, camion.
- Il cemento viene generalmente trasferito dai sistemi di trasporto che lo consegnano ai silo chiusi di stoccaggio per mezzo di sistemi di trasporto pneumatici o mediante sollevatore a tazze.
- Gli aggregati e la sabbia vengono trasferiti ai silo di stoccaggio aperti e solitamente in altezza mediante pala frontale, nastro trasportatore, o sollevatore a tazze.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Dai silo in altezza i materiali vengono addotti alle tramogge dosatrici per gravità o mediante sistemi a coclea.

11.2 Emissione di polveri da impianti di betonaggio: definizione del problema e soluzioni di mitigazione possibili ordinate per tipologia di approccio

Le emissioni di particolato degli impianti di betonaggio sono costituite, dal punto di vista qualitativo prevalentemente:

- da polveri di cemento e pozzolana (classificate in classe di dispersività S1 ovvero altamente sensibili alla dispersione e non bagnabili);
- polveri di componenti minerali di sabbia e di inerti: aventi dimensioni granulometrico aerodinamiche tali da renderle sollevabili durante le fasi di sollecitazione o che per comminazione, durante i trasferimenti le raggiungono,
- metalli in tracce

La maggior parte delle emissioni sono di carattere fugitivo solo alcune sono di tipo puntuale.

a. Afferiscono alla categoria sorgenti puntuali:

- qualsiasi punto di trasferimento o di carico di materiale in cui la aerodispersione di polveri è gestita con approccio secondario costituito da sistemi di aspirazione localizzata connessi a stadi di abbattimento (mediamente costituiti da filtri a maniche in batteria dotati di sistemi di pulizia automatizzati), in particolare:

1. i punti di trasferimento tra nastri trasportatori
2. le aspirazioni alla corona anulare delle tubazioni di carico piene e telescopizzate di camion o betoniere (prodotti secchi)
3. i sistemi di aspirazione connessi alle tramogge di scarico dotate di lamine antipolvere
 - lo scarico di qualsiasi sistema di trasporto pneumatico in aspirazione
 - gli sfiati in filtrazione di qualsiasi silo alimentato da sistema di trasporto pneumatico in pressione con linea di ritorno dell'aria

b. Afferiscono alla categoria sorgenti fugitive:

- scarico prodotti per la costituzione di cumuli: l'operazione può avvenire con diverse tecniche, scarico camion su tramoggia e da questa a scivolo di trasferimento, scarico da camion su nastro lanciatore, etc
- azione erosiva del vento sulle componenti più fini dei prodotti stoccati su cumuli
- azione erosiva del vento sulle componenti più fini di piste e piazzali non asfaltati

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

- azione erosiva del vento sui materiali persi dai mezzi di trasporto (sia dai sistemi di carico sia dai copertoni), depositatisi su piste e piazzali non oggetto di pulizia
- azione erosiva del vento su materiali persi dai sistemi di trasporto, di carico e di trasferimento ed accumulatisi su parti di impianto compresi piste e piazzali
- polveri risollevate dal traffico dei veicoli da piste e piazzali non asfaltati
- risollevarimento di materiale polverulento perso da sistemi di trasporto, di carico o di trasferimento su piste e piazzali (asfaltati e non) o su parti di impianto da parte dei movimenti d'aria dovuti al traffico dei veicoli
- trasferimento materiali da cumuli in tramoggia o in silo di stoccaggio
- trasferimento materiali dalle tramogge o dai silo di stoccaggio ad altri sistemi di trasporto interni (nastri, alimentatori)
- caricamento silos aperti
- caricamento miscelatori
- caricamento finale dei prodotti secchi su camion o betoniera

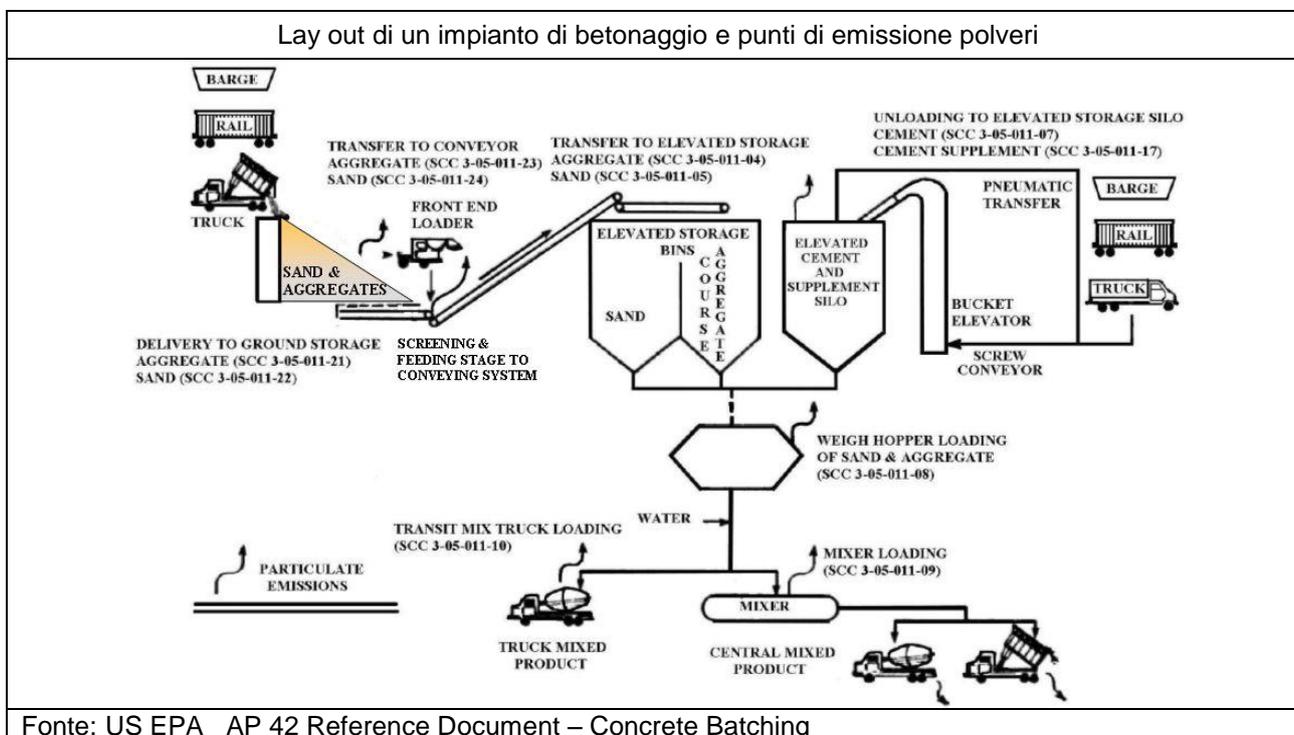


Figura 11.2

L'entità delle emissioni dovute a sorgenti fuggitive risulta fortemente condizionata dalla presenza di umidità nei diversi materiali movimentati, stoccati, costituenti piste e piazzali, o persi su piste,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

piazzali e parti di impianto. In **figura 11.2**, tratta dall'Inventario delle Emissioni dell'EPA (AP-42) è schematizzato il processo di produzione del cemento evidenziato i possibili punti di emissione di particolato. In **tabella 11.1** sono elencate le possibili soluzioni di mitigazione ordinate per tipologia di sorgente e di approccio

Elenco e classificazione delle soluzioni di mitigazione applicabili al controllo delle emissioni di polveri da impianti di betonaggio	
Classificazione	Soluzione
<i>Approcci pre primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2 ▪ utilizzo di tecniche di "wet suppression" per la <u>bagnatura</u> del materiale nelle fasi lavorative precedenti l'attività
<i>Approcci primari</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2 SORGENTI DI POLVERI LOCALIZZATE <ul style="list-style-type: none"> ▪ indicazioni generali e di ubicazione di parti di impianto ▪ indicazioni per il conferimento dei prodotti finali (in camion/betoniera) e delle materie prime (in cumuli) ▪ indicazioni per le tramogge connesse a stoccaggi in cumulo o in strutture di contenimento, tramogge dosatrici e tramogge di alimentazione del miscelatore ▪ indicazioni per il trasferimento materiali SORGENTI DI POLVERI FUGGITIVE <ul style="list-style-type: none"> ▪ indicazioni generali e di ubicazione di parti di impianto ▪ indicazioni per gli stoccaggi ▪ indicazioni per le tramogge connesse a stoccaggi in cumulo o in strutture di contenimento, tramogge dosatrici e tramogge di alimentazione del miscelatore ▪ indicazioni per il trasferimento materiali ▪ indicazioni per i silo di stoccaggio ▪ indicazioni per le modalità di conferimento delle materie prime ▪ indicazioni per il conferimento prodotti finali ▪ indicazioni per le piste e piazzali
<i>Approcci secondari</i>	SORGENTI LOCALIZZATE <ul style="list-style-type: none"> ▪ indicazioni per i silo di stoccaggio ▪ indicazioni per le tramogge connesse a stoccaggi in cumulo o in strutture di contenimento, tramogge dosatrici e tramogge di alimentazione del miscelatore ▪ indicazioni per il trasferimento materiali ▪ indicazioni per il conferimento dei prodotti finali SORGENTI DI POLVERI FUGGITIVE <ul style="list-style-type: none"> ▪ indicazioni per gli stoccaggi ▪ indicazioni per le tramogge connesse a stoccaggi in cumulo o in strutture di contenimento, tramogge dosatrici e tramogge di alimentazione del miscelatore ▪ indicazioni per i silo di stoccaggio ▪ indicazioni per le piste e piazzali

Tabella 11.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.3 Soluzioni di mitigazione per impianti di betonaggio classificabili come approcci pre - primari

11.3.1 Approcci pre primari – soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2:

<i>Approcci pre primari</i>	conoscere la tendenza alla aerodispersione di materiali lavorati corretta scelta degli utensili sollecitanti e controllo del loro stato di degrado nelle fasi producenti le materie prime fornite
-----------------------------	---

11.3.2 Approcci pre primari – bagnatura del materiale

Si tratta di utilizzare materie prime, per quanto riguarda gli aggregati, umide per le fasi di scarico se le specifiche di preparazione delle miscele lo consentono. Per un maggior approfondimento sulla bagnatura e sulle tecniche e tecnologie possibili, si veda quanto riportato in Appendice 1.

11.4 Soluzioni di mitigazione per impianti di betonaggio classificabili come approcci primari

11.4.1 Approcci primari – utilizzo delle soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2

Si rammenta l'importanza di considerare le seguenti soluzioni comuni a tutte le attività descritte al Capitolo 2:

<i>Approcci primari</i>	monitoraggio delle emissioni di polveri da sorgenti localizzate e fuggitive monitoraggio delle condizioni climatiche monitoraggio delle misure di prevenzione e contenimento delle emissioni di polveri da sorgenti localizzate e fuggitive programmazione delle attività lavorative di scarico e trasferimento materiali (non eseguite con cicli chiusi) il più possibile durante eventi di moderata velocità del vento
-------------------------	--

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.5 Soluzioni di mitigazione per impianti di betonaggio classificabili come approcci primari: emissioni da sorgenti localizzate

11.5.1 Approcci primari per sorgenti localizzate – ubicazione di parti di impianto ed indicazioni generali

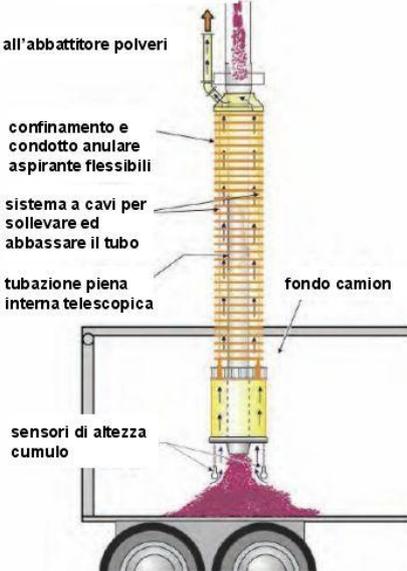
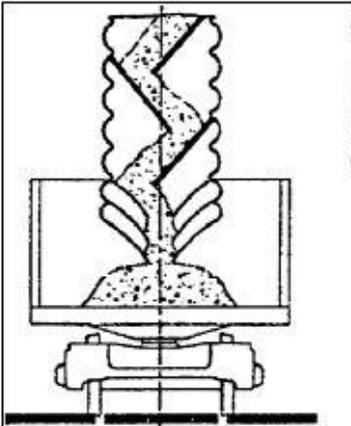
- Mantenere tutte le attrezzature, inclusi i dispositivi di cattura ed abbattimento delle emissioni di polvere secondo le indicazioni del produttore contenute e formalizzate nel manuale tecnico (se non presenti richiederle e farle formalizzare). Tali raccomandazioni devono essere disponibili e ben raccolte in impianto;
- creare e mantenere aggiornata la check list relativa alle operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria di tutte le attrezzature, compresi i dispositivi di cattura ed abbattimento delle emissioni di polvere registrando data e tempo trascorso tra le varie operazioni di manutenzione o correttive;
- dotarsi di un sistema integrato di gestione della qualità, della sicurezza e della tutela ambientale relativo all'impianto, alle operazioni in esso svolte ed al processo di consegna materie prime e conferimento prodotti finali.

11.5.2 Approcci primari per sorgenti localizzate – conferimento prodotti finali (in camion/betoniera) e conferimento materie prime (in cumuli)

- Limitare la portata di carico dei materiali conferiti: caricare lentamente riduce le emissioni
- limitare la sequenza di carico dei materiali
- limitare l'altezza e la velocità di scarico dei materiali: in particolare ciò riguarda tutti i sistemi di carico materiale in tramoggia di processo, di scarico materiale in tramoggia di sistemi di trasporto (betoniere) ed in particolare per il conferimento di materiale in cumulo realizzato mediante nastri trasportatori o nastri lanciatori.
- il trasferimento di materiale in cumulo dovrebbe essere realizzato con sistemi di carico a proboscide telescopizzabile e dotata di sensore di posizione per mantenere il minimo franco tra il punto di scarico ed il cumulo o possibilmente attrezzati con scivolo di trasferimento per minimizzare altezza e velocità di caduta

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In **figura 11.3** sono rappresentate alcune soluzioni per minimizzare la velocità e l'altezza di caduta dei materiali allo scarico dei prodotti finali (ovviamente soprattutto quando non si tratta di miscele umide) ed allo scarico delle materie prime.

Esempi di soluzioni per ridurre velocità ed altezza di caduta per carico e scarico di materie prime e prodotti finali (soprattutto per materiali secchi)		
 <p>all'abbattitore polveri</p> <p>confinamento e condotto anulare aspirante flessibili</p> <p>sistema a cavi per sollevare ed abbassare il tubo</p> <p>tubazione piena interna telescopica</p> <p>fondo camion</p> <p>sensori di altezza cumulo</p>		 <p style="text-align: center;">Tubazione di carico in cascata per ridurre l'altezza e la velocità di caduta</p>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

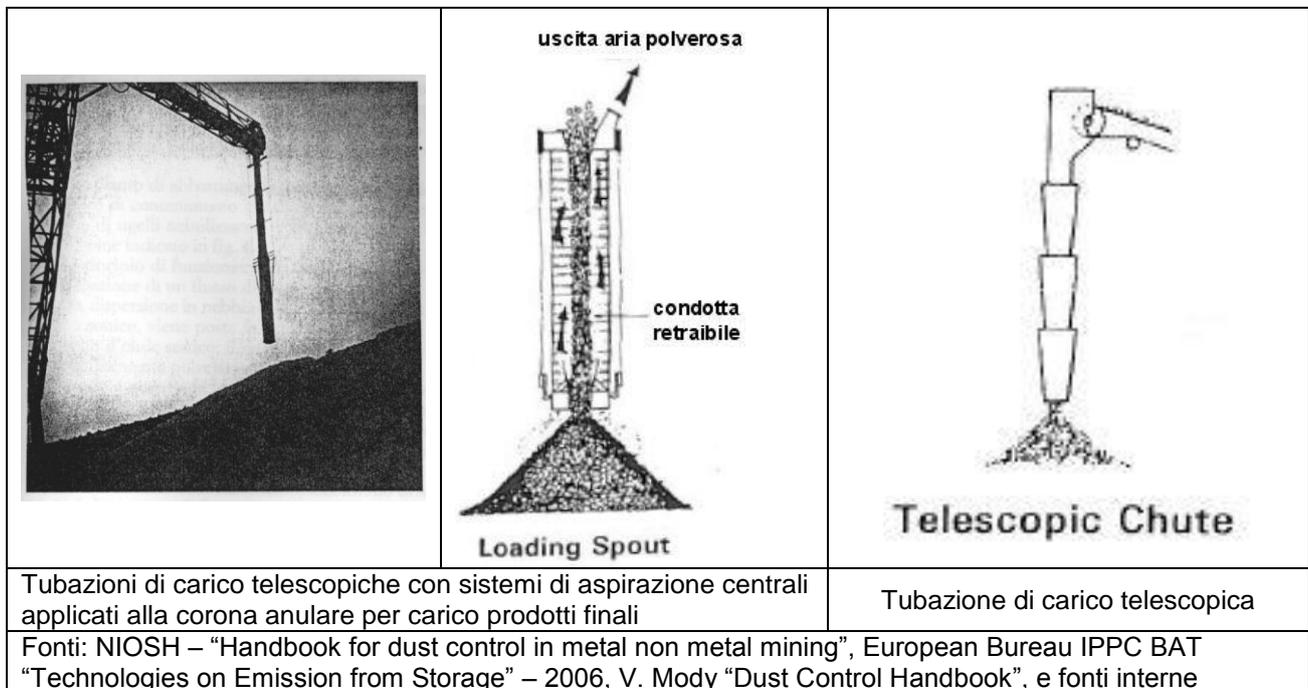


Figura 11.3

11.5.3 Approcci primari per sorgenti localizzate – tramogge: tramogge connesse a stoccaggi in cumulo o in strutture di contenimento, tramogge dosatrici e tramogge di alimentazione del miscelatore

- confinare l'impianto di miscelazione in struttura chiusa o operare con miscelatore chiuso con scarico e carico materiale in sistemi confinati
- sviluppare procedure di carico e scarico di cemento ed aggregati: come operare con pala frontale, come posizionare gli autoveicoli sotto i sistemi di carico etc.

11.5.4 Approcci primari per sorgenti localizzate – trasferimento materiali

- i punti di alimentazione dei sistemi di trasferimento materiali utilizzando nastri trasportatori, trasportatori a catena, sollevatori a tazze, in particolare:
 1. i punti di alimentazione dei nastri direttamente connessi a cumuli (alimentazione mediante coclea e connessione a nastri)
 2. i punti di trasferimento nastro/nastro o nastro/sollevatore a tazze
 3. i punti di alimentazione tramogge/nastri o tramogge/solevatore a tazza
dovrebbero essere completamente confinati o ubicati in strutture chiuse in sotterraneo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

prima del punto di trasferimento o prima del punto in cui il materiale viene sollecitato dalle azioni di trasferimento è utile installare (quando il materiale ed il processo lo consentono) ugelli irroratori per la bagnatura del materiale

11.6 Soluzioni di mitigazione per impianti di betonaggio classificabili come approcci primari: emissioni da sorgenti di polveri fuggitive

11.6.1 Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – ubicazione di parti di impianto ed indicazioni generali

- mantenere tutte le attrezzature, inclusi i dispositivi di cattura ed abbattimento delle emissioni di polvere secondo le indicazioni del produttore contenute e formalizzate nel manuale tecnico (se non presenti richiederle e farle formalizzare). Tali raccomandazioni devono essere disponibili e ben raccolte in impianto;
- creare e mantenere aggiornata la check list relativa alle operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria di tutte le attrezzature, compresi i dispositivi di cattura ed abbattimento delle emissioni di polvere registrando data e tempo trascorso tra le varie operazioni di manutenzione o correttive;
- dotarsi di un sistema integrato di gestione della qualità, della sicurezza e della tutela ambientale relativo all'impianto, alle operazioni in esso svolte ed al processo di consegna materie prime e conferimento prodotti finali.
- ubicare l'impianto (o almeno le sue parti stazionarie e la zona cumuli se lo stoccaggio materie prime avviene secondo questa modalità) distante da abitazioni o da luoghi utilizzati per la locazione di ricettori sensibili: la corretta determinazione delle distanze da rispettare per ridurre l'impatto su questi ricettori è contenuta in un manuale di Linee Guida dell'EPA (Environmental Protection Agency – USA) del 2007 "Guidelines for separation distances". Nell'ipotesi che l'impianto utilizzi tecnologie categorizzabili come "Best Available Technology economically achievable" (BATLEA) le distanze minime consigliate sono le seguenti:
 1. impianti fissi: almeno 100 m da abitazioni o altri ricettori,
 2. impianti mobili: non meno di 50 metri da qualsiasi ricettore sensibile,
 3. dove è possibile interporre una zona cuscinetto di almeno 100 metri tra l'impianto e qualsiasi centro residenziale e cercare di localizzare le parti di impianto più polverose prima della zona cuscinetto;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- formare lo staff e gli autisti degli autoveicoli di carico, scarico, trasporto per evitare lo scarico di materiale in modo non controllato in qualsiasi area ubicata all'aperto;
- confinare l'impianto: in struttura chiusa oppure utilizzare barriere per ridurre la velocità del vento naturali (alberi o elementi topografici) o artificiali (reti/cancellate/dune antivento);
- utilizzare se possibile sistemi a chiusura totale per le operazioni di carico, scarico, manipolazione, trasferimento o stoccaggio delle materie prime più polverose: cemento, ceneri polverizzate;
- ubicare l'ingresso e l'uscita dei mezzi pesanti dall'impianto in posizione tale da massimizzarne la distanza rispetto a ricettori sensibili;
- ridurre le distanze di trasporto dei veicoli pesanti all'interno dell'impianto: in particolare ridurre le distanze di trasporto delle pale frontali dai cumuli di stoccaggio alle tramogge di alimentazione dell'impianto o direttamente a silo o tramogge dosatrici.

11.6.2 Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per gli stoccaggi

- Lo stoccaggio in cumuli è consentito solo se esiste una area cuscinetto sufficientemente grande tra impianto e ricettori;
- cercare di tenere le zone di stoccaggio nella zona cuscinetto interna all'impianto;
- calcolare la direzione dei venti prevalenti ed ubicare i sistemi di stoccaggio degli inerti ed i nastri trasportatori ad essi connessi sottovento o in posizione tale da minimizzare l'effetto di erosione e trasporto da parte del vento;
- in caso di stoccaggio dei cumuli considerare per la loro erezione e per la ripresa del materiale le linee guida loro forma, posizione, altezza funzionali alla riduzione della erosione da parte del vento;
- stoccare gli inerti in silo aperti sulla sommità anziché in cumuli all'aperto: l'altezza del cumulo non deve superare quella del silo ed essere inferiore alla sua altezza di almeno 0,5 m;
- stoccare gli inerti in bunker che confinino i cumuli su tre lati (baie aperte), con muri alti almeno 0,5 metri sopra la linea di massima altezza di carico, con reti antivento estese ad un'altezza di almeno mezzo metro sopra l'altezza del muro del cumulo, possibilmente dotati di copertura e con cortina antipolvere montata sul lato di ingresso della baia aperta;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- gli aggregati aventi dimensioni inferiori ai 5 mm dovrebbero essere stoccati in strutture completamente chiuse.

Alcuni esempi delle soluzioni elencate sono raffigurati in **figura 11.4**.

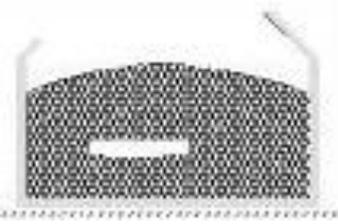
Esempi di soluzioni per lo stoccaggio di materie prime		
		
Cumuli a baia aperta	Cumulo in capannoni aperti sulla sommità	Silo per cumuli a chiusura totale
<small>Fonti: European Bureau IPPC BAT "Technologies on Emission from Storage" – 2006 ed interne</small>		

Figura 11.4

11.6.3 Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per le tramogge connesse a stoccaggi in cumulo o in strutture di contenimento, tramogge dosatrici e tramogge di alimentazione del miscelatore

- Le tramogge riceventi connesse a silo non devono essere usate come sistemi di stoccaggio;
- le connessioni tra silo e celle di carico/tramogge dosatrici devono essere completamente chiuse;
- utilizzare tramogge o tramogge/silo movimentabili per poterle posizionare a ridosso dei punti di scarico del materiale ed in modo che questi siano posizionabili il più possibile al loro interno. Questa tipologia di tramogge deve essere protetta con schermi a paratia su almeno due lati aventi altezza, per tutta la larghezza e lunghezza del silo, di almeno 0,5 m;
- le tramogge fisse devono essere protette con schermi a paratoia (aventi altezza, per tutta la larghezza e lunghezza del silo, di almeno 0,5 m) su tre lati ed attrezzate con schermi e cortine antipolvere plastiche robuste;
- le tramogge o i silo tramoggia caricati mediante pala frontale devono anche essere dotati di copertura estesa per almeno due metri sul lato di carico.

Alcuni esempi delle soluzioni elencate sono raffigurati in **figura 11.5 e 11.6**

Esempi di tramogge e soluzioni applicate alle tramogge per il carico di materie prime

**RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE**

Codice documento

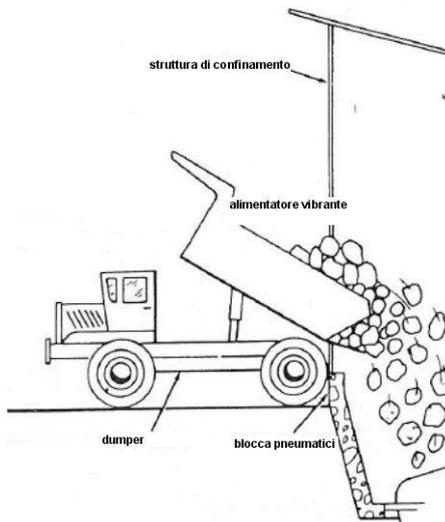
CZ0029_F0.doc

Rev.

F0

Data

20/06/2011



tramogge carrabili

tramoggia sotto copertura a tettoia

Fonti: V. Mody "Dust Control Handbook ed interne

Figura 11.5 (prosegue)

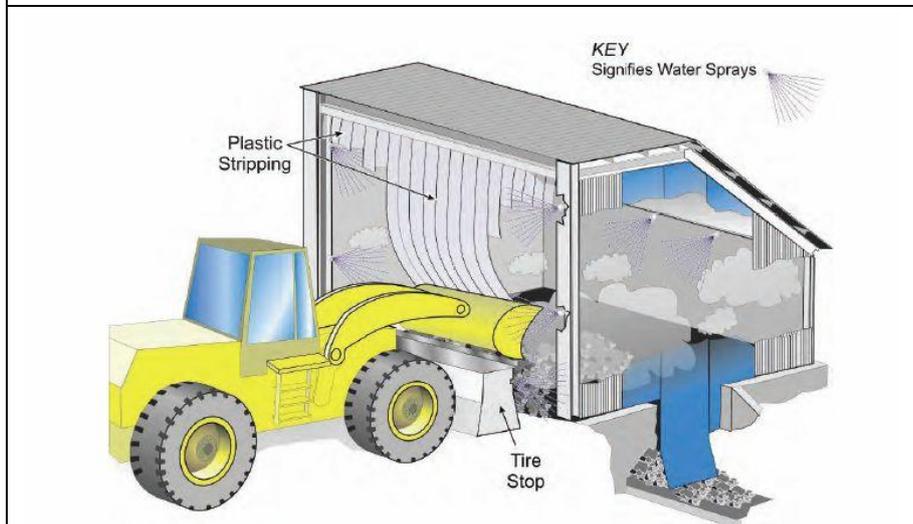
Esempi di tramogge e soluzioni applicate alle tramogge per il carico di materie prime

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

		tramoggia sotto copertura a tettoia
tramoggia e scivolo di carico aperti	tramoggia confinata	

Figura 11.5

Soluzioni applicate alle tramogge ed ai collegamenti con i miscelatori
per il carico ed il trasferimento di materie prime



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



tramoggia di scarico protetta e dotata di collettori ad ugelli nebulizzatori per l'abbattimento delle emissioni	miscelatore chiuso
Fonti: NIOSH - "Handbook for dust control in metal non metal mining", http://www.cuoghisas.it/ita/plant12.html	

Figura 11.6 (prosegue)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

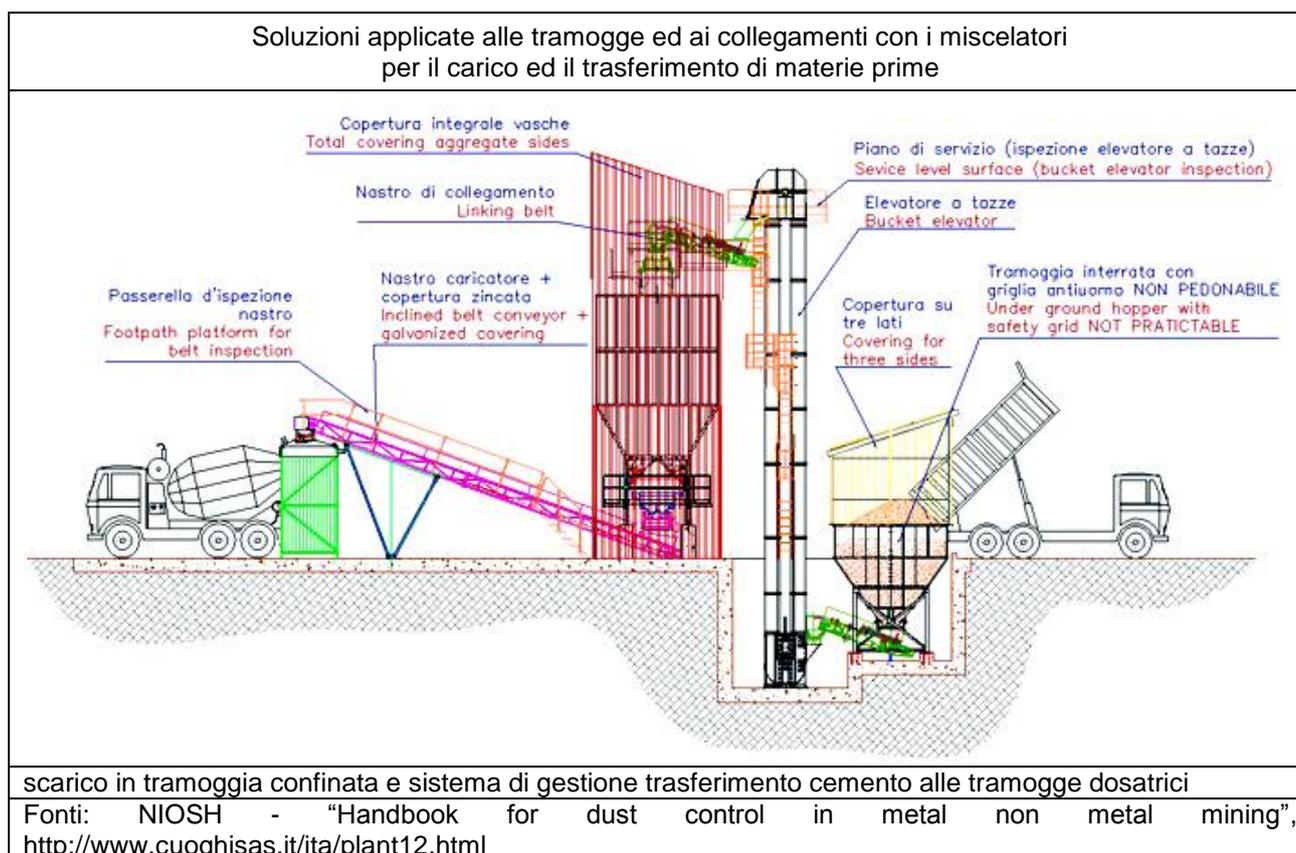


Figura 11.6

11.6.4 Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per il trasferimento di materiali

- Gli aggregati aventi dimensioni inferiori ai 5 mm non dovrebbero essere trasferiti o manipolati in aree aperte.
- I punti di alimentazione dei sistemi di trasferimento materiali utilizzando nastri trasportatori, trasportatori a catena, sollevatori a tazze, in particolare:
 1. i punti di alimentazione dei nastri direttamente connessi a cumuli (alimentazione mediante coclea e connessione a nastri)
 2. i punti di trasferimento nastro/nastro nastro/sollevatore a tazze
 3. i punti di alimentazione tramogge/nastri o tramogge/solevatore a tazza

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

se posti prima di lunghi tratti allo scoperto dovrebbero essere attrezzati con ugelli irroratori per la bagnatura del materiale posti prima del punto in cui il materiale viene trasferito.

- Utilizzare nastri trasportatori in sotterraneo, oppure chiusi (tubolari per esempio) oppure attrezzati mediante:
 1. coperture a cupola;
 2. barriere di protezione laterali su entrambi i lati;
 3. direzionatori antiperdite che orientino il flusso di materiale al centro del nastro;
 4. dispositivi di raschiatura e pulizia del nastro posti dopo la puleggia di testa.

11.6.5 Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per i silo di stoccaggio

- Utilizzare i silo per stoccare qualsiasi materiale in grado di generare polveri fuggitive in particolare cemento e ceneri polverizzate ed utilizzare sistemi di trasferimento dei materiali nei silos funzionanti con impianti pneumatici in aspirazione o ventilazione (**figura 11.7**);
- i sistemi di trasferimento materiali ai silo (per esempio il sollevatore a tazze) devono essere completamente chiusi;
- le aree per il conferimento dei materiali in silo con di tramogge riceventi devono essere chiuse o confinate su almeno 3 lati con muri alti almeno 3 metri rispetto al punto di scarico;

11.6.6 Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per le modalità di conferimento delle materie prime

- Stabilire un accordo per cui gli aggregati vengano consegnati in condizioni umide. Allo scarico degli aggregati applicare sistemi di abbattimento ad umido mediante nebulizzatori;
- tenere umide le sabbie e gli aggregati nel momento in cui vengono trasferite con nastri dai cumuli ai silo di stoccaggio facenti parte del ciclo di impianto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i>	<i>Rev.</i>	<i>Data</i>
		CZ0029_F0.doc	FO	20/06/2011

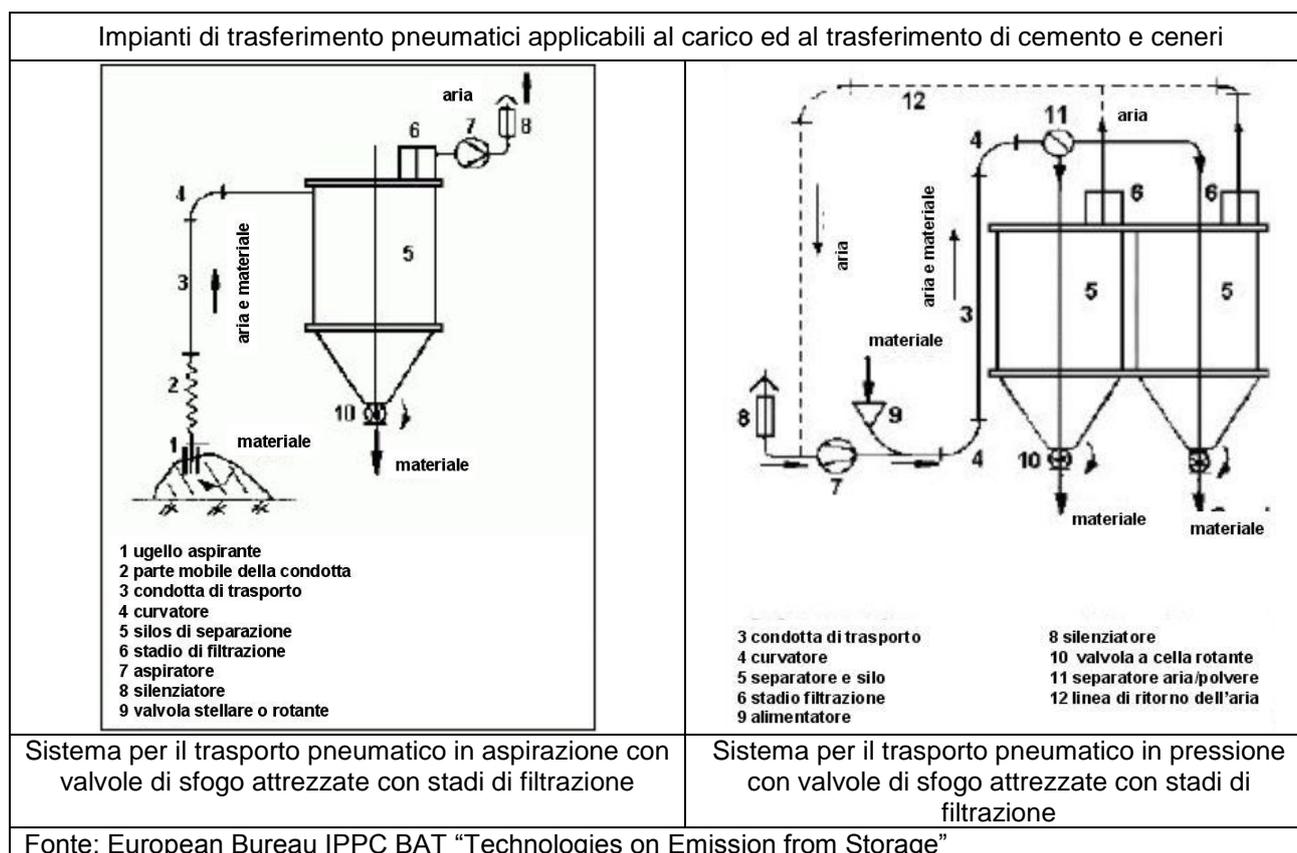


Figura 11.7

11.6.7 Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per il conferimento dei prodotti finali

- Possibilmente premiscelare i materiali finali in un mixer chiuso prima di conferirli in betoniera;
- chiudere completamente la baia di carico betoniere/camion durante la fase di carico: se non è possibile utilizzare strutture fisse sono disponibili strutture a teli per confinare sia in altezza sia lateralmente la baia;
- diversamente utilizzare schermi o confinamenti mobili che confinino solo la tubazione piena di scarico e la tramoggia (possibilmente regolabile) di carico dei camion/betoniere (per impianti di conferimento a secco) , vedi **figura 11.8**;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- se non presente applicato alla tubazione piena di carico installare nel confinamento un sistema di aspirazione localizzata connesso ad un sistema di abbattimento polveri mediante filtrazione;
- utilizzare collettori dotati di ugelli nebulizzatori per abbattimento polveri alla tramoggia di carico di camion/betoniere (per impianti di conferimento a secco), vedi **figura 11.9**;
- possibilmente dotare la baia di carico di sistemi per pulire la carrozzeria del camion/betoniera dopo la fase di scarico.

Soluzioni per mitigazione polveri applicate al punto di carico dei prodotti finali



sistemi di confinamento fissi punti di carico



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sistemi di confinamento o schermi mobili ai punti di carico



sistemi di confinamento o schermi mobili ai punti di carico

Fonti: <http://www.cuoghisas.it/ita/plant12.html>

Figura 11.8

Soluzioni per mitigazione polveri applicate al punto di carico dei prodotti finali, esempio di collettore ad ugelli spray per abbattimento polveri applicato al punto di carico di una betoniera



Fonti: <http://www.aeec.com/>

Figura 11.9

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.6.8 Approcci primari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per le piste ed i piazzali

- Coprire le piste ed i piazzali non asfaltati e soggetti a regolare traffico di veicoli con uno strato di aggregati di elevata qualità;
- utilizzare tecniche ad umido utilizzando irroratori o nebulizzatori d'acqua per limitare il sollevamento di polvere da piste e piazzali non asfaltati dell'impianto;
- utilizzare inibitori chimici (per esempio cloruri) per stabilizzare il suolo delle piste e dei piazzali non asfaltati. Circa gli inibitori di polvere chimici considerare, per la loro applicazione, i seguenti parametri di scelta:
 1. quantità da applicare in litri/m³: per saperla è necessario conoscere l'area soggetta ai problemi,
 2. frequenza di applicazione (tempo tra le applicazioni),
 3. volume di traffico,
 4. condizioni meteo del sito (piovosità ed intensità dei venti) ;
- asfaltare le piste e le aree di processo soggette a traffico regolare di veicoli o esposte senza ostacoli all'azione erosiva del vento;
- pulire le aree pavimentate regolarmente con macchine spazzolatrici ed aspiratrici o tenere bagnate queste aree: le macchine spazzolatrici ad umido devono essere usate solo in quelle aree attrezzate con dreni o pozzetti di raccolta delle acque di ruscellamento;
- verificare regolarmente l'assenza di perdite di materiale polverulento o comminabile a polverulento e in caso di loro presenza rimuoverle immediatamente con macchine aspiratrici ogni perdita di materiale riscontrata;
- stabilire e far rispettare un limite di velocità di 8 ÷ 10 km/h nell'area dell'impianto non asfaltate o in cui non è possibile implementare procedure di regolare pulizia piantumare o inerbire i piazzali dell'impianto non pavimentati ed inutilizzati.

11.7 Soluzioni di mitigazione per impianti di betonaggio classificabili come approcci secondari: emissioni da sorgenti di polveri localizzate

11.7.1 Approcci secondari per sorgenti localizzate – indicazioni per i silo di stoccaggio

- Attrezzare i silo di stoccaggio del cemento o di prodotti cementizi aggiuntivi di sistemi di aspirazione localizzata posti sulla sommità dei silo oppure sistemi di aspirazione a colonna

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

centrale connessi a stadi di abbattimento con filtro a maniche connessi o meno al sistema di carico;

- attrezzare i silo di stoccaggio del cemento o di prodotti cementizi aggiuntivi di sistema di allarme per sovra riempimenti;
- attrezzare i silo di stoccaggio del cemento o di prodotti cementizi aggiuntivi di:
 1. valvole di sfogo o sfiati dotati di sistemi di filtrazione;
 2. sistemi di allarme o altri sistemi di protezione contro le sovrappressioni in fase di caricamento che consentano di bloccare il flusso di materiale addotto. Questi sistemi devono avere un circuito interno che testi il dispositivo e deve esserne testata regolarmente la disponibilità.

11.7.2 Approcci secondari per sorgenti localizzate – indicazioni per le tramogge connesse a stoccaggi in cumulo o in strutture di contenimento, tramogge dosatrici e tramogge di alimentazione del miscelatore

- Attrezzare le tramogge dosatrici con sfiati dotati di sistemi di filtrazione o collettori aspiranti di polvere a colonna centrale anch'essi connessi a stadi di abbattimento polveri per filtrazione;
- utilizzare sistemi di accoglimento materiale regolabili: o dal punto di vista del sistema di caricamento miscelatore o dal punto di vista del lato accoglienza materiale del miscelatore;
- attrezzare con collettore di polveri in aspirazione a colonna centrale o con sistema di aspirazione connesso a filtro a maniche il miscelatore centrale (per impianti dotati di miscelatore).

11.7.3 Approcci secondari per sorgenti localizzate – indicazioni per il trasferimento di materiali

- I punti di alimentazione dei sistemi di trasferimento materiali utilizzando nastri trasportatori, trasportatori a catena, sollevatori a tazze, in particolare:
 1. i punti di alimentazione dei nastri direttamente connessi a cumuli (alimentazione mediante coclea e connessione a nastri),
 2. i punti di trasferimento nastro/nastro nastro/sollevatore a tazze,
 3. i punti di alimentazione tramogge/nastri o tramogge/sollevatore a tazza,
se confinati dovrebbero essere attrezzati con sistemi di aspirazione localizzata connessi a stadi di abbattimento per filtrazione e/o con ugelli nebulizzatori per l'abbattimento delle polveri formatesi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dovrebbero inoltre ed essere dotati, in ingresso ed uscita dal punto di trasferimento di cortine antipolvere volte a limitare l'ingresso di aria od a limitare la fuoriuscita di polveri formatesi

I trasferimenti di materiale su cumulo effettuati in caduta libera con nastro trasportatore o con il medesimo ma attrezzato con scivolo di trasferimento per minimizzare altezza e velocità di caduta, devono essere comunque chiusi con confinamenti (per esempio plastici) ed attrezzati con ugelli nebulizzatori per l'abbattimento delle polveri generate.

11.7.4 Approcci secondari per sorgenti localizzate – indicazioni per il conferimento dei prodotti finali

- Utilizzare sistemi di accoglimento materiale regolabili ai punti di carico dei camion/betoniere,
- utilizzare sistemi di carico dei prodotti finali costituiti da tubazioni piene telescopizzate o tubazioni in cascata, inseribili all'interno dell'eventuale sistema di accoglimento materiale regolabile e (per conferimenti secchi) attrezzarli con sistemi di aspirazione connessi al sistema di carico (per esempio in caso di tubazioni pieni applicati alla corona centrale che circonda la tubazione piena di carico centrale).

11.8 Soluzioni di mitigazione per impianti di betonaggio classificabili come approcci secondari: emissioni da sorgenti di polveri fuggitive

11.8.1 Approcci secondari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per gli stoccaggi

- Bagnare regolarmente con irroratori ad acqua i cumuli di aggregati grossolani ed a basso peso specifico: eventualmente utilizzare inibitori chimici funzionali alla stabilizzazione della superficie dei cumuli in caso di stoccaggi a lungo termine.

11.8.2 Approcci secondari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per le tramogge connesse a stoccaggi in cumulo o in strutture di contenimento, tramogge dosatrici e tramogge di alimentazione del miscelatore

- Attrezzare la tramoggia o il sistema di carico in tramoggia con collettori montanti ugelli nebulizzatori adatti all'abbattimento della polvere, o con sistema di aspirazione localizzata connesso a stadio di abbattimento per filtrazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.8.3 Approcci secondari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per i silo di stoccaggio

- Come anticipato per quanto riguarda le tecniche di prevenzione delle emissioni localizzate da silo, almeno i silo del cemento devono essere attrezzati con sistema di aspirazione connesso a stadio di abbattimento a filtro a maniche (o a cartucce filtranti). Ogni filtro a maniche che incorpora un sistema di pulizia delle maniche (o delle cartucce) automatizzato va bene purchè sia in grado di assicurare una concentrazione di polvere nell'aria scaricata conforme ai limiti di emissione o comunque inferiore ai 100 mg/m³. I filtri a maniche devono essere messi in servizio e mantenuti con procedure che testimonino il rispetto delle raccomandazioni del produttore contenute nel manuale tecnico. Deve essere garantita la possibilità di accedere facilmente al dispositivo per ispezioni e manutenzioni ordinarie e regolari. Devono inoltre essere attrezzati con un dispositivo di controllo della efficienza che consenta di registrare, su base almeno settimanale, i seguenti parametri:
 1. perdita di carico,
 2. condizioni dell'aria scaricata: le emissioni visibili non devono essere maggiori del 10% in termini di opacità dell'aria,
 3. guasti o lacerazioni degli elementi filtranti e sostituzioni degli stessi.

I sistemi di controllo della efficienza devono essere regolarmente testati e deve essere predisposta e mantenuta documentazione di avvenuta ispezione e di avvenute manutenzioni e sostituzioni di parti di ricambio.

11.8.4 Approcci secondari per emissioni di polveri fuggitive – indicazioni per piste e piazzali

- Installare un sistema per il lavaggio delle ruote dei veicoli all'uscita dell'impianto:
 1. il sistema deve consentire il lavaggio di ogni singolo copertone per una lunghezza pari ad almeno la circonferenza del copertone stesso;
 2. occorre ubicarlo in un'area che consenta al veicolo dopo il trattamento di lasciare le impronte del pneumatico bagnato (ed eventuale materiale non rimosso dall'impianto di lavaggio copertoni) entro una distanza sufficiente dall'uscita dell'impianto. Per limitare il trascinarsi sulle strade di materiale polverulento occorre:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- a. installare un tratto di pista (**figura 11.10**) in ghiaia ben assortita granulometricamente con ciottoli lavati aventi dimensioni variabili tra 2,5 – 8 cm. Deve essere largo almeno 9 metri e lungo almeno 15 m. Lo spessore dello strato di ghiaia deve essere di almeno 15 cm,
- b. Installare una griglia che consente al pneumatico ai aprire le tracce e rilasciare il fango in esser contenuto. Prima e dopo il trattamento di lavaggio.
3. Occorre minimizzare la possibilità che i veicolo lasci tracce del pneumatico bagnato (ed eventuale materiale non rimosso dall'impianto di lavaggio copertoni) fuori dai confini dell'impianto: provvedere a realizzare una pista asfaltata o realizzata con aggregati sufficientemente larga e lunga immediatamente dopo l'impianto di lavaggio ed ad una sufficiente distanza dall'uscita dall'impianto,
4. installare sensori di movimento prima dell'impianto di lavaggio per assicurare che il ciclo di lavaggio si attivi prima e solo all'arrivo del veicolo da trattare;
 - utilizzare sistemi di raccolta dell'acqua utilizzata per gli abbattimenti ad umido su piste, piazzali e parti di impianto e delle acque di ruscellamento provenienti da:
 1. sistemi di lavaggio degli agitatori del miscelatore,
 2. lavaggio camion e pneumatici,
 3. lavaggio piazzali,
 4. area di impianto soggette a perdite di materiale.

Le acque raccolte devono essere, separate da quelle provenienti da tetti, coperture, strade e piazzali non contaminati e collettate ad una serie di bacini di sedimentazione (con rivestimento impermeabile) per essere chiarificate e riutilizzate nell'impianto. Le caratteristiche ottimali per un buon riuso dell'acqua di lavaggio (escluso eventuale riuso per alimentare ugelli nebulizzatori) per quanto riguarda dosaggi in mescole, lavaggi attrezzature (anche ruote e copertoni dei mezzi se l'impianto non utilizza ugelli nebulizzatori, ma in particolare della carrozzeria dei veicoli, degli scivoli delle tramogge, delle discenderie, etc.), lavaggio piste e piazzali asfaltati, bagnatura piste e piazzali non asfaltati, risciacqui del miscelatore sono: pH tra 6 – 9 concentrazione SST tra 50 – 200 ppm.

Possibile conformazione di uno strato ed un tratto in ghiaia dopo sistema di lavaggio prima dell'ingresso in strada asfaltata per evitare track out e sollecitatore di pneumatici per rilascio di materiale intrappolato nelle tracce

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

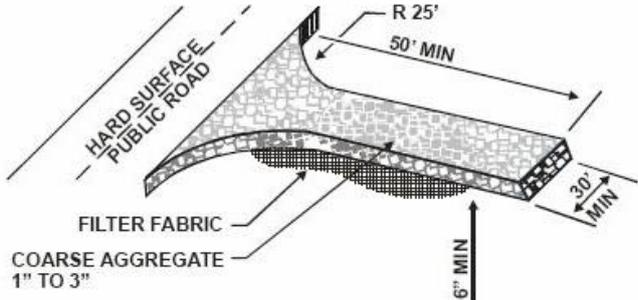
	
Fonte: US Department of Transportation – Federal Highway Administration – Gravel roads maintenance and design manual – S. Dakota -November 200	Fonte: http://www.trackoutcontrol.com/about_page.htm

Figura 11.10

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12 **Appendice 1: tecniche di bagnatura preventiva e di abbattimento polveri mediante irrorazione o nebulizzazione di acqua ed additivi**

12.1 **Obiettivi delle tecniche di “wet suppression”**

Gli obiettivi delle tecniche di “wet suppression” sistemi a spray d’acqua sono due:

- prevenire che la polvere si liberi e si aero disperda mediante bagnatura o meglio lavaggio del materiale che la contiene o su cui è depositata
- abbattere una nube di polvere che si è aero dispersa da una sorgente intervenendo sulla nube stessa mediante un getto di acqua (o acqua ed additivi) nebulizzato ad una certa velocità ed orientato in modo da occupare un certo volume di aria intorno alla sorgente. Il meccanismo di abbattimento deriva dalla collisione tra le goccioline costituenti la nebbia di acqua e quelle costituenti la nube di polvere

Il campo di applicazione di queste due tecniche è il contenimento della polverosità nei cantieri civili in sotterraneo ed in superficie ed ancora di più nel campo delle estrazioni minerarie e degli annessi impianti di trattamento in sotterraneo ed in superficie.

- Esempio 1 - in fase di abbattimento: in caso di abbattimento con mezzi meccanici di una porzione di roccia, come è noto, la maggior parte della polvere generata rimane sulla superficie dei pezzi (più o meno grandi: da blocchi, in caso di uso di un martellone, a ciottoli nel caso di utilizzo di una fresa) di materiale abbattuto. Al punto di sollecitazione del materiale o al di sotto del punto di sollecitazione, laddove il materiale è in fase di caduta, vengono normalmente installati ugelli che devono generare un getto ad elevata velocità (per raggiungere e bagnare rapidamente il materiale) fatto di gocce medio-larghe (l’obiettivo è bagnare il materiale). Ai lati della macchina, per contenere verso il fronte di scavo la polvere che eventualmente si disperde, vengono invece utilizzati ugelli in grado di produrre una nebbia di goccioline da fini a medie su angoli di spray tali da occupare la maggior quantità di volume di aria.
- Esempio 2 – trasporto di materiali con nastri convenzionali: vengono tendenzialmente utilizzati ugelli a bassa pressione ed alto volume di acqua erogato per la bagnatura del materiale. Questi ugelli vengono solitamente installati laddove il materiale viene maggiormente sollecitato meccanicamente ovvero in fase di produzione, se immediatamente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

a monte di un punto di carico su nastro (per esempio una connessione tra un frantumatore ed una tramoggia di alimentazione di un nastro), nei punti di carico (tramoggia – nastro) ed in minor misura nei punti di trasferimento tra spezzoni di nastri trasportatori (minor sollecitazione meccanica). Gli ugelli di bagnatura vengono anche utilizzati lungo sezioni di normale trasporto di nastri ma in questo caso, l'obiettivo della bagnatura è quello di prevenire l'aerodispersione di polvere nei confronti di attività poste a valle di un nastro. Nei punti di trasferimento nastro-nastro vengono utilizzati ugelli nebulizzatori ad alta pressione e basso volume erogato per la cattura della polvere che in quei punti si aerodisperde. Tuttavia occorre sempre fare attenzione ad utilizzare ugelli nebulizzatori ad elevata pressione in punti confinati quali i punti di trasferimento giacchè un'elevata pressione, comporta elevato movimento d'aria e per conseguenza fuoriuscita della polvere dalle guarnizioni della struttura di confinamento del punto di trasferimento del nastro.

Esempio 3 – piste e piazzali: in questo contesto si tratta quasi sempre di bagnatura a scopo preventivo ovvero di limitare le possibilità di risollevarsi della polvere. Spesso e volentieri si perviene allo stesso obiettivo rendendo maggiormente dura la superficie della pista o del piazzale mediante irrorazione di acqua ed additivi.

In questo caso le tecniche di irrorazione o di nebulizzazione di acqua servono sostanzialmente a realizzare il trattamento nel modo più uniforme possibile risparmiando acqua ed additivi. In alcuni casi, quando non è possibile agire diversamente, la nebulizzazione di acqua serve anche per abbattere la polvere risollevarsi dal transito dei mezzi su una limitata porzione di piazzale.

Considerando i due obiettivi delle tecniche di wet suppression per realizzarle occorrono:

- un ugello per la creazione della nebbia di acqua
- una linea di acqua in pressione
- una linea di adduzione di aria compressa

Non sempre si tratta di linee di adduzione dedicate giacchè, per attività di wet suppression applicate ad attività quali la perforazione l'utilizzo di nebulizzatori può sfruttare l'eventuale presenza di aria compressa utilizzata per l'operatività della macchina o per la rimozione del detrito a fondo foro

Occorre tuttavia sottolineare che, visto che la nebulizzazione sfrutta la demolizione di un flusso di acqua in goccioline di piccole dimensioni (utilizzando in pressione e facendo passare il flusso di acqua attraverso il dispositivo di demolizione in gocce contenuto nell'ugello nebulizzatore oppure demolendolo utilizzando dispositivi vibranti interni agli ugelli atomizzatori oppure utilizzando aria

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

compressa per richiamare e demolire il flusso di acqua) e visto che queste devono essere di dimensioni comparabili a quelle delle particelle di polvere emessa da abbattere sarebbe buona prassi caratterizzare l'emissione di polvere da una certa sorgente (in questo caso un tratto di pista o piazzale) per determinare le classi granulometrico-aerodinamiche di cui è composta. Fatto ciò occorre scegliere un ugello o settare il dispositivo di nebulizzazione (per esempio un cannone nebulizzatore) in modo che lo spray sia erogato con dimensioni delle gocce comparabili a quelle della polvere emessa. Ciò può essere fatto:

- mediante dispositivi di misurazione tradizionali con tecnica della filtrazione su membrane: composti in questo caso da linee di aspirazione a basso volume (circa 2 dm³/min) o ad alto volume (circa 28 dm³/min) connesse a preselettori detti "impattatori multistadio" (operano con più stadi di captazione su filtro a membrana, su ciascun filtro si deposita una frazione granulometrico aerodinamica, per esempio per un impattatore ad 8 stadi operante a 2 dm³/min si depositano su 8 filtri le seguenti frazioni granulometriche in termini di d_{ae}: 1) > 21,3 µm, 2) 21,3 ÷ 14,8 µm, 3) 14,8 ÷ 9,8 µm, 4) 9,8 ÷ 6 µm, 5) 6 ÷ 3,5 µm, 6) 3,5 ÷ 1,5 µm, 7) 1,55 ÷ 0,93 µm, 8) 0,93 ÷ 0,52 µm),
- mediante dispositivi di campionamento e suddivisione granulometrico real time.

12.2 Tipologie di ugelli nebulizzatori

Una rozza suddivisione della tipologia di nebulizzatori, dal punto di vista del meccanismo di funzionamento, comporta 3 principali tipologie di cui le prime due più comuni:

- ugelli ad acqua in pressione
- ugelli atomizzatori ad acqua, ad acqua ed aria in pressione, a venturi e ad atomizzazione ultrasonica.
- ugelli per la generazione di nebbie cariche elettrostaticamente

Tra i vari parametri di scelta di un ugello, data la dimensione del foro di efflusso, la portata e pressione di acqua ed aria, quindi la dimensione delle gocce, vi sono gli angoli dello spray erogato, la distanza raggiunta e quindi la superficie di materiale o di spazio interessata dalla nube di acqua nebulizzata.

Come tipologia di spray erogato si possono invece distinguere (**figura A1.1**):

1. ugelli a cono solido (Solid or full cone nozzles)
2. ugelli a cono cavo o atomizzatori idraulici (Hollow cone nozzles - Hydraulic atomizers)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3. ugelli a spray piano ed a cono / ventaglio (flat or flat cone /fan nozzles)
4. ugelli nebulizzatori o atomizzatori (atomizing or fogging nozzles)
5. ugelli a getto solido (solid stream)

1. Ugelli a cono solido (Solid or full cone nozzles)

Conformazione spray: distribuzione uniforme delle gocce su un'area circolare o quadrata. Getto ad elevata velocità su grosse distanze.

Dimensioni gocce: maggiore alle altre tipologie di ugelli, da medie a grossolane su un ampio campo di pressioni e portate.

Applicabilità: laddove la quantità di acqua erogata è più importante rispetto alla pressione di esercizio e pertanto sono necessari orifizi di maggior diametro. Per esempio per fornire spray ad elevata velocità in punti distante dalla sorgente che si vuole controllare, per esempio per preventiva del materiale in caduta da un fronte scavato.

2. Ugelli a cono cavo o atomizzatori idraulici (Hollow cone nozzles – Hydraulic atomizers)

Conformazione spray: anello circolare gocce concentrate sul perimetro. Angolo di spray: molto ampio.

Dimensione delle gocce: inferiore di quelle prodotte dai Solid Cone (da piccole a medie).

Applicabilità: laddove la sorgente disperde polvere in un'ampia zona. Possono essere utilizzati sia come spray esterni, sia in corrispondenza degli utensili di lavoro, sia per il controllo (confinamento) dell'intero corpo macchina o di particolari fasi lavorative (punti di trasferimento di un nastro trasportatore).

3. Ugelli a spray piano ed a cono / ventaglio (flat or flat cone /fan nozzles)

Conformazione spray: stretto e rettangolare (anche conico) e spray può arrivare ad angoli superiori ai 110°.

Dimensioni gocce: da piccole a medie ma anche grossolane ad elevata pressione e velocità.

Applicabilità: sistemi di bagnatura del materiale all'atto di abbattimento, bagnatura del materiale prima della movimentazione oppure per bagnare il materiale prima che questo sia trasferito su nastro trasportatore e, per sistemi di pulizia Per la loro conformazione sono adatti a spazi confinati. Per esempio a lato di una benna orientato per allargarsi verso il punto di sollecitazione

4. Ugelli nebulizzatori o atomizzatori (atomizing or fogging nozzles)

Per ottenere l'effetto voluto utilizzano l'effetto della sola pressione idraulica unito all'impatto,oppure l'effetto combinato tra aria compressa ed aria con miscelazione interna all'ugello o esterna

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

all'ugello. Per l'atomizzazione dell'acqua si utilizzano anche mezzi fisici quali camere di risonanza sonore o camere con oscillatori piezo elettrici.

Conformazione dello spray: tipicamente a cono solido ma a cono cavo o a spray piatto. In caso di atomizzazione mediante tubi di Venturi qualsiasi conformazione è ammissibile giacché qualunque tipo di ugello può essere fatto funzionare con questo principio.

Dimensioni gocce: nebbie estremamente fini (range da sub microscopico a microscopico) con basse portate di acqua.

Applicabilità: cattura di particelle di polvere aerodisperse in postazioni ubicate vicino alla sorgente. Sono però anche utilizzati nei sistemi di tipo preventivo: bagnatura di materiali che richiedono poca aggiunta di acqua. In letteratura vengono segnalati come i più adatti per la pulizia dell'aria polverosa (cattura).

5. Ugelli a getto solido (solid stream nozzles)

Conformazione dello spray: getto piano o circolare con un angolo di 0°. Forniscono la più elevata velocità e pressione di impatto per centimetro quadrato.

Applicabilità: spray direzionali in corrispondenza degli utensili fresanti inclusi i sistemi di bagnatura sul punto di sollecitazione (pick point flushing system, jets assisted cutting).

Una possibile suddivisione degli ugelli rispetto agli obiettivi delle tecniche di water suppression può essere pertanto la seguente:

- gli ugelli più efficaci per la semplice bagnatura del materiale sono: gli ugelli full cone, gli ugelli flat e gli ugelli solid stream
- gli ugelli più efficaci per l'abbattimento di polveri aerodisperse sono: gli ugelli atomizzatori e gli ugelli hollow cone
- gli ugelli più efficaci per il confinamento di correnti d'aria polverose in posizione frontale ad una macchina sono: gli ugelli a Venturi e gli ugelli di tipo hollow cone

Il campo di portate d'acqua erogabili, di volumi d'aria consumati, di pressioni di esercizio di aria ed acqua è enorme e funzionale alla tipologia di ugelli utilizzati.

Esempi applicativi:

a. Ugello ad acqua ed aria in pressione a cono pieno standard

- miscelazione aria ed acqua interna
- pressione aria: 1,8 bar
- pressione acqua: 2 bar
- consumo di aria: 59 N dm³/min

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- consumi di acqua: 5 l/min
- rosa di acqua erogata:
- a 0,6 m rosa di 10 cm di diametro che si espande fino a 5 m di distanza
- b. Ugelli atomizzatori in applicazioni standard si utilizzano:
 - aria a pressione costante di 2 bar
 - acqua in pressione variabile tra 0,5 ed 1,5 bar
 - ugelli con forma del getto erogato a cono o a ventaglio
 - dimensione delle gocce variabile tra 1-50 µm (la maggior parte tra 1-10 µm non in termini di diametro aerodinamico ma di diametro medio di Sauter ovvero di gocce aventi lo stesso rapporto volume/superficie)
 - consumi di acqua: variabili tra 0,2 l/m 0,5 l/min 0,8 l/m

Un sistema di fornitura di acqua per motivi di water suppression in genere dovrebbe:

- includere una linea di adduzione da 4- 10 cm con una pompa in grado di fornire circa 400 litri/minuto di acqua ad una pressione di 70 bar,
- prevedere sistemi per la filtrazione dell'acqua prima della adduzione costituiti almeno da:
- un filtro inerziale ad Y in grado di rimuovere i solidi sospesi di dimensioni maggiori di 3 mm,
- un idrociclone in grado di rimuovere i solidi sospesi di dimensioni minori di 3 mm,

Riassumendo:

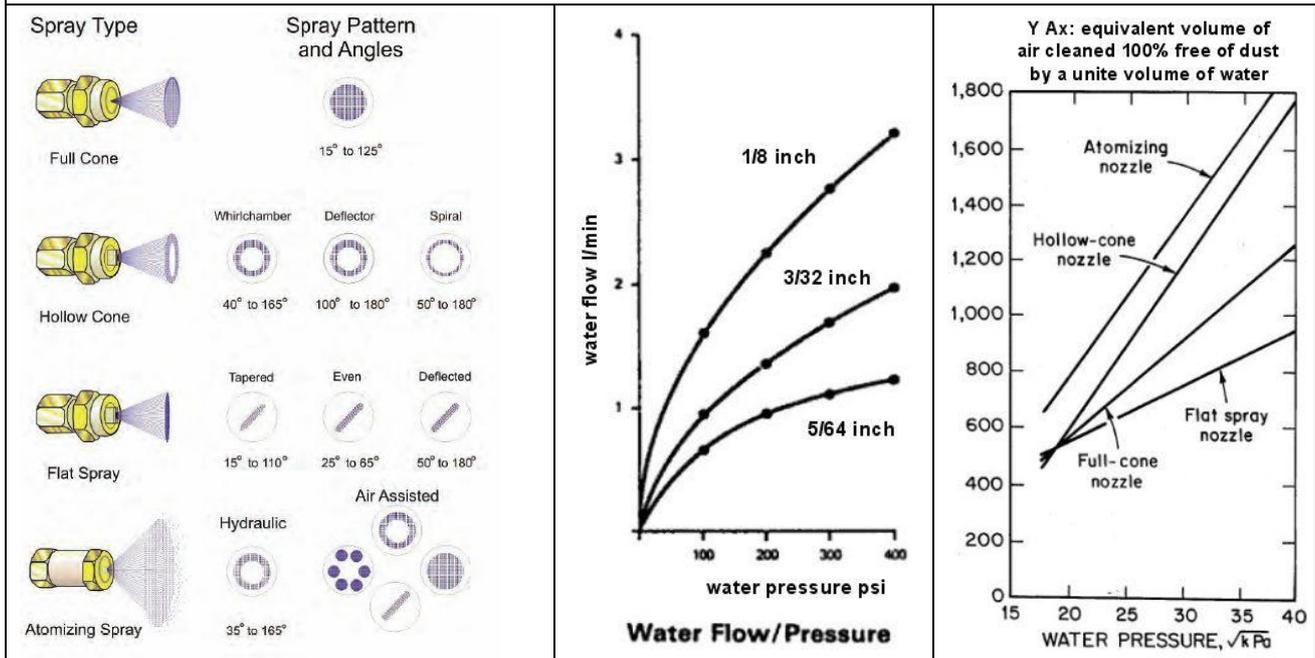
- per il lavaggio materiale abbattuto al punto di produzione (approccio pre primario) – pick point flushing – reverse pick point o back – face flushing: si tratta di ugelli montabili sui sistemi di scavo multi utensili. I primi fanno parte del corpo utensile i secondi sono posti più indietro e direzionano il flusso sull'utensile. Obiettivo di entrambi bagnare il materiale mentre viene abbattuto. Si usano solid stream nozzle con portate di acqua complessiva di 130 litri/minuto macchina e pressioni di 5 – 8 bar,
- per il lavaggio materiale abbattuto (approccio primario) – bagnatura del materiale abbattuto in caduta: si usano ugelli a diluvio di tipo flat fan a bassa pressione ed alta portata: circa 20 litri/minuto,
- per il confinamento aria polverosa e polveri (approccio secondario): si usano ugelli alla massima portata di acqua possibile, con rose di grandi dimensioni, pressioni di circa 7 bar.
- per l'abbattimento polveri e bagnatura materiale in transito (approccio secondario): nei punti di trasferimento dei nastri trasportatori: almeno tre ugelli in grado di fornire complessivamente 12 litri/minuto a 4 bar.

**RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE**

Codice documento
CZ0029_F0.doc

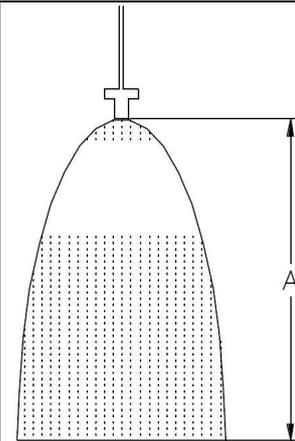
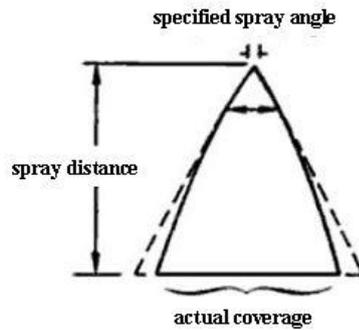
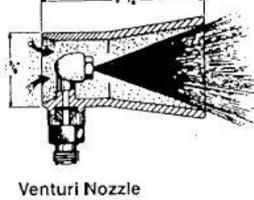
Rev. F0
Data 20/06/2011

Tipologie di ugelli, consumi di acqua e volumi di aria depurati in funzione della pressione ed esempio di testa multi ugello con indicazione della forma dello spray



Nota per le unità di misura dei grafici sopra riportati

100 psi = 6,9 bar = 689 kPa - 400 psi = 27,6 bar = 2756 k Pa - 1 psi = 0,069 bar = 6,89 Kpa
 $25 \sqrt{kPa} = 90 \text{ psi} = 6,2 \text{ bar} - 45 \sqrt{kPa} = 232 \text{ psi} = 16 \text{ bar}$



Dimensions (Ft)		
A	B	C
4	3.5	2.5

Testa nebulizzatrice multiugello (9 ugelli - foro di efflusso 0,7 mm) con consumi (funzione della potenza della pompa installata) a 7 bar variabili tra 0,7 e 2 l/min

Fonti: NIOSH - "Handbook for dust control in metal/non-metal mining e <http://www.aeec.com/>

Figura A1.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.3 Cortine ad arco con ugelli nebulizzatori per abbattimento polveri in sotterraneo (gallerie)

In sotterraneo un problema da gestire è, in presenza di ventilazione di tipo premente, la polvere fuggitiva che, non abbattuta con sistemi ad umido, viene convogliata verso il portale dal flusso di aria premente. In realtà le misurazioni lungo il cavo, al netto di altre lavorazioni presenti, dovrebbero in qualche modo dimostrare che tale dispersione riesce a fuoriuscire dalla galleria e non sedimentare prima. Tuttavia va detto che, in assenza di ventilazione aspirante, la polvere sedimentata può accumularsi assieme a quella prodotta da altre lavorazione ed essere ri areo dispersa da parte del traffico mezzi, essere rimessa nel flusso premente, fuoriuscire dal portale.

Per la gestione di questa tipologia di emissioni sono diffuse applicazioni dette "cortine ad acqua" applicate nelle sezioni di galleria in presenza di ventilazione premente per trasformarle in veri e propri abbattitori ad umido

Tuttavia occorre far presente che nella letteratura tecnica in materia di gestione polveri in attività di scavo in sotterraneo viene sottolineato come (Fonte NIOSH):

“Una applicazione della nebulizzazione che compare spesso nel settore minerario è quella chiamata “cortine ad acqua”. Si basa sulla nozione scorretta circa il fatto che le particelle di polvere che passano attraverso una rozza barriera di spray siano sempre catturate”

Va inoltre fatto notare come l'abbattimento ad umido mediante una sezione di cavo destinata a cortina d'acqua:

- crea comunque un ostacolo se non altro in termini di visibilità per il passaggio di mezzi e personale
- non può essere installato alla base della galleria (interessata dal passaggio di mezzi o dalla presenza di rotaie in caso di evacuazione del marino mediante vagioni) e pertanto deve prevedere una progettazione della posizione e tipologia di ugelli nebulizzatori tale per cui l'intera sezione di galleria bagnata dal flusso di aria premente sia interessata dalla presenza delle nubi di spray generata ad elevata pressione
- la torbida di acqua e polvere prodotta deve essere in qualche modo colluttata e trattata pena il suo ruscellamento incontrollato e pertanto la deposizione delle polveri catturate in qualche tratto della gallerie. Una volta essiccate queste possono essere ri aerodisperse.

La tipologia di ugelli utilizzati nelle cortine ad arco ad ugelli nebulizzatori (per esempio di tipo full cone ma con elevate pressioni dell'acqua esercita) deve operare in modo da realizzare gocce di dimensioni decisamente piccole (5-10µm) giacchè il campo aerodinamico granulometrico dei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

particolati che riescono a viaggiare con le portate di aria normalmente presenti in caso di ventilazione premente a metà tra fronte e portale è molto piccolo. Sempre per questa applicazione, per cui si hanno scarse informazioni nella letteratura tecnica, il Network Italiano Silice, incaricato di fornire linee guida per la gestione del problema esposizione a silice libera cristallina in diversi settori in cui questo rischio presente ha pubblicato, relativamente alle gallerie, le seguenti informazioni relativamente a casi di utilizzo di cortine a nebbia di acqua.

- cortine ad arco con **ugelli nebulizzatori ad aria/acqua (figura A1.2)**

Sono sistemi composti da una serie di ugelli distribuiti su un telaio posizionato trasversalmente all'arco della calotta della galleria: l'aerosol crea una parete di acqua nebulizzata; le minutissime goccioline prodotte (dell'ordine di pochi micron), svolgono un'azione chelante sulle particelle di polvere, riducendo la loro diffusione.

In questo tipo di impianti l'acqua viene miscelata con aria pressurizzata solitamente mediante ugelli operanti sul principio del tubo di Venturi. L'acqua viene richiamata dalla depressione presente nella gola del Venturi per effetto del passaggio dell'aria in pressione e viene trasformata in un aerosol liquido. L'aerosol prodotto in questo modo è caratterizzato dalla presenza di particelle mediamente più fini rispetto al precedente, riducendo la quantità di acqua impiegata. Ciò consente di ridurre sia la produzione di nebbie, sia l'eccessiva bagnatura del fondo della galleria e determina una minore tendenza all'intasatura degli ugelli, riducendo la frequenza degli interventi di manutenzione rispetto al sistema tradizionale



Figura A1.2

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- cortine ad arco con **ugelli nebulizzatori ad acqua (figura A1.3 e tabella A1.1)**

Caratteristiche tecniche di un sistema ad ugelli operanti a sola acqua pressurizzata

- diametro del tubo di adduzione : 60 mm
- diametro ugelli : 0,2 ÷ 0,5 mm
- distanza tra ugelli : 30 ÷ 40 cm
- n° ugelli: 100 ÷ 130

Il settaggio finale utilizzato ha previsto ugelli con diametro 0,4 mm e pressione di esercizio dell'acqua di 10 ÷ 15 bar: produzione di 3 ÷ 4 litri/ h / ugello. E' stato scelto questo settaggio perché si era dimostrato più efficace per un corretto abbattimento del particolato evitando al contempo un sistematico intasamento degli ugelli ed un' eccessiva produzione di nebbie.

Cortine ad arco con ugelli nebulizzatori ad acqua	
	<p>Caratteristiche tecniche di un sistema ad ugelli operanti a sola acqua pressurizzata</p> <ul style="list-style-type: none"> - diametro del tubo di adduzione : 60 mm - diametro ugelli : 0,2 ÷ 0,5 mm - distanza tra ugelli : 30 ÷ 40 cm - n° ugelli: 100 ÷ 130
Fonte: Network Italiano Silice www.laziosaluteesicurezza.it/opencms/export/sites/.../gallery/.../ZOPPI.pdf	

Figura A1.3

In tabella A1_1 di seguito proposta vengono fornite le portate in litri/ora di acqua consumata in funzione del diametro di efflusso dell'ugello e della pressione dell'acqua esercita.

Dati operativi di una cortina con ugelli nebulizzatori ad acqua												
diametro efflusso ugello [mm] ↓	pressione acqua [bar] →											
		3	4	7	10	15	25	35	45	70	84	100
0,2							2,9	3,4	3,9	4,7	5,9	6,1
0,3		1,3	1,5	2,0	2,4	3,0	3,9	4,7	5,2	6,5	9,5	10
0,4		1,8	2,1	2,8	3,4	4,1	5,3	6,3	7,1	8,9	12	12
0,5		2,5	2,9	3,8	4,6	5,6	7,2	8,6	9,7	12	16	17
Fonte: Network Italiano Silice www.laziosaluteesicurezza.it/opencms/export/sites/.../gallery/.../ZOPPI.pdf												

Tabella A1.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.4 Cannoni nebulizzatori

Un'altra applicazione dei sistemi a nebulizzazione di acqua è invece legata all'abbattimento della polvere che si può disperdere da una sorgente localizzata o da una sorgente di emissioni fuggitive di dimensioni contenute. Si tratta di tecnologie note come cannoni nebulizzatori, "fog cannon" o rotoconi (figura A1.4 e tabella A1.2) che operano la dispersione di acqua in gocce di dimensioni medio-grossolane utilizzando ugelli nebulizzatori ad acqua in pressione (2 – 15 bar) orientati su un getto d'aria prodotto da un ventilatore assiale ($\approx 30 \text{ m}^3/\text{h}$).

E' una tecnologia utilizzata sia all'aperto sia in sotterraneo per:

- tendenzialmente abbattere la dispersione di polvere da grosse sorgenti circoscritte (impianti di frantumazione e vagliatura, punti di trasferimento tra nastri, punto di scarico nastro cumuli, punti di caricamento pala-camion, fasi di demolizioni etc.);
- bagnare una piazzale o un tratto di pista in modo uniforme e senza creare pozze
- abbattere la polvere dispersa dal passaggio di mezzi o da altre cause su un limitato tratto di pista o su un piazzale di limitate dimensioni
- contenere ed abbattere la polvere generata da una operazione di demolizione, frantumazione, abbattimento di una struttura o un fronte di roccia all'aperto ed in sotterraneo (dove aumenta la sua efficacia ed efficienza in presenza di ventilazione aspirante)

E' più facilmente applicabile sui piazzali sterrati in caso di presenza sullo stesso di un impianto di scarico in tramoggia di roccia cavata, impianto di frantumazione e vagliatura, tramoggia per caricamento in silos e punto di carico su camion. In questo caso con uno o più cannoni nebulizzatori si riesce a contenere la dispersione di polvere dalle varie sorgenti ed al contempo quella derivante da piazzale. Gli additivi utilizzati per questa tecnologia, giacché l'intento in genere non è quello di aggregare il materiale costituente una pista od un piazzale, o di un materiale presente su un cumulo o il piazzale sterrato, ma contenere la dispersione di polvere dalla varie sorgenti e al contempo bagnare il piazzale e contenere la polvere da esso risollevato, sono additivi che diminuendo la tensione superficiale dell'acque ne aumentano il grado di rottura in goccioline, aumentano la potenza e la portata del getto ed aumentano l'effetto di bagnatura. Tuttavia possono essere applicati anche additivi di altre tipologie.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011	

Esempio di tipologie di cannoni nebulizzatori e dati circa consumi e modalità di getto

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL MODELLO

- Distanza del Getto: 60-70 m
- **Numero ugelli: 156 - Corone ugelli: 3**
- Tipo ugelli: standard Acciaio Inox
- Area di copertura massima: 11.500 mq
- Potenza ventola: ~ 11,5 kW + 2kW riscaldamento
- Campo di rotazione: 320°
- Alzo: 0° ÷ +45° (-20° optional)
- Velocità di rotazione: impostabile max 4%/sec
- Riscaldamento corone antigelo
- Allacciamento idraulico: 1 ½ gas M
- Allacciamento elettrico: 400 V 50 Hz 3P+T 16 A
- Grado di protezione: IP 55
- Rumorosità: < 93 Lwa
- Consumo acqua (con ugelli da 5 e da 10 gph):

bar	5	9	12	15
min litri/minuto	14	18	22	24
max litri/minuto	84	111	130	144

- Pressione minima 5 bar - consigliata 10 bar
- **Optional:** radiocomando - pompa a bordo (Potenza: 1 kW) - elettrovalvola in ingresso
- Filtro Acqua/Grado Filtrazione: Inox - 180 Micron
- Pressione massima acqua (bar): 40
- Programmazione automatica: Si
- Gestione remota da PC: Si
- Protocollo di comunicazione: TCP/IP 485 RS232
- Timer di accensione: Si
- Gestione con centraline meteo: Si

The Fog Cannon® has been designed to tackle the problem of airborne dust particles generated by open mining activities, general demolition work and bulk material handling.

The Fog Cannon® has been shown to suppress up to 95% of airborne dust particles. The NFC60 is ideal for suppressing dust where it is generated in high concentrations at easily defined point sources such as discharging onto stockpiles, discharging into ships, reclaiming from stockpiles, dumping, crushing and loading/unloading trucks. A Fog Cannon® pointed directed at the point source of dust is able to quickly suppress it before it can disperse.

When selecting a model it is important to take into consideration the amount of dust and wind conditions as well as throw distance.

Some of the characteristics of the NFC60 are as follows:

- Throw distance: 60m
- Angle of rotation: 330 degrees
- Elevation angle range: 0 to 45 degrees
- Electric motors: 23kW, 47A, 3 phase
- Water consumption: 30 to 100 l/min
- Droplet size: 90 - 150µm
- Air flow: 35,000m³/h
- Net weight: 300kg
- Warranty: 5 years
- chemical dosing unit which can be used for surfactants to improve dust suppression stockpiles or fire retardants for fire suppression
- 5m telescopic elevation system
- Remote control including remote camera
- PLC based automatic operation
- Intrinsically-safe version for explosive atmospheres (ATEX).



Fonti: www.wlpdust.com e <http://www.wetearth.com.au/High-Volume-Sprinklers>

Figura A1.4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Efficienza di un cannone nebulizzatore utilizzato in una galleria civile per l'abbattimento delle polveri disperse da una operazione di disaggio effettuata con martello demolitore idraulico (martellone).			
Frazione granulometrica aerodinamica misurata: polvere respirabile UNI EN 481/94 Portata aspirante utilizzata: 2,75 dm ³ /min Durata misurazioni: 1 h 45 min Distanza cannone nebulizzatore dal fronte in disaggio: 30 m Ventilazione aspirante presente			
<i>Posizione dispositivo di misurazione</i>	<i>Concentrazione polvere respirabile [mg/m³]</i>		<i>Effetto di riduzione [%]</i>
	<i>Cannone nebulizzatore inattivo</i>	<i>Cannone nebulizzatore attivo</i>	
Lungo la galleria a 40 m dal fronte	15,5	1,9	87
Lungo la galleria a 1000 m dal fronte ed a 400 m dal portale	6,6	1,1	83
Fonte: Dott. Azelio De Santa <i>Valutazione dell'efficacia di aerosol d'acqua nell'abbattimento di polveri da attivita' estrattive in sotterraneo</i> Trento, 29 giugno 2007			

Tabella A1.2

12.5 Additivi

Gli additivi che in genere vengono utilizzati in combinazione con la irrorazione o nebulizzazione di acqua hanno lo scopo di

- produrre un getto d'acqua disperso anche a elevate distanze (anche 70 m) fatto da goccioline di dimensioni prossime ai diametri aerodinamici della polvere sollevata
- abbassare la tensione superficiale dell'acqua in modo da rendere l'acqua più facilmente scomponibile in goccioline
- abbassare la tensione superficiale dell'acqua in modo da aumentare l'effetto di bagnatura
- rendere più duro e resistente il materiale superficiale (meno frantumabile),
- mantenere umido il materiale superficiale (assorbendo umidità dall'aria)
- agglomerare tra loro le particelle aerodispersibili costituenti il materiale superficiale (additivi leganti).

Gli additivi utilizzati possono essere a base di:

1. **surfattanti**: sono agenti bagnanti che abbassano la tensione superficiale di un liquido permettendone una miglior diffusione e abbassando la tensione all'interfaccia di due liquidi (ne aumentano la miscibilità). Il termine surfattante è un acronimo di agente attivo sulla

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

superficie. I surfattanti sono solitamente dei composti organici anfili, intendendo con ciò che essi contengono sia gruppi idrofobi, le loro code, sia gruppi idrofili, le loro teste. Per conseguenza essi sono solubili sia nei solventi organici sia in acqua. I surfattanti riducono la tensione dell'acqua per assorbimento (quindi fenomeno volumico non solo superficiale) all'interfaccia liquido gas. Necessitano però di tempi lunghi per reagire: se sono applicati durante la frantumazione del materiale riducono la polverosità durante le successive fasi di caricamento e trasporto ma non durante la frantumazione.

2. surfattanti tensioattivi: sono sempre sostanze che hanno la proprietà di abbassare la tensione superficiale di un liquido, agevolando la "bagnabilità" delle superfici o la miscibilità tra liquidi diversi. In genere sono composti organici con un gruppo polare ed un gruppo non polare.
 - a. anionici: in genere sono Sali costituiti da lunghe catene di atomi di carbonio, terminanti con un gruppo carbossilato o solfonato. Ad esempio numerosi saponi, il sodio lauril solfato (SLS), il lauril etossi solfato (LES), numerosi acidi alchil-benzen-solfonici.
 - b. cationici: sono sali di cui è importante la parte positiva, costituita da lunghe catene di atomi di carbonio terminanti con un gruppo ammonico quaternario. Per esempio il BAC (benzilconio cloruro) è uno dei più utilizzati nei detersivi, avendo anche proprietà germicide. Sono alcoli a lunga catena, come i derivati poliossietilenici degli acidi grassi
3. schiumogeni si intendono surfattanti o tensioattivi dedicati alla formazione di schiume, Le schiume, applicate alla bagnatura del materiale trasportato, sia essa effettuata nei punti di sollecitazione meccanica a monte dei nastri sia essa effettuata nei punti di trasferimento, hanno un'efficienza compresa nel range 20-60% con minor uso di acqua. Per esempio in un punto di trasferimento tra nastri trasportatori la letteratura (NIOSH) è stato testato l'utilizzo di una schiuma ad elevata espansione emessa a 38 – 76 litri/minuto rispetto alla erogazione di 72 litri/minuto di acqua ottenendo un 30% medio di tasso di riduzione polvere aero dispersa in più.
4. sali: sono composti igroscopici come il cloruro di calcio, il cloruro di magnesio, l'argilla idrata, i silicati di sodio. I Sali incrementano il grado di umidità della superficie stradale assorbendo umidità dall'atmosfera.
 - i cloruri: sono i prodotti più utilizzati e quelli al cui uso le ricerche (1983) hanno associato la maggior efficienza come inibitori delle dispersioni di polveri: 82% dopo 2 settimane dall'utilizzo. L'efficienza media oscilla tra 40-60% oltre le due settimane dopo l'applicazione poi decresce nel tempo. Dopo la quinta settimana dalla applicazione l'efficienza

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

(caratterizzata da poche misure però) scende a 20%.

L'efficienza è massimizzata mediante una buona preparazione della pista con buona progettazione del colmo e dei bordi della strada e mediante la decompattazione dei primi 3- 6 cm della superficie esistente per consentire ai cloruri di penetrare uniformemente nella ghiaia.

La strada non deve essere compattata prima della applicazione ed è inoltre importante che la ghiaia sia tenuta umida giusto prima della applicazione dei cloruri in modo che il prodotto sia assorbito più velocemente ed uniformemente nella ghiaia. Non deve essere applicato a ghiaia secca perché non sarebbe assorbito uniformemente e la nuova superficie presenterebbe delle fratture. La pioggia subito dopo l'applicazione dilava e diluisce il prodotto portandolo inoltre fuori dalla strada: occorre applicarlo in periodi in cui non sono previste precipitazioni.

5. leganti: la funzione legante è una combinazione della capacità di aderire e legare la polvere. Per una migliore azione si utilizzano ossido di calcio o magnesio aggiunti a schiumogeni/tensiomodificatori. Gli oli minerali o vegetali così come i bitumi ((come è noto sono composti derivati dal carbone o dal petrolio come oli, asfalti) aumentano l'adesione tra piccole particelle. Adesivi speciali sono le sostanze "incrostanti" o i "filmanti" (per esempio i polimeri ad acqua a base di lattice acrilico o vinilico) usati sui cumuli di carbone all'aperto: la crosta è formata dalla polimerizzazione del prodotto sulla superficie del cumulo sicchè il vento non è più in grado di disturbare le singole particelle. Alcuni materiali come il gesso o i cementi (sono prodotti a base di lignosulfanati di calcio o ammonio, cemento Portland) miscelati con quotaparte del suolo disponibile ed acqua formano una nuova superficie crostale. Vista l'enorme quantità di prodotti disponibili è difficile fornire indicazioni di progetto, a titolo indicativo si possono prendere in considerazione i prodotti indicati in **tabella A1.3** come leganti per la superficie di piste non asfaltate.

Sostanze adesive e filmanti indicazioni generiche circa prodotti, quantità, frequenze di applicazione				
<i>Tipo di emulsione</i>	<i>Diluizione con acqua</i>	<i>Tipo di ugello</i>	<i>Quantità (dm³/m²)</i>	<i>Frequenza applicazione su piste e piazzali o su cumuli stazionari</i>
Asfalto anionico	7:1	grossolano	1,1	1 o 2 volte anno
Latex	12,5:1	fine	0,2	
Resine ad acqua	4:1	fine	0,3	
Fonte: DHH – CDC – NIOSH – IC 9465– 2003 “Handbook for dust control in mining” – Pittsburgh 2003				

Tabella A1.3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.6 Caso studio: test sulla efficienza delle tecniche di bagnatura di piste non asfaltate

La sperimentazione è stata condotta dal Pittsburgh Research Laboratories del Department of Health and Human Services del CDC: Center for Disease Control and Prevention delNIOSH a cura di J. Organiscak e W.R. Reed (fonte: <http://www.cdc.gov/niosh/mining/pubs/pdfs/hrdcf.pdf>) ed ha utilizzato

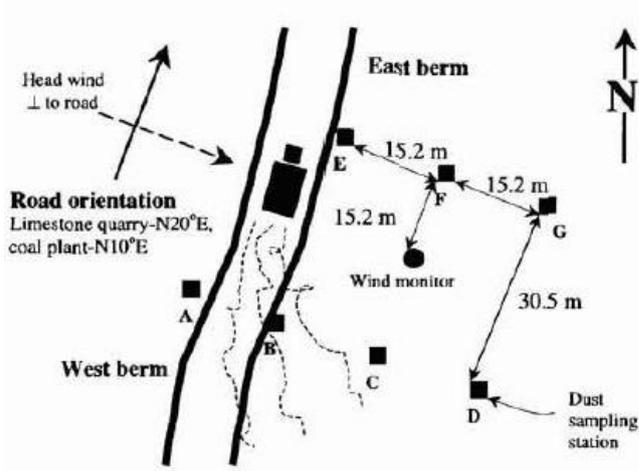
- due tratti di pista non pavimentata lunghi circa 100 metri per effettuare campagne di misurazione di 6-7 h al giorno con registrazione sia delle concentrazioni istantanee (mediante analizzatori in tempo reale), sia delle concentrazioni medie, sia della distribuzione granulometrico aerodinamica delle polveri campionate
- misurazioni di polveri a bordo strada (sopra e sotto vento considerata la direzione dei venti dominanti nella zona nel periodo di misurazione) sia a 15 ed a 30 metri dalla strada in postazione sottovento
- in entrambi i casi il materiale costituente una pista avente materiale costituente con un contenuto di silt medio (caratterizzato secondo le metodiche della American Society for Testing Methods) pari a circa il 22%, ed un contenuto di acqua pari allo 0,2 – 0,6%

In sintesi è emerso che:

- il fondo ambientale medio della zona, in assenza di passaggio di mezzi d'opera e pertanto dovuto a dispersione di polveri dovute a passaggio di mezzi si attestava tra 40 e 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di polvere respirabile (quotaparte della frazione granulometrico-aerodinamica PM_{10})
- l'85% della polvere sollevata e dispersa dal passaggio dei camion ha diametro aerodinamico equivalente superiore ai 10 μm
 - la concentrazione media di polveri respirabili su 6-7 h di turno decade rapidamente all'allontanarsi della strada ed a 30 metri da essa non sono percepibili variazioni, dovute al passaggio mezzi, rispetto al fondo ambientale dovuto all'erosione del materiale superficiale da parte del vento (tra 20 – 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- le concentrazioni medie di PM_{10} rilevate in posizione sottovento a bordo strada, a 15 metri dalla strada ed a 30 metri dalla strada sono pari rispettivamente a
 - a. 980 – 360 – 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la cava di calcare
 - b. 730 – 280 – 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'impianto di carbone.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc

Le caratteristiche della sperimentazione e le caratteristiche delle misurazioni di polveri ed i risultati delle stesse sono riassunti in tabella in tabella **A1.4**.

Caratteristiche generali della misurazione e caratteristiche e risultati delle misurazioni di polveri															
<u>Ubicazione postazioni di misura</u> A: sopravento adiacente alla strada B: sottovento adiacente alla strada C: sottovento a 15 m circa dalla strada D: sottovento a 30 m circa dalla strada															
<u>Tratto di strada testata</u> Dritta, piana, lunga 100 m Materiale superficiale con															
Cava di calcare		Impianto carbone													
ρ : 2,86 kg/dm ³ acqua: 0,16% silt ($\leq 75\mu\text{m}$): 22,3%		ρ : 2,48 kg/dm ³ acqua: 0,62% silt ($\leq 75\mu\text{m}$): 21,9%													
Mezzi in transito Tempo di ingresso uscita: Tipo e velocità dei mezzi				Misurazioni di parametri ambientali											
Cava di calcare		Impianto carbone		T bulbo secco ed umido e P ogni ora velocità e direzione del vento ogni 30 secondi											
camion a doppio asse rimorchi da 18 t ed a 45 t velocità media: 25 km/h		camion a doppio asse rimorchi da 45-54 t velocità media: 25 km/h		Respirabili: <i>Metodo indiretto</i> (filtrazione su membrana) 6-7 ore di misurazione/giorno 37 mm e ciclone Dorr-Oliver a 1,7 dm ³ /min <i>Metodo diretto</i> (real time monitor) acquisizione ogni 2 secondi MIE Personal Data RAM (real time monitor) con Dorr Oliver a 1,7 dm ³ /min											
				Toraciche – PM10 (vero) <i>Metodo indiretto</i> (filtrazione su membrana) 6-7 ore di misurazione/giorno ciclone GK 2,69 a 1,6 dm ³ /min PTS (in realtà INALABILI ovvero asintotiche a 0 a 100 μm) Cassette chiuse a 1,7 dm ³ /min <u>Suddivisione per diametro aerodinamico</u> Cascade Impactor a 6 stage a 2 dm ³ /min											
Concentrazioni misurate su 6-7 ore di misura mg/m ³ e % del valore sottovento posto a 100 Fondo Ambientale dell'area in assenza mezzi (polvere respirabile): 0,05 mg/m ³ calcare e 0,04 mg/m ³ carbone															
Cava di calcare						Cava di carbone									
stazione	PTS	PM ₁₀	RES	stazione	PTS	PM ₁₀	RES	stazione	PTS	PM ₁₀	RES	stazione	PTS	PM ₁₀	RES
A	1,48 (44)	0,46 (47)	0,09 (34)	A	1,96 (104)	0,88 (120)	0,24 (120)	B	1,88 (100)	0,73 (100)	0,20 (100)	C	0,48 (25)	0,28 (32)	0,06 (30)
B	3,29 (100)	0,98 (100)	0,26 (100)	B	1,88 (100)	0,73 (100)	0,20 (100)	C	0,48 (25)	0,28 (32)	0,06 (30)	D	0,35 (18)	0,14 (19)	0,02 (10)
C	1,42 (43)	0,36 (36)	0,07 (26)	C	0,48 (25)	0,28 (32)	0,06 (30)	D	0,35 (18)	0,14 (19)	0,02 (10)				
D	0,39 (12)	0,15 (15)	0,06 (23)	D	0,35 (18)	0,14 (19)	0,02 (10)								
Concentrazioni di polveri respirabili istantanee medie dovute al passaggio di mezzi [mg/m ³]															
t [s] →	- 5	0	5	10	15	25	30	35	40	45	50	60	80	100	120
Cl _{95%} SUP	0,39	0,92	2	2,78	2,5	1,5	1,0	0,75	0,6	0,42	0,39	0,25	0,1	0,07	0,03
media	0,17	0,5	1,5	2,32	1,85	1,28	0,78	0,57	0,5	0,39	0,28	0,21	0,1	0,07	0,03
Cl _{95%} INF	-	-	0,92	1,85	1,5	1,0	0,64	0,43	0,39	0,28	0,21	0,14	0,1	0,07	0,03
t [s] →	10	20	30	40	50	60	70	80							
90 _{th%}	5,67	3,0	1,78	1,14	0,64	0,5	0,35	0,28	0,14	-	-	-	-	-	-
75 _{th%}	3,5	2,0	1,0	0,64	0,35	0,28	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-
mediana	1,64	1,0	0,57	0,28	0,14	0,07	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-
25 _{th%}	0,28	0,42	0,21	0,07	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Granulometria aerodinamica delle polveri rilevate con</u>								3,5 % < 3,5 μm - 14,5% < 10 μm							

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<i>impattore nella stazioni A e B – sopra e sottovento</i>	85% > 10 µm ma < 50 µm
Fonte: http://www.cdc.gov/niosh/mining/pubs/pdfs/hrdcf.pdf	

Tabella A1.4

In conclusione:

- la concentrazione media di polveri respirabili su 6-7 h di turno decade rapidamente all'allontanarsi della strada ed a 30 metri da essa non sono percepibili variazioni, dovute al passaggio mezzi, rispetto al fondo ambientale dovuto all'erosione del materiale superficiale da parte del vento
- Il passaggio di camion crea una nube istantanea di polvere respirabile che rapidamente viene diluita dal vento
- l'85% della polvere generata non è respirabile
- Il personale esposto alla polvere generata dal passaggio di un camion è l'autista del camion successivo tuttavia si nota che le concentrazioni critiche dovute al passaggio di un camion si esauriscono nel tempo:
- ritardare il passaggio di un camion di 20 secondi rispetto al passaggio del camion precedente significa, in termini di esposizione a cabina aperta, un 42-50% di esposizione in meno.
- circa l'efficienza della tecnica di bagnatura della strada i test dimostrano che la tecnica consente di contenere per più di 2 ore la concentrazione di PTS sotto i 2 mg/m³ e che: bagnare 1 volta all'ora comporta un 40% di efficienza di riduzione delle PTS mentre bagnare 1 volta ogni ½ ora comporta un 55% di efficienza di riduzione delle PTS
- circa i consumi di acqua i test EPA riferiscono che l'uso di 2,1 dm³/m² di strada comporta un 74% di efficienza sulle PTS per le 3-4 ore successive, l'uso di 0,5 dm³/m² di strada comporta un 95% di efficienza sulle PTS per la ½ ora successiva
- circa l'uso di additivi i test EPA riferiscono un 95% di efficienza sulla riduzione delle PTS usando cloruro di magnesio

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13 **Appendice 2: Sistemi di ventilazione premente, sistemi di ventilazione con schema aspirante e sistemi di captazione polveri mediante dispositivi di aspirazione localizzata, connessi a stadi di abbattimento polveri a secco o ad umido**

13.1 **Premessa**

La differenza tra schemi di ventilazione premente ed aspirante si pone soprattutto in relazione alla mitigazione polveri per attività di scavo, smarino, movimento terra, trasporto, stoccaggio, carico, scarico, frantumazione effettuate in sotterraneo. Si tratta semplicemente di scongiurare il rischio di emissioni di polveri fuggitive da un portate di una galleria, da un fornello, da un pozzo o da un camerine gestendole, laddove si formano mediante:

- diluizione mediante ventilazione premente ed eventualmente abbattimento per sedimentazione o sistemi di nebulizzazione a cortine di acqua (vedi Appendice 1)
- captazione per aspirazione, magari aiutata mediante dislocazione della polvere emessa con ventilatori prementi ausiliari (booster fan), e bloccarla mediante dispositivi di pre abbattimento ed abbattimento vero e proprio. In questo secondo caso si tratta di scongiurare pertanto il rischio di emissione di polvere fuggitiva dai condotti di scarico post abbattitore ovvero di scongiurare il rischio di emissioni di polveri fuggitive convogliate a camino

Le considerazioni circa i dispositivi di captazione mediante aspirazione localizzata hanno invece come obiettivo la gestione del rischio di emissione di polveri fuggitive da una qualsiasi sorgente ubicata in sotterraneo o all'aperto e riguardano maggiormente elementi di impianto (per esempio il punto di scarico materiale secco da un impianto di betonaggio).

13.2 **Ventilazione premente e ventilazione aspirante in sotterraneo**

I sistemi che utilizzano la sola ventilazione premente hanno l'obiettivo di diluire la concentrazione di polveri emessa da una sorgente. Le polveri aventi diametro aerodinamico equivalente tale da essere catturate dalla portata d'aria indotta (vista la velocità dell'aria nel cavo e vista la sua sezione comprendo perciò lo spazio disponibile al netto dell'ingombro dato dalle attrezzature) possono:

- sedimentare in un determinato punto del cavo tra la sorgente ed il portale
- fuoriuscire dal portale e costituire emissioni fuggitive, il cavo si trasforma in un camino)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per evitare emissioni oltre i valori limite previsti dalla normativa (in genere riferite a camini) o comunque oltre i valori di fondo ambientale eventualmente rilevati mediante misurazioni occorre destinare una certa sezione della galleria a funzione di stadio di abbattimento.

Una possibilità è quella di installare sulla sezione un arco ad ugelli nebulizzatori. La tecnologia è stata descritta, con cenni a prestazioni e critiche, in Appendice 1.

I sistemi che utilizzano schemi di ventilazione aspirante o premente aspirante sono invece più gestibili dal punto di vista dell'abbattimento delle polveri collettate giacché, a patto che il sistema in aspirazione sia versatile e posto in prossimità delle sorgenti, un tratto del condotto rigido in depressione deve e può essere destinata a stadio di abbattimento mediante:

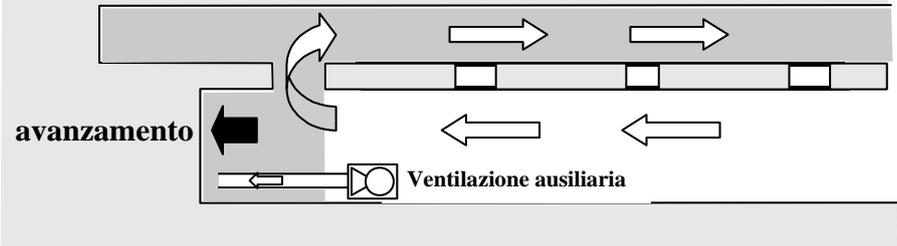
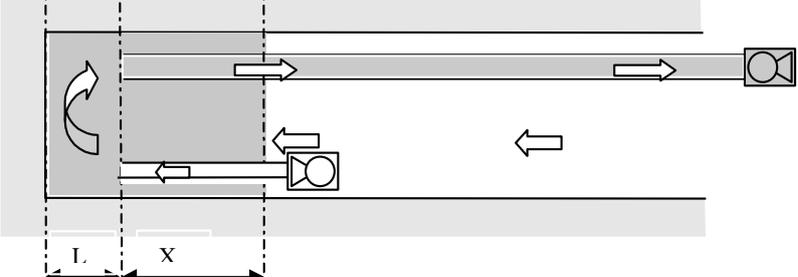
- prefiltri ciclonici e filtri a maniche
- abbattitori ad umido seguiti da stadi di demistaggio.

In primo luogo pertanto si tratta di decidere quale schema di ventilazione utilizzare. In **figura A2.1** vengono forniti ragguagli circa le principali combinazioni di schemi possibili con indicazioni di vantaggi e svantaggi circa la dispersione di inquinanti vevoli anche e soprattutto nei confronti della dispersione polveri. Ovviamente, con riferimento agli schemi che seguono, l'impiego di condotte flessibili e' possibile solo ove siano percorse da fluido a pressione maggiore della pressione esterna.

Vengono descritti i seguenti schemi possibili:

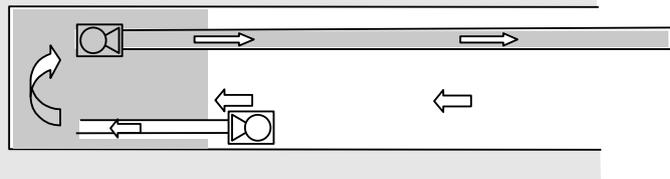
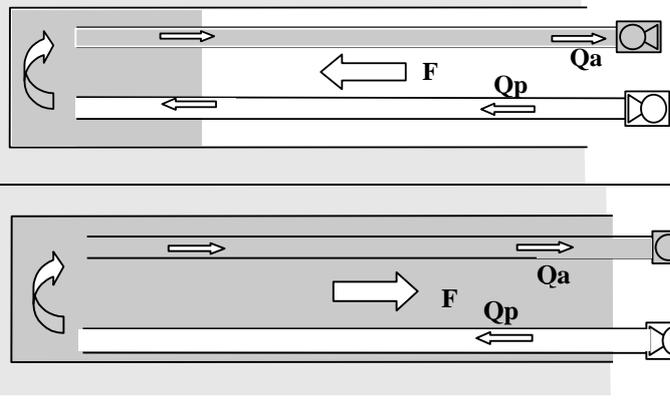
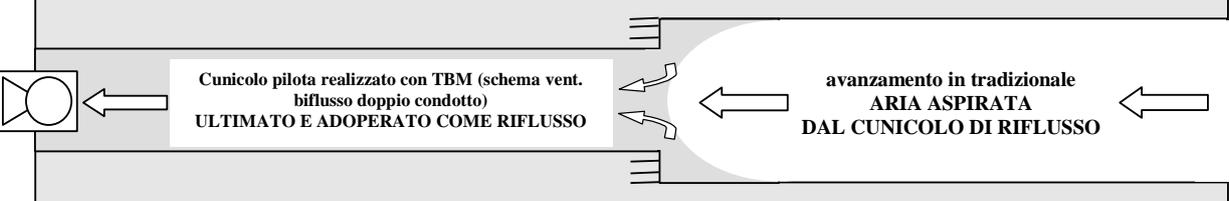
- galleria a doppia canna (o con galleria di servizio) con sistema di ventilazione mono flusso (vista in pianta) premente
- galleria a singola canna con ventilazione mono flusso di tipo premente
- singola canna ventilazione bi flusso di tipo aspirante con condotto in depressione e booster fan
- singola canna ventilazione bi flusso di tipo aspirante con condotto in pressione
- singola canna ventilazione bi flusso a doppio condotto
- singola canna ventilazione mono flusso tramite cunicolo pilota completato

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Schemi possibili di ventilazione in galleria	
<u><i>doppia canna (o con galleria di servizio) con sistema di ventilazione mono flusso (in pianta)</i></u>	
<p>E' possibile l'impiego di acceleratori di flusso senza condotti; l'aria viziata di galleria costituisce emissioni non gestibile verso l'esterno. E' essenziale gestire le sorgenti secondarie in galleria. Occorre garantire l'efficace tenuta delle doppie porte installate sui by-pass chiusi. La zona da considerare critica per la presenza di particolati aerodispersi si estende a tutta la galleria di riflusso ed al tratto della galleria in fase di scavo, oltre l'ultimo by-pass</p>	
	
<u><i>singola canna ventilazione mono flusso di tipo premente</i></u>	
<p>E' lo schema piu' semplice ed economico; l'aria viziata di galleria costituisce emissioni non gestibile verso l'esterno. La zona da considerare critica per la presenza di particolati aerodispersi si estende a tutta la galleria.</p>	
	
<u><i>singola canna ventilazione bi flusso di tipo aspirante con condotto in depressione e booster fan</i></u>	
<p>E' necessario un booster per la pulizia del fronte ed e' essenziale gestire le sorgenti secondarie in galleria. La zona da considerare critica per la presenza di particolati aerodispersi interessa la galleria a partire dal fronte fino all'imbocco del condotto di aspirazione (L) e si estende per una lunghezza X (funzione delle caratteristiche di diffusione dell'inquinante nelle condizioni di flusso locali). Eventuali falle nel tubo in depressione comporterebbero un decadimento della capacità di aspirazione.</p>	
	
<p>Fonte: PATRUCCO M., TOMMASINI R., "Classifying of the hazard zones and risk management in gassy tunnel driving operations"</p>	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

Figura A2.1 (prosegue)

Schemi possibili di ventilazione in galleria	
<u>singola canna ventilazione bi flusso di tipo aspirante con condotto in pressione</u>	
	<p>E' necessario un booster per la pulizia del fronte – il ventilatore principale e' anch'esso in sotterraneo, e' essenziale gestire le sorgenti secondarie in galleria. Nota. eventuali falle nel tubo in pressione comporterebbero reimmissione di aria inquinata nel cavo. La zona da considerare critica per la presenza di particolati aerodispersi ha estensione pari a quella del caso precedente.</p>
<u>singola canna ventilazione bi flusso a doppio condotto</u>	
<p>Sono possibili, mediante ventilatori a portata regolabile, una precisa gestione della estensione della zona potenzialmente critica e la gestione delle emissioni verso l'ambiente esterno; i ventilatori sono all'esterno. Il secondo schema peraltro ha senso solo qualora i ventilatori del caso precedente siano reversibili, entrambi i tubo siano rigidi e non siano presente particolati aerodispersi contenenti elementi dichiarati cancerogeni.</p>	
	<p>La zona da considerare critica per la presenza di particolati aerodispersi si estende, in funzione della portata d'aria del sistema aspirante Q_a e del sistema premente Q_p:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ come raffigurato nel primo schema sottostante se $Q_a > Q_p$ ▪ come raffigurato nel secondo schema sottostante se $Q_a \leq Q_p$ <p>Il secondo schema peraltro ha senso solo qualora i ventilatori del caso precedente siano reversibili, entrambi i tubi siano rigidi e non siano presenti particolati aereo dispersi contenenti sostanze cancerogene.</p>
<u>singola canna ventilazione mono flusso tramite cunicolo pilota completato</u>	
<p>E' possibile, mediante ventilatori a portata regolabile, una precisa gestione della estensione della zona potenzialmente critica e la gestione delle emissioni verso l'ambiente esterno; i ventilatori sono all'esterno ed e' essenziale gestire le sorgenti secondarie in galleria. la zona da considerare critica per la presenza di particolati aerodispersi ha estensione fisiologicamente ridotta</p>	
	
<p>Fonte: PATRUCCO M., TOMMASINI R., "Classifying of the hazard zones and risk management in gassy tunnel driving operations"</p>	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Figura A2.1

Scelto lo schema di ventilazione occorre porre attenzione alle seguenti considerazioni

Qualunque sia il sistema di ventilazione scelto esso deve essere soggetto a controllo programmato e sistematico mediante misure di portata e velocità dell'aria:

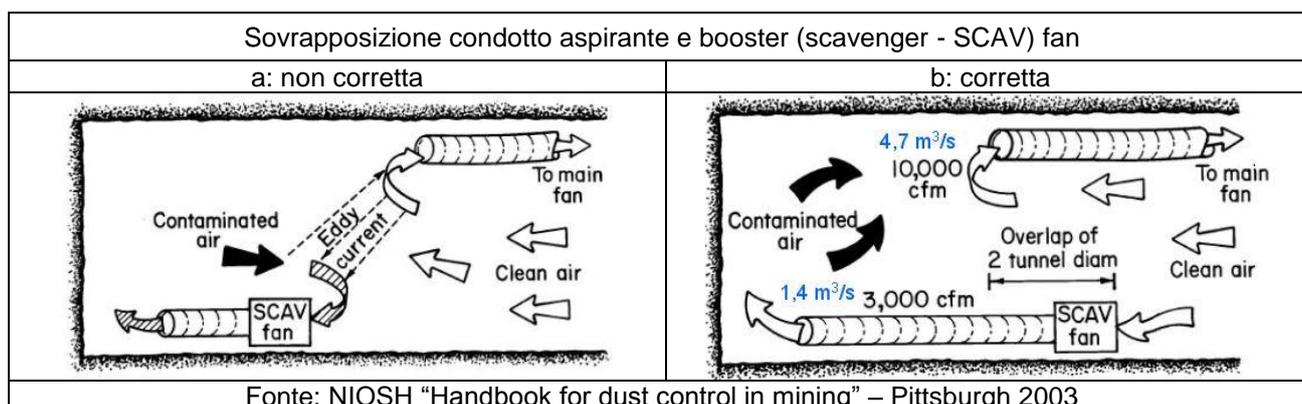
nei punti caratteristici con presenza di sorgenti di polverosità e nei punti caratteristici della galleria in relazione ai risultati delle misurazioni di polverosità effettuate. Le fessurazioni non controllate causano valori anomali di velocità e portata d'aria nei condotti o nel cavo che hanno come conseguenza valori anomali di concentrazione di polvere misurata:

1. i condotti in particolare devono essere sempre attrezzati con punti di misurazione della pressione statica per verificarne lo stato di depressione o pressione rispetto all'esterno
2. per evitare valori di concentrazione anomali al fronte della TBM occorre che il sistema di ventilazione si estenda sufficientemente nella parte frontale della macchina:
 - i condotti in aspirazione devono estendersi 3 m oltre l'ultima postazione di lavoro,
 - i condotti di adduzione dell'aria, assumendo che il getto d'aria fornito non sia ostruito, devono estendersi almeno a 6 m dall'ultima postazione di lavoro.

In caso di utilizzo di schemi di ventilazione in aspirazione con ventilazione premente fornita da un ventilatore ausiliario occorre porre attenzione al grado di sovrapposizione tra i due sistemi.

Se non viene garantita una giusta sovrapposizione tra la sezione aspirante del condotto in aspirazione e la sezione aspirante del ventilatore ausiliario il rischio è la formazione di un ciclo chiuso di ventilazione che ha per conseguenza il ricircolo di aria contaminata al fronte ed una minor evacuazione di aria contaminata da parte del sistema in aspirazione:

- in **figura A2.2a** viene descritto ciò che accade in caso di non corretta sovrapposizione tra l'ingresso del condotto aspirante e quello del ventilatore ausiliario,
- in **figura A2.2b** viene descritto uno schema con corretta sovrapposizione tra i due ingressi,



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Figura A2.2

In caso di utilizzo di schemi con ventilazione premente e ventilatore ausiliario occorre porre attenzione, nel momento in cui entrambi i sistemi adducano portate d'aria simili tra loro in direzioni opposte: il rischio è quello di creare una zona di aria a bassa velocità tra i due sistemi, che le sorgenti qui collocate creino alti livelli di concentrazione di polveri e che si ricircoli aria sporca al fronte. Nella **figura A2.3a** viene descritto il fenomeno in caso di portate addotte simili tra loro, nella **figura A2.3b** viene mostrato come incrementando la portata addotta con il ventilatore principale e utilizzando un condotto in aspirazione dotato di abbattitore di polvere si risolve il problema.

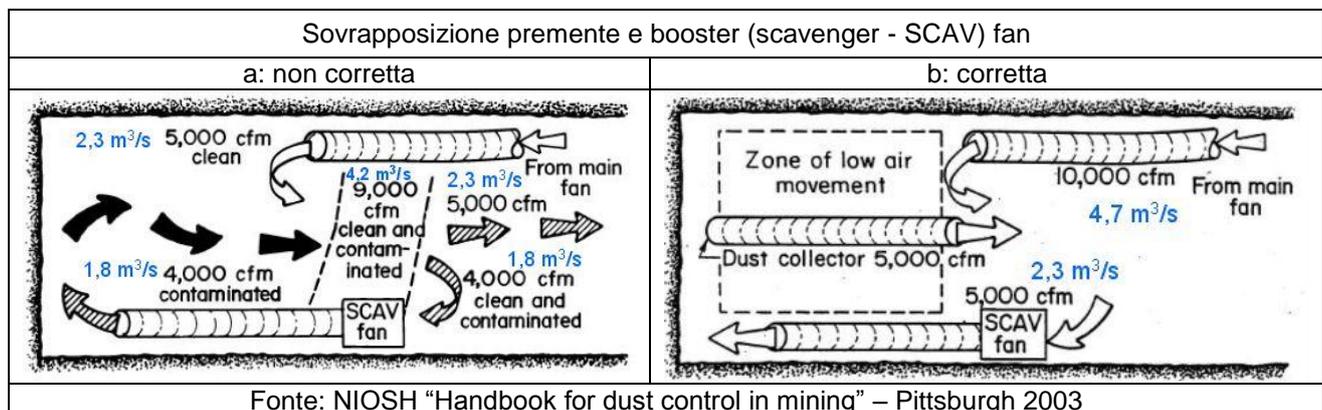


Figura A2.3

La quantità di aria da fornire dovrebbe garantire attraverso la galleria velocità dell'aria pari ad almeno (non considerando problemi di metano o fumi diesel):

- 0,5 m/s, compresa la TBM ed il back, in presenza di rocce o terreni con più del 10% di silice cristallina
- 0,3 m/s nei tunnel di grosso diametro

La scelta tra ventilazione aspirante o premente o combinazione tra le due è un punto chiave:

- per la gestione delle polveri la ventilazione aspirante nella zona TBM e back è il metodo migliore. Infatti in presenza di premente ed aspirante dotata di collettore la zona di minimo movimento dell'aria viene minimizzata ed entrambi i sistemi lavorano in accordo per massimizzare il riciclo di aria viziata con aria fresca
- tra il back ed il portale la scelta tra premente ed aspirante è libera

Nel decidere le portate di aria occorre prevedere un 20-50% di margine dovuto a perdite nei/dai condotti

Occorrerebbe evitare l'utilizzo di condotti flessibili spiratati tranne che per piccole connessioni tra

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

condotti rigidi: le perdite di carico nei condotti spiratati sono veramente alte comparate a quelle occorrenti nei tubi lisci metallici

La quantità di aria da aspirare con ventilazione aspirante dalla zona retrostante la camera di scavo di una TBM (ma il discorso può valere anche per quanto riguarda altri sistemi di scavo) dovrebbe invece attestarsi ai valori consigliati in **tabella A2.1**. Sono quantità di aria difficili da rimuovere in quanto richiedono grossi ventilatori e grosse sezioni di condotto nonché grossi abbattitori tuttavia occorre sottolineare che:

- l'azione della testa rotante crea turbolenze che disturbano il regime di aria indotto/estratto,
- l'isolamento camera di scavo – TBM è meno severo di quanto si pensi,
- l'intero nastro trasportatore, anche a ridosso del punto di carico, potrebbe essere non confinato,
- in alcune tipologie di macchina si crea uno spazio libero in cui possono defluire atmosfere cariche di polvere quando i grippers sono in azione.

Ventilazione aspirante - quantità di aria da aspirare dalla zona retrostante la camera di scavo	
<u>Diametro della galleria</u> [m]	<u>Portata di aria consigliata</u> [m ³ /h]
3	7000 - 11000
4,5	12000 - 17000
6	20500 - 29000
8	32500 - 44500
Fonte: NIOSH "Handbook for dust control in mining" – Pittsburgh 2003	

Tabella A2.1

In presenza di mezzi diesel ed in presenza di problemi di metano il Network Italiano Silice, incaricato di fornire linee guida per la gestione del problema esposizione a silice libera cristallina in diversi settori in cui questo rischio presente ha pubblicato, relativamente alle gallerie, le seguenti considerazioni:

la quantità di aria necessaria nel cantiere di lavoro viene stimata in base alla quantità e alla potenza delle macchine diesel con l'obiettivo di mantenere le concentrazioni degli inquinanti prodotti dai motori diesel al di sotto dei valori limite (NIOSH – 2003)

- per motori diesel di concezione recente, con corretta manutenzione, ma senza sistemi di controllo dei gas di scarico:
 - 6 m³/min per kW di potenza nominale di grandi escavatori e pale cariatrici
 - 3 m³/min per kW di potenza nominale di macchine di trasporto del marino e betoniere
- per motori diesel di concezione recente, con corretta manutenzione e con filtri antiparticolato:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 m³/min per kW di potenza nominale di grandi escavatori e pale cariatrici

2 m³/min per kW di potenza nominale di macchine di trasporto del marino e betoniere

- per cantieri con presenza di gas naturale in concentrazioni potenzialmente pericolose, la ventilazione deve essere tale per cui sia garantita una velocità media dall'aria nella sezione più ampia di almeno 0,5 m/s.

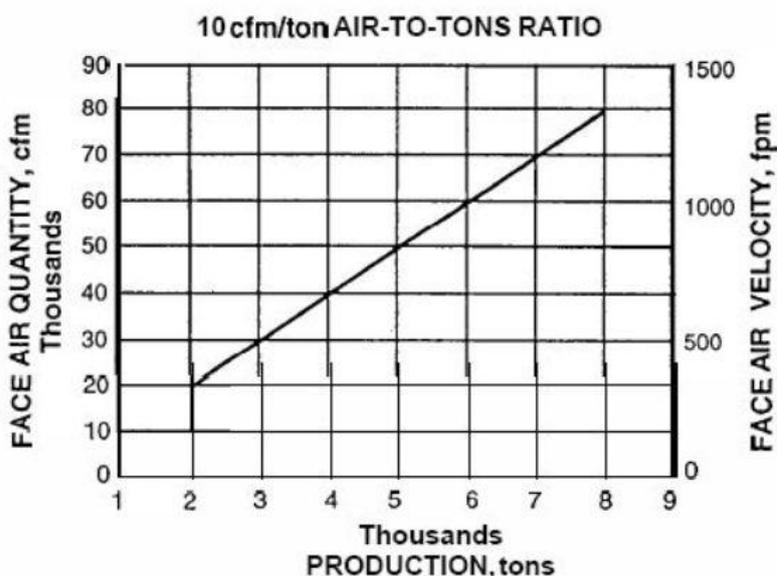
Altri sistemi empirici presenti in letteratura per stabilire la quantità di aria da ventilare al fronte in presenza di scavi sono quelli utilizzati nel campo minerario carbonifero per le lunghe fronti scavate con tamburo fresante.

La quantità di aria consigliata per la diluizione (**figura A2.4** - NIOSH):

- è funzione delle tonnellate di materiale abbattuto
- è funzionale al mantenimento al fronte di concentrazioni massime di polveri respirabili pari a 2 mg/m³.

Il valore di portata d'aria ventilata si ricava, in base alle tonnellate di materiale abbattuto, sulla ascissa di sinistra del grafico. La velocità dell'aria al fronte, ricavabile dall'ascissa di destra non è invece da considerare perché si riferisce a sezioni bagnate tipiche del settore minerario e della specifica attività di scavo viste le dimensioni tipiche delle sezioni di scavo e gli ingombri tipici delle macchine di scavo utilizzate.

Portata e velocità dell'aria da addurre al fronte in funzione della quantità di materiale scavato per mantenere una concentrazione di polvere pari al massimo di 2 mg/m³



Fonte: U.S. Department of Labor – Mine Safety and Health Administration – Practical Ways to reduce

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

exposure to coal dust in longwall mining a toolbox – Washington 1999
--

Figura A2.4

13.3 Generalità sui sistemi di aspirazione localizzata

I sistemi di ventilazione con schema aspirante e dotati di dispositivi di aspirazione localizzata sono la tecnica più comune per controllare le sorgenti di polverosità nell'ambito delle attività di processo di rocce e minerali. L'obiettivo di questi sistemi è la cattura della polvere emessa da attività quali comminuzione, selezione granulometrico, essiccamento, stoccaggio, carico e scarico, il suo trasporto in un sistema di condotte e la sua raccolta mediante stadi di abbattimento e filtrazione. Questi sistemi utilizzano un ventilatore per creare la depressione necessaria a catturare la polvere nel momento in cui si aerodisperde da una sorgente. Sono pertanto tecniche di gestione afferenti agli approcci secondari: la polvere viene comunque generata ed aerodispersa. Questa tecnica è tuttavia molto efficace solo quando al sistema aspirante è connesso un elemento una cappa aspirante o un confinamento che racchiude la sorgente di polverosità o considera le modalità di dispersione della polvere emessa. I vantaggi nell'utilizzo di un sistema ad aspirazione localizzata sono i seguenti:

- capacità di catturare ed abbattere particelle molto piccole difficili da gestire con tecniche di wet suppression
- possibilità di reintrodurre nel ciclo lavorativo il materiale catturato
- capacità di operare durante climi freddi
- possibilità di essere applicate a materiali igroscopici o che soffrono condizioni di umidità.

Il progetto dei sistemi di ventilazione operanti in aspirazione e dotati di aspirazione localizzata mediante cappe aspiranti richiede conoscenze approfondite di aeraulica e del processo su cui sono applicati. I criteri di progetto di un sistema di aspirazione localizzata sono prodotti da diversi istituti tra cui l'American Conference of Industrial Hygienist che pubblica il manuale "Industrial Ventilation Handbook – A Manual of Recommended Practice" giunto alla 26 esima edizione. I parametri su cui si basa il processo sono molteplici tuttavia i tre più importanti sono:

1. portata aspirante da forzare nel sistema cappa e condotti e pertanto velocità dell'aria nei condotti
2. posizione della cappa aspirante
3. forma della cappa aspirante.

Dei tre parametri citati il più importante è la portata aspirante da garantire attraverso la cappa e per

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

conseguenza la velocità dell'aria nei condotti di collegamento ai sistemi di abbattimento ed al ventilatore.

Circa la velocità dell'aria nei condotti per molti anni la sola raccomandazione pratica è stata quella di trasportare nei condotti le particelle catturate con velocità dell'ordine dei 15 – 20 m/s. Lo scopo era quello di evitare la sedimentazione delle particelle e quindi l'intasamento delle condotte. Alte velocità tuttavia significano usura delle condotte in particolare nei gomiti e in quei punti di transizione tra condotte in cui lo sviluppo di fori comporta perdita di efficienza e perdite di polvere negli ambienti.

I sistemi ad aspirazione localizzata a bassa velocità sono sistemi in cui le velocità dell'aria nei condotti sono mantenute sotto i 10 m/s e possono presentare dei vantaggi rispetto a quelli forniti dai sistemi ad elevata velocità quando si trasportano polveri contenenti minerali molto abrasivi quali silice cristallina.

Occorre sottolineare che l'adozione di un sistema a bassa velocità non significa rinunciare, in prossimità della cappa aspirante, ai valori di portata d'aria e di depressione necessari per la cattura della polvere aerodispersa.

Nei sistemi ad elevata velocità dell'aria, per contenere i costi energetici, i condotti vengono essenzialmente disposti in modo da garantire un percorso rettilineo (in orizzontale o verticale) il più possibile privo di punti di singolarità. Grazie alle elevate velocità particelle di grosse dimensioni granulometrico aerodinamiche vengono trasportate nei condotti fino agli stadi di abbattimento e raccolta.

Nei sistemi a bassa velocità dell'aria il percorso dei condotti è basato sul principio del "dente di sega" in cui tutti i condotti in rimonta sono orientati a 45° rispetto all'orizzontale e tutti quelli in discesa a 30°. Ciò consente alla maggior parte delle particelle di grosse dimensioni di sedimentare nel tratto in rimonta, scivolare all'indietro lungo di esso e ritornare in ciclo nel punto di aspirazione.

I vantaggi di un sistema a bassa velocità sono i seguenti:

- usura e manutenzione: l'abrasione si riduce e sono consentite maggiormente deviazioni o gomiti
- costi energetici: le perdite di carico distribuite e concentrate sono minori
- disponibilità ed affidabilità: sono meno sensibili a variazioni in termini di perdite di carico distribuite e concentrate
- perdite di processo: meno gravi in quanto le particelle di grosse dimensioni non vengono perse

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13.4 Approccio “per aria indotta” e per “velocità di controllo”

Per determinare portata aspirante da garantire attraverso la cappa sono utilizzati essenzialmente due approcci (vedi anche **figura A2.5**):

a. Approccio basato sull'aria indotta

Nel momento in cui un materiale granulare viene scaricato da una certa altezza verso un sistema di stoccaggio (sia esso un cumulo, sia esso l'apertura di una tramoggia connessa ad un sistema di stoccaggio chiuso) e cade in aria, ogni particella imprime all'aria circostante una certa quantità di moto.

Per conseguenza di questo trasferimento di energia un flusso di aria viene richiamato e viaggia assieme al materiale

A meno che l'aria non sia rimossa mediante sistemi di aspirazione localizzata, essa, nel momento in cui il materiale impatta, fugge attraverso gli spazi intergranulari del materiale portando con sé la parte più fine del materiale. Per una corretta gestione delle emissioni di polveri la portata di aria aspirata deve essere maggiore o uguale di quella indotta. La quantità di aria indotta è funzione dello spazio disponibile intorno al materiale in caduta, del flusso di materiale, dell'altezza di caduta del materiale.

$$Q_{IND} = 10 A_U \sqrt[3]{\frac{RS^2}{D}} \text{ con:}$$

- Q_{IND} : portata di aria indotta [ft³/min],
- A_U : area aperta all'interno della struttura di scarico del materiale a monte del punto di caduta del materiale (dove il flusso di aria viene indotto) [ft²],
- R : portata del materiale in caduta [ton/h]
- S : altezza di caduta libera del materiale [ft] e
- D : dimensioni medie del materiale [ft]

b. Approccio basato sulla velocità di controllo

L'approccio è basato sul principio che, creando una sufficiente portata di aria in aspirazione in modo tale che questa attraversi la sorgente di polverosità, il flusso di aria sporca possa essere convogliato ad una cappa opportunamente sagomata e posizionate e da questa ad un abbattitore. La velocità di aria che la portata aspirante deve garantire per vincere le correnti di aria in direzione opposta alla cappa, nonché il moto proprio delle particelle è detta “velocità di cattura”. La formula

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

più semplice per determinare la portata di aria necessaria per realizzare in prossimità della sorgente la velocità di cattura voluta è stata determinata da Dalla Valle come

$$Q = V_x (10X^2 + A), \text{ con:}$$

Q_{IND} : portata di aria aspirata [ft³/min]

V_x : velocità di cattura in mezzeria al piano aspirante della cappa a distanza X dalla stessa [ft/min]

X: distanza lungo l'asse della cappa [ft]

A: area aspirante della cappa [ft²]

La formula citata è valida per una cappa aspirante di sezione circolare non flangiata. Per cappe di diversa tipologia le formule cambiano. Le velocità di cattura necessarie per intercettare particelle emesse da diverse tipologie di sorgenti sono in genere tabellate.

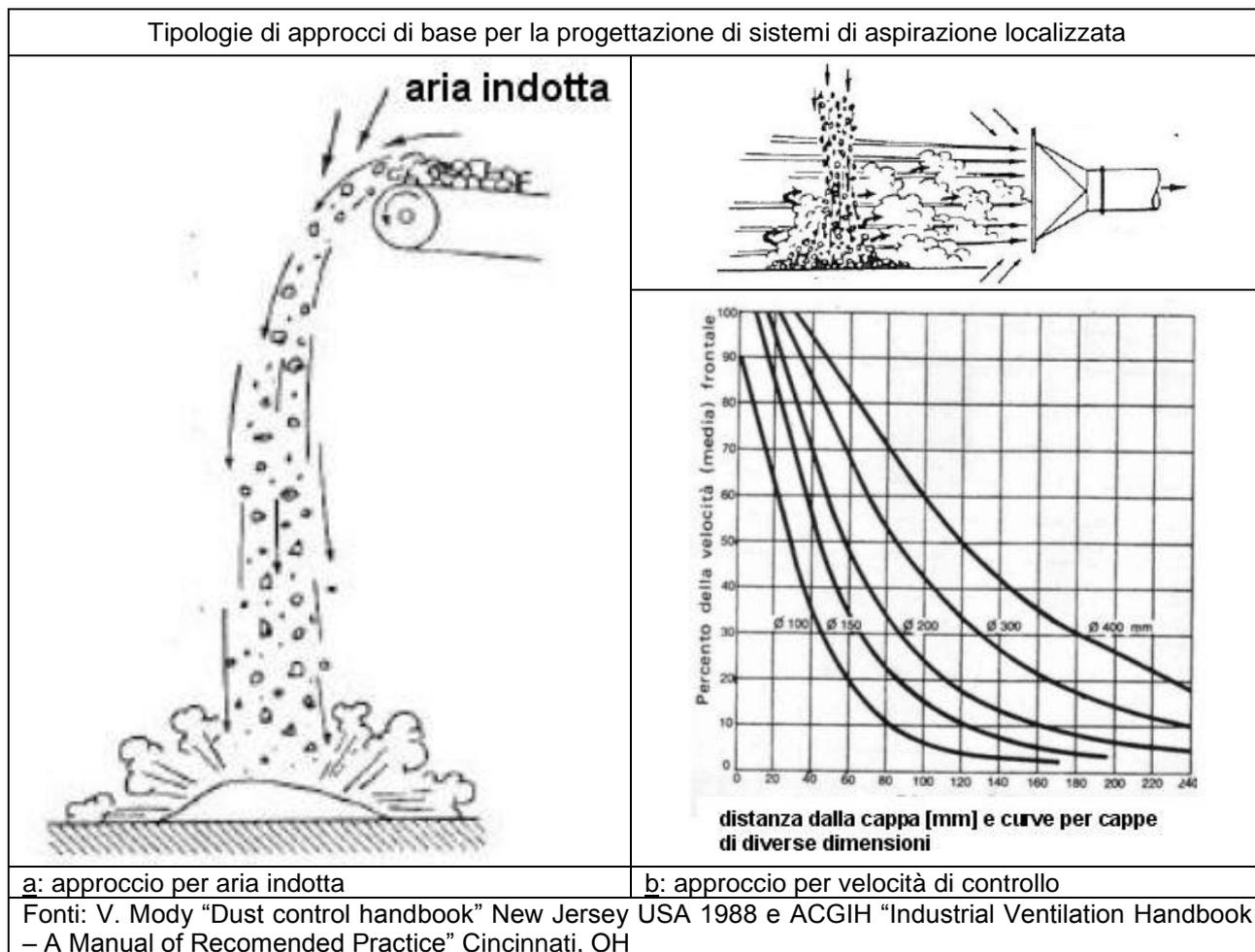


Figura A2.5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13.5 Tipologie di abbattitori di polvere

Qualunque sia il sistema di ventilazione occorre abbattere le polveri raccolte. Qualunque sia la tipologia di collettore di polveri utilizzato occorre porre attenzione alle seguenti considerazioni:

- dotarsi di procedure e mezzi per verificare lo stato di intasamento degli stadi di filtrazione
- dotarsi di procedure e mezzi per verificare lo stato di salute ed effettuare manutenzione/sostituzione delle guarnizioni
- verificare il grado di guarnizione degli stadi di filtrazione per evitare che l'aria polverosa li by passi
- acquistare sistemi di abbattimento che consentano facilmente il controllo dello stato di salute ed efficienza degli stadi di filtrazione
- verificare che gli stadi di filtrazione a secco non presentino grosse lacerazioni dovute a particelle grossolane e nel caso sostituirli o ripararli
- acquistare condotte che consentano di intervenire per rimuovere la polvere grossolana sedimentata nei tratti precedenti gli abbattitori ed evitare così profili di velocità anomali
- verificare lo stato di salute delle palette dei ventilatori posti prima degli stadi di abbattimento: sono spesso facilmente erodibili e ciò ha per conseguenza modifica del profilo delle palette con conseguente diminuzione della portata d'aria nominale erogata

Spesso la sistematica misurazione di velocità e portata d'aria, di pressione e di concentrazione polveri nei tratti di condotto a monte e valle degli stadi di abbattimento (in tratti di condotto rettilinei posti ad almeno 6 diametri di distanza dai punti di singolarità del circuito) fornisce una buona fotografia dello stato di salute dei filtri.

Le tipologie di abbattitori di polveri disponibili possono essere molteplici, in genere, dovrebbero essere posti prima del ventilatore principale per evitare problemi di abrasione delle palette. Gli abbattitori possono essere a secco o ad umido.

Gli abbattitori inerziali separano i particolati da una corrente gassosa usando una combinazione di forza (gravitazionale, inerziale, centrifuga) aventi lo scopo di portare la particella in un'area dell'abbattitore dove le forze esercitate dal gas sono minime. La polvere separata viene convogliata per gravità in una tramoggia dove è temporaneamente stoccata. Gli abbattitori per filtrazione forzano la corrente gassosa ed il particolato in essa contenuto attraverso un dispositivo filtrante ad uno o più stadi

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fanno capo alla categoria *abbattitori a secco* i seguenti principali sistemi:

- pre abbattitori (inerziali)
 1. sedimentatori
 2. separatori ad urto
 3. cicloni
- abbattitori per filtrazione a tessuto
 1. filtri a maniche
 2. filtri a candela o cartucce aspiranti
 3. a filtri assoluti
 - a. con filtri assoluti HEPA - High Efficiency Particulate Air: rimozione teorica di almeno il 99,97% di polveri con dimensioni granulometrico aerodinamiche > di 0,3 µm
 - b. con filtri assoluti ULPA - Ultra Low Particulate Air: rimozione teorica di almeno il 99,999% di polveri, pollini, batteri con dimensioni granulometrico aerodinamiche > di 0,1 µm
- abbattitori elettrostatici
 1. filtri elettrostatici a piastre
 2. filtri elettrostatici a tubi
- unità di abbattimento

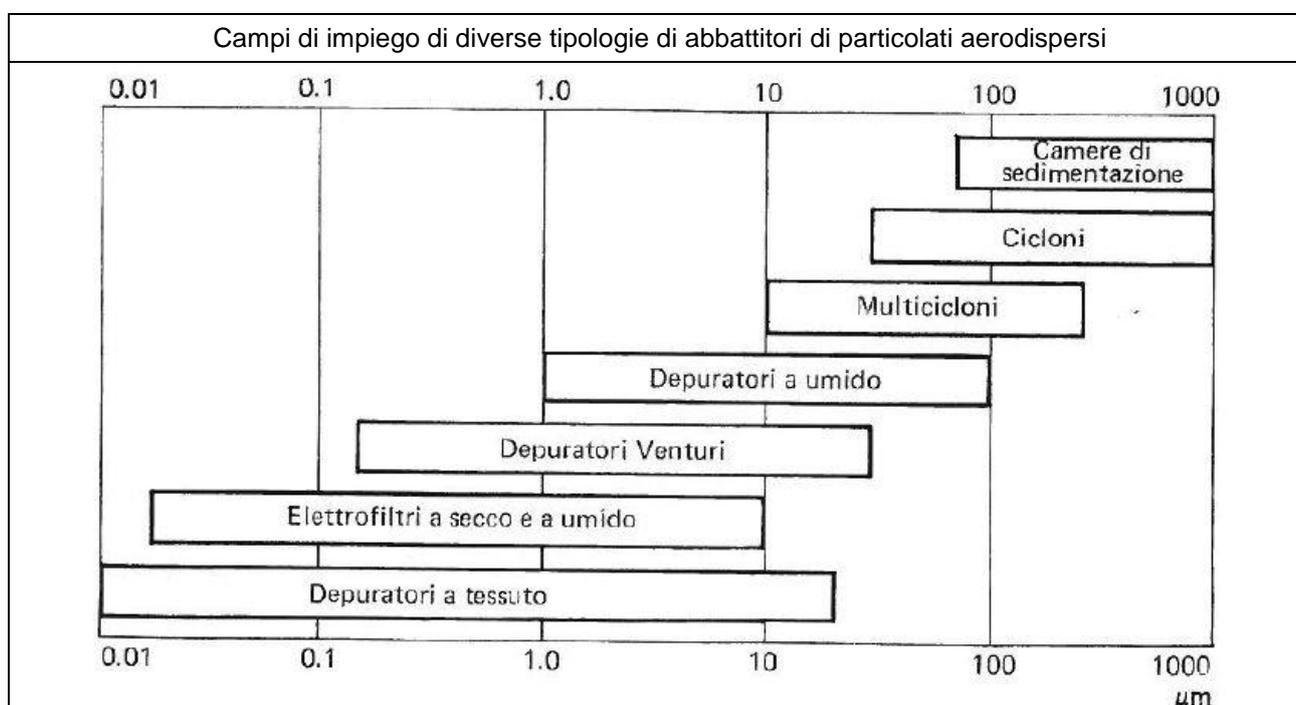
Fanno capo alla categoria *abbattitori ad umido* i seguenti principali sistemi:

- a bassa energia
idrofiltri ad azione centrifuga
- a medio bassa energia
idroclononi
- a medio alta energia
 1. scrubber packed bed
 2. scrubber fibrous-flooded bed
 3. scrubber wetted fan
 4. scrubber flooded orifice
- ad alta energia
 1. scrubber a Venturi
 2. idrofiltri elettrostatici

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

In **figura A2.6** sono raffigurati i campi di utilizzo, dal punto di vista del diametro aerodinamico equivalente del particolato da abbattere e di alcune sue caratteristiche, dei principali abbattitori a secco ed ad umido.

In **figura A2.7** sono raffigurate le efficienze di depurazione dei principali abbattitori a secco ed ad umido.



Fonte: A. Monte – Elementi di Impianti Industriali 2

Technique	Particle		Waste gas stream	
	Size (µm)	Characteristic	Temperature (°C)	Moisture content (%)
Cyclone	10-100	Dry/sticky	< 1000	< 100
Multiple cyclones	3-100	Dry/sticky	< 400	< 100
Low Energy Scrubber	2-100	Dry/sticky	< 500	< 100
High Energy Scrubber	0.1-100	Dry/sticky	< 200	< 100
Electrostatic Precipitator	0.01-100	Dry/sticky	< 400	< 100
Fabric Filter (Baghouse)	0.01-100	Dry	< 300	< 90
Ceramic Filter	0.1-100	Dry	< 800	< 90
Absolute Filter	0.01-100	Dry	< 400	< 90

Fonte: TNO – Netherland Organizations for Applied Scientific Research – Report 2002/411 Potential Costs to reduce PM₁₀ and PM_{2.5} emissions from industrial sources in the Netherlands

Figura A2.6

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento
CZ0029_F0.doc

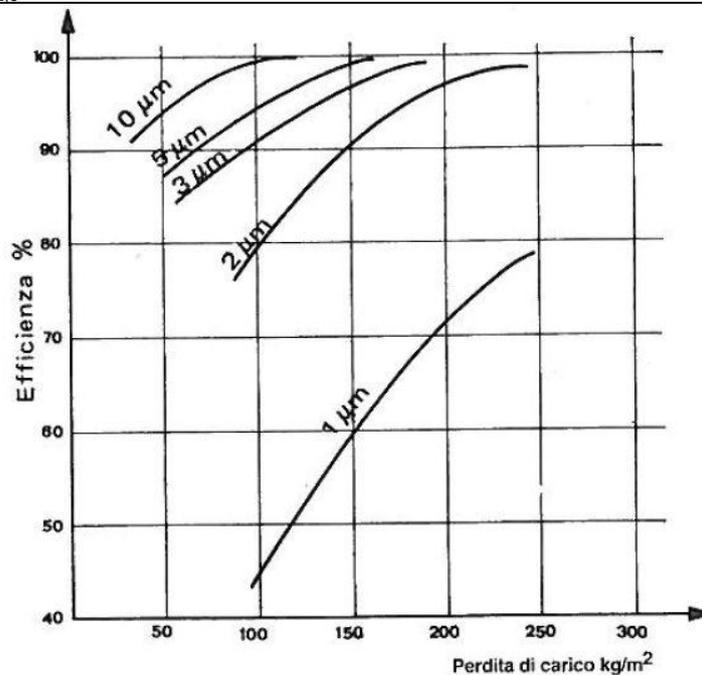
<i>Rev.</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

Campi di efficienza degli abbattitori più comuni

Technique	Efficiency (%) for particles size fraction			[PM] ^a (mg/m ³)	Pressure drop (kPa)
	PM _{0.1}	PM _{2.5}	PM ₁₀		
Cyclone	-	-	< 50	75-200	0.2-1
Multiple cyclones	-	< 50	50-90	25-100	1-2
Low Energy Scrubber	-	< 50	50-95	10-100	0.5-3
High Energy Scrubber	50-90	90-95	95-99	5-50	4-20
Electrostatic Precipitator	90-98	95-99	95-99	5-50	0.3-1
Fabric Filter	90-99	95-98	98-99.5	1-10	1-3
Ceramic Filter	90-99	95-98	98-99.5	< 10	2-6
Absolute Filter	> 99.9	> 99.9	> 99.9	< 0.1	3-6

a: concentrazione polveri totali dopo depurazione, il limite inferiore è per correnti gassose a bassa concentrazione di polveri grossolane, il limite superiore per correnti gassose a alta concentrazione di polveri fini

Fonte: TNO – Netherland Organizations for Applied Scientific Research – Report 2002/411 Potential Costs to reduce PM₁₀ and PM_{2.5} emissions from industrial sources in the Netherlands



b: campi di efficienza di un idrofiltro ad azione centrifuga

Fonte: A. Monte – Elementi di Impianti Industriali 2

Figura A2. 7

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13.6 Abbattitori a secco

13.6.1 Abbattitori di polvere a secco: pre abbattitori inerziali

1. Camere di sedimentazione

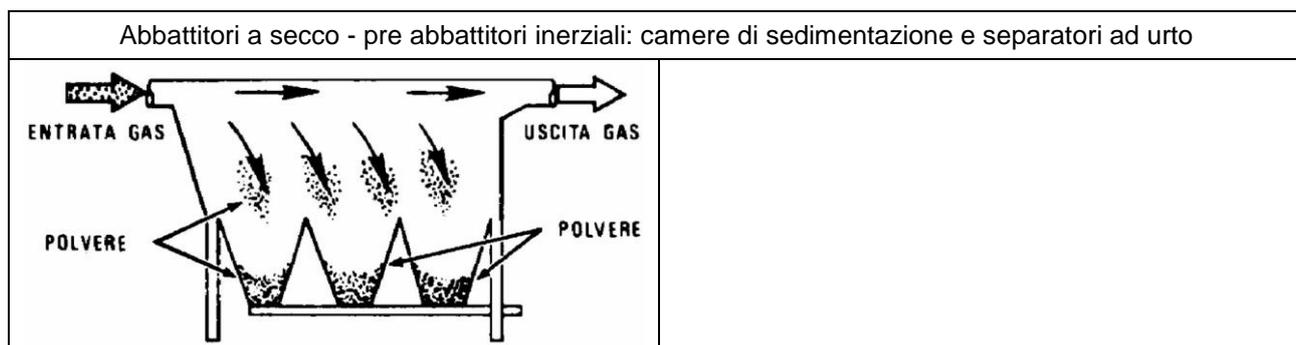
Sono la tipologia più semplice di abbattitori (**figura A2.8a**) e consistono in camere o serie di camere (o serie di camere in parallelo) in cui il flusso di aria passa da una sezione ristretta (il condotto) ad una sezione di dimensione maggiore e tale da ridurre la velocità dell'aria e consentire la sedimentazione delle particelle più pesanti per gravità.

Hanno un bassa efficienza di separazione in quanto, per una buona separazione di tutto il campo dimensionale granulometrico – aerodinamico oggetto di ventilazione aspirante, occorrerebbero camere molto grandi. La loro applicazione è limitata a granulometrie aerodinamiche superiori a 50 – 100 μm .

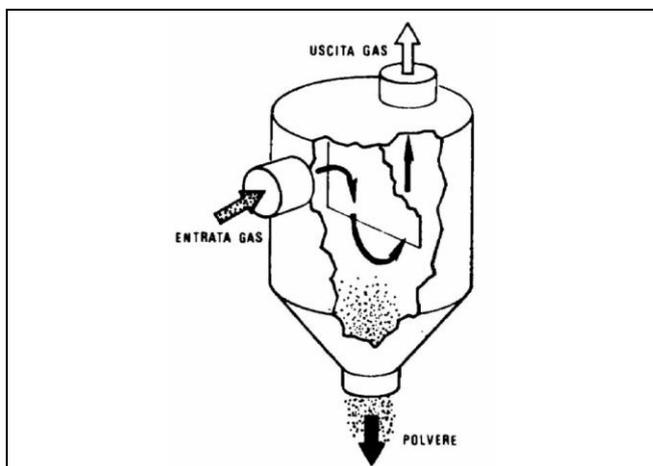
2. Separatori ad urto

Sono camere di sedimentazione (**figura A2.8b**) in cui, grazie a deflettori si determina una brusca variazione di direzione della corrente gassosa. La polvere di dimensioni, a maggiore inerzia, non segue la corrente gassosa, entra in una zona di aria calma e lì sedimenta separandosi dalla corrente gassosa..

Le particelle che si possono trattare nei separatori ad urto hanno dimensioni medie granulometrico-aerodinamiche superiori ai 20-50 μm .



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



a: camera di sedimentazione	b: separatori ad urto
-----------------------------	-----------------------

Fonte: A. Monte – Elementi di Impianti Industriali 2

Figura A2.8

3. Cycloni

Come noto (**figura A2.9a**) consistono in separatori cilindro conici con un'entrata tangenziale ed un'uscita assiale verso l'altro. La parte inferiore, conica, dove la polvere di dimensioni maggiori si separa è dotata di un sistema per lo scarico delle polveri trattenute in una tramoggia di stoccaggio temporaneo. (punto di criticità se lo stoccaggio delle polveri abbattuto non viene gestito con contenitori rigidi e chiusi).

L'aria viene forzata ad elevata velocità ed in direzione tangenziale nella parte superiore, cilindrica, del ciclone e per conseguenza assume moto centrifugo. Le particelle, soggette come l'aria a forza centrifuga, e dotate di maggior inerzia sbattono contro le pareti della parte cilindrica superiore e conica inferiore precipitano lungo di esse fino alla base della parte conica.

In un ciclone si creano pertanto due vortici: un vortice principale esterno verso il basso che porta le particelle più grossolane contro le pareti, un vortice secondario, interno di ritorno diretto verso l'alto che, formatosi alla base della parte conica del ciclone trascina con sé le particelle più fini.

Multicicloni

Giacchè l'efficacia della forza centrifuga diminuisce all'aumentare del diametro del ciclone, per trattare elevate portate di aria si ricorre ai multicicloni (**figura A2.9b**) ovvero sistemi costituite da più cicloni di piccolo diametro e lunghezza maggiore, disposti in parallelo ed aventi ingresso ed uscita dell'aria in comune. La maggior lunghezza consente un tempo di residenza maggiore del flusso gassoso nella macchina, il minor diametro aumenta il valore di forza centrifuga. Il prezzo da pagare è ovviamente energetico giacchè la perdita di carico in questi sistemi è maggiore rispetto a

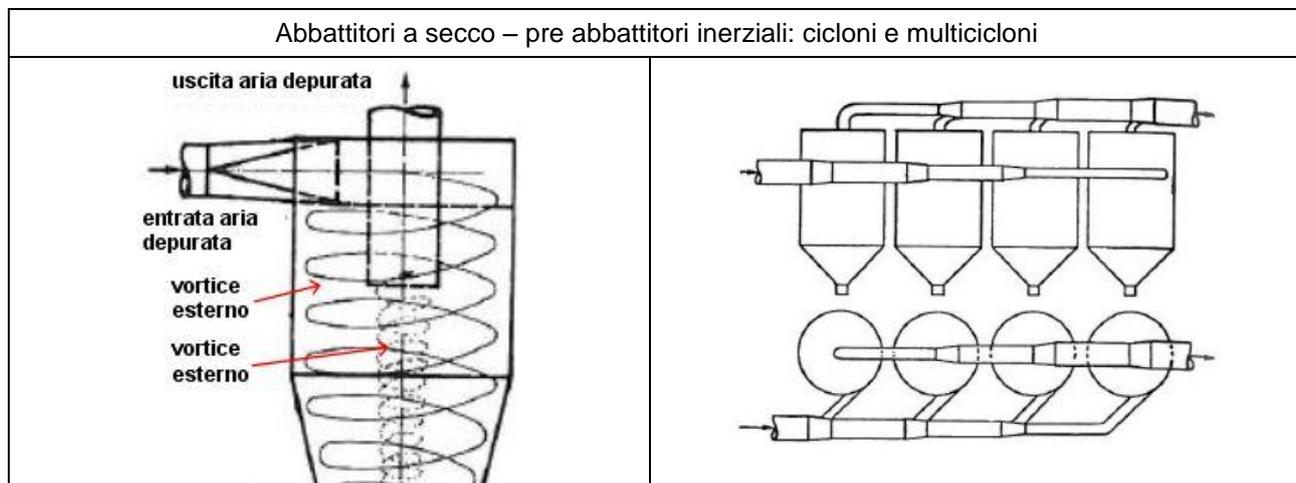
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

quella occorrente in un singolo ciclone.

I cicloni non sono adatti a trattare particolati aventi dimensioni granulometrico aerodinamiche medie inferiori ai 10 µm e raggiungono efficienze non molto elevate (80% circa per particelle aventi dimensioni granulometrico aerodinamiche medie di circa 30 µm, 90% in caso di utilizzo di multicicloni).

Cicloni e multicicloni: sviluppi

Uno sviluppo relativamente recente della tecnologia è il precipitatore a disco rotante che viene applicato al flusso in uscita dal ciclone che consiste in un filtro a “canalicoli” di qualche mm di diametro posto in rotazione sul suo asse a circa 3000 giri/minuto. La forza centrifuga spinge le particelle residue sulle pareti dei canalicoli. I canalicoli sono puliti con flussaggio di aria compressa in controcorrente e la polvere agglomeratasi viene risospinta nel ciclone dove viene facilmente rimossa



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

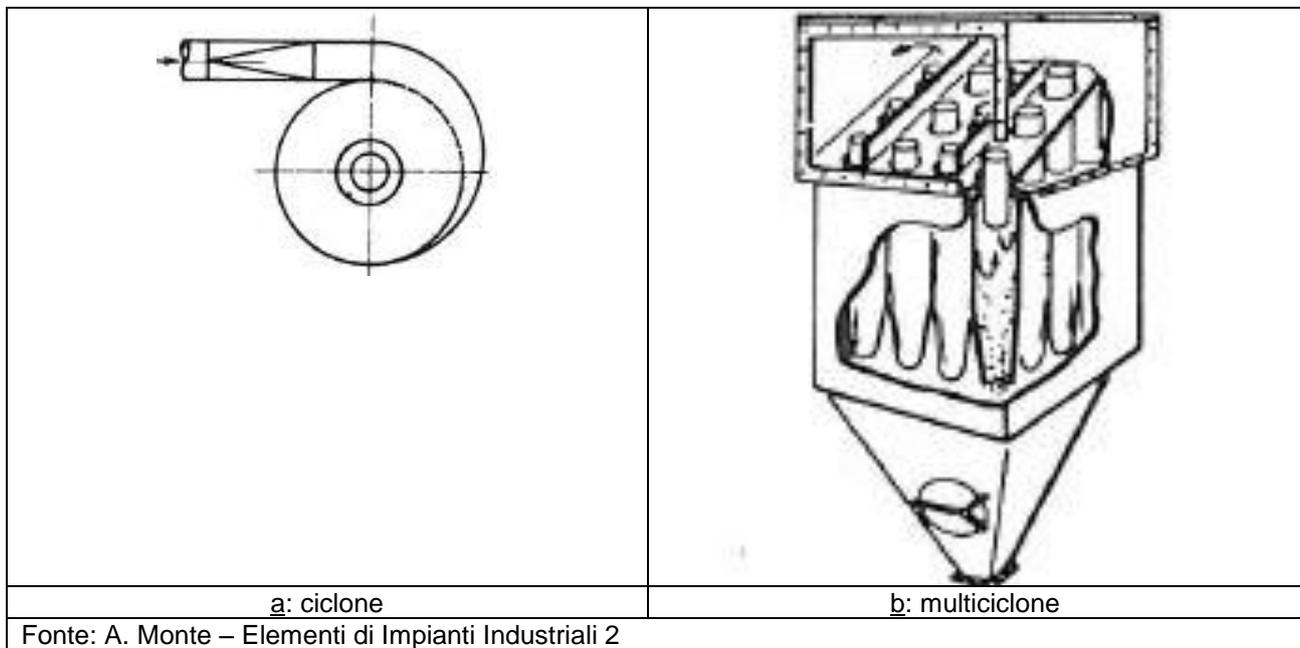


Figura A2.9

13.6.2 Abbattitori di polvere a secco: abbattitori per filtrazione a tessuto

1. Filtri a tessuto detti "a maniche"

Noti come "filtri a maniche" gli abbattitori filtranti a tessuto utilizzano la filtrazione per separare le particelle di polvere da un flusso gassoso in cui sono aerodisperse. Sono le tipologie più efficienti e costose di abbattitori. L'aria polverosa entra nella struttura del filtro a maniche dove viene convogliata in sacche a tessuto che agiscono come filtri.

Come struttura questi abbattitori (**figura A2.10b**) sono composti da tre dispositivi:

- una struttura di contenimento dei sistemi filtranti dotata di tramogge per la raccolta della polvere abbattuta e di sistemi per evacuarla (valvole rotanti, coclee).
- una gruppo di elementi filtranti costituiti da maniche tubolari o a sacco
- un gruppo dispositivi di pulizia che servono a rimuovere il particolato trattenuto dalle maniche ed a convogliarlo alle tramogge.

Abbattitori a secco – per filtrazione, a tessuto
--

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

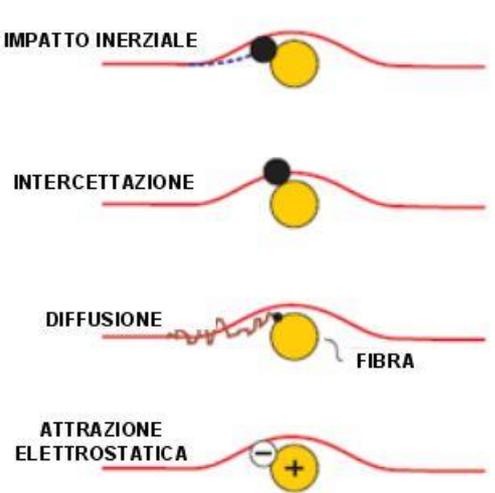
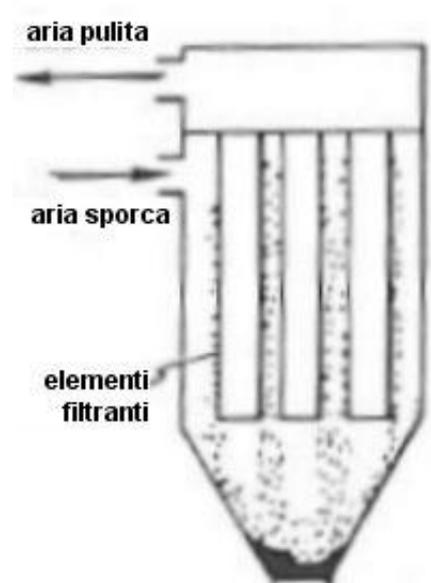
<p style="text-align: center;">MECCANISMI DI FILTRAZIONE</p> 	
a: meccanismi di filtrazione	b: filtro a maniche
Fonte: http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-136/2003-136c.html	Fonte: V. Mody "Dust Control Handbook"

Figura A2.10

I materiali usati come elementi filtranti variano dal cotone intrecciato o infeltrito, a materiali sintetici o fibre di vetro. Il materiale viene scelto in funzione delle caratteristiche chimico fisiche della corrente gassosa da trattare e delle particelle in essa contenute.

L'elevata efficienza è dovuta essenzialmente al progressivo formarsi di uno strato di polvere sulla superficie delle maniche. Approfondendo l'argomento, i materiali costitutivi di questi abbattitori contribuiscono al formarsi di una superficie in grado di raccogliere le polveri contenute nei gas da trattare per mezzo (**figura A2.10a**) di quattro meccanismi:

- inerziale: le particelle colpiscono le fibre di materiale disposte su un piano normale a quello della direzione del flusso anziché seguire il percorso del gas che le contiene (che cambia direzione)
- intercetto: le particelle che seguono le linee di flusso possono comunque intercettare le fibre di tessuto a causa delle dimensioni maggiori di queste ultime
- movimento browniano: le particelle sub microscopiche vengono diffuse aumentando la probabilità di entrare in contatto con altre particelle e con i materiali filtranti
- forza elettrostatica: la presenza di cariche elettrostatiche sia sulle particelle sia sulle fibre di materiale contribuisce ad aumentare la quantità di particelle catturate.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il progressivo formarsi dello strato di polvere sugli elementi filtranti ha per conseguenza l'aumentare nel tempo sia dell'efficienza di cattura sia della resistenza a carico del flusso d'aria forzato nel dispositivo, pertanto, per ripristinare i corretti valori di portata e prevalenza gli elementi filtranti necessitano di pulizia periodica.

Per evitare di interrompere le operazioni di filtrazione e al contempo effettuare le operazioni di pulizia i sistemi di filtri a maniche sono organizzati in lotti (**figura A2.11a**) posti in filtrazione ed in pulizia ad intervalli regolari in funzione delle perdite di carico.

I dispositivi di pulizia operano:

- per scuotimento meccanico (**figura A2.11b**),
- ad aria in controcorrente sul lato della superficie di tessuto opposto a quello su cui viene fermato il particolato (**figura A2.12a**),
- ad aria compressa flussata in controcorrente sul lato della superficie di tessuto opposto a quello su cui viene fermato il particolato (**figura A2.12b**).

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

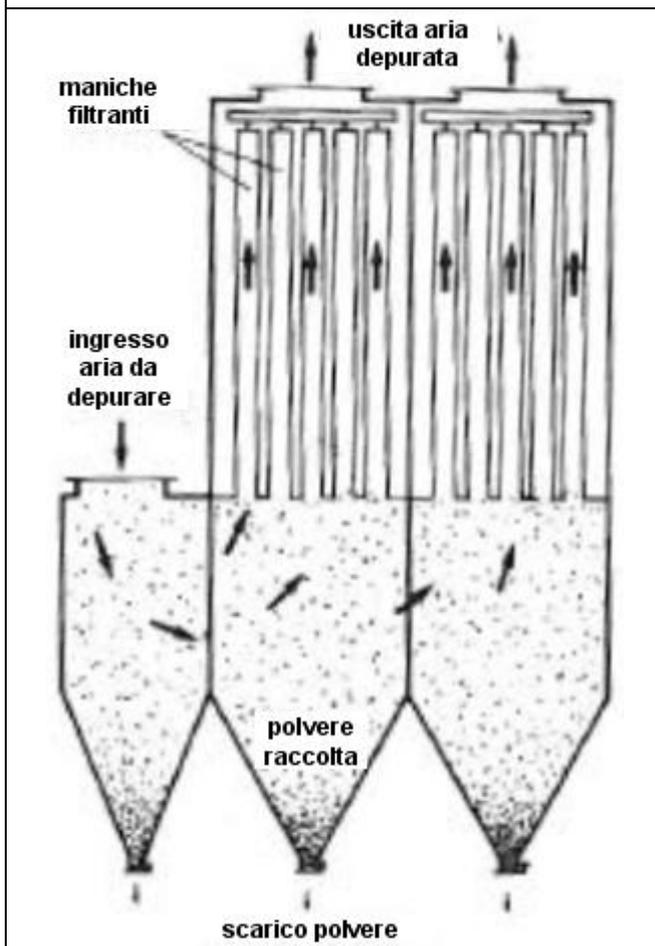
Rev.

F0

Data

20/06/2011

Abbattitori a secco – per filtrazione, a tessuto – filtri a maniche: organizzazione e sistemi di pulizia per scuotimento meccanico



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

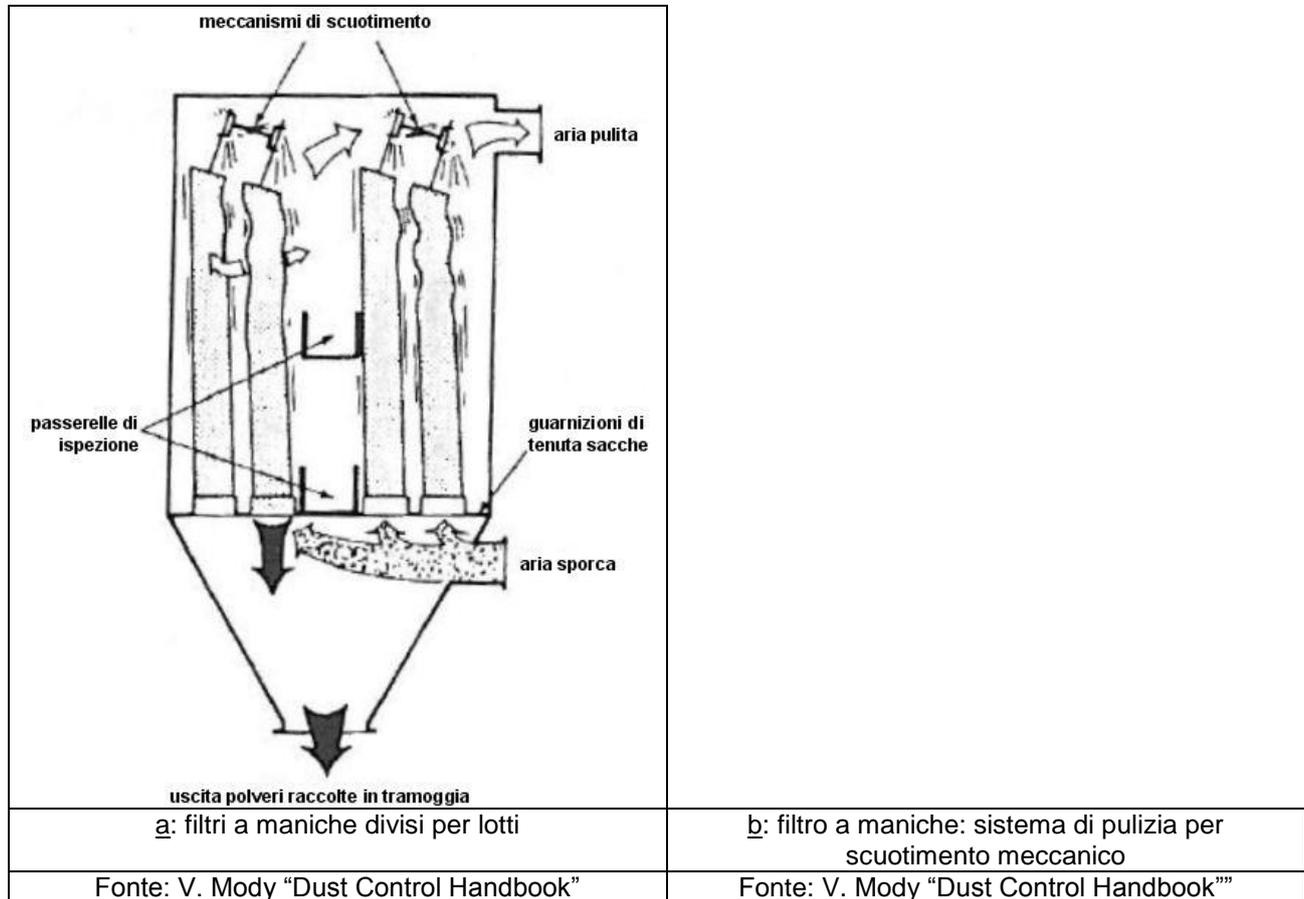


Figura A2.11

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

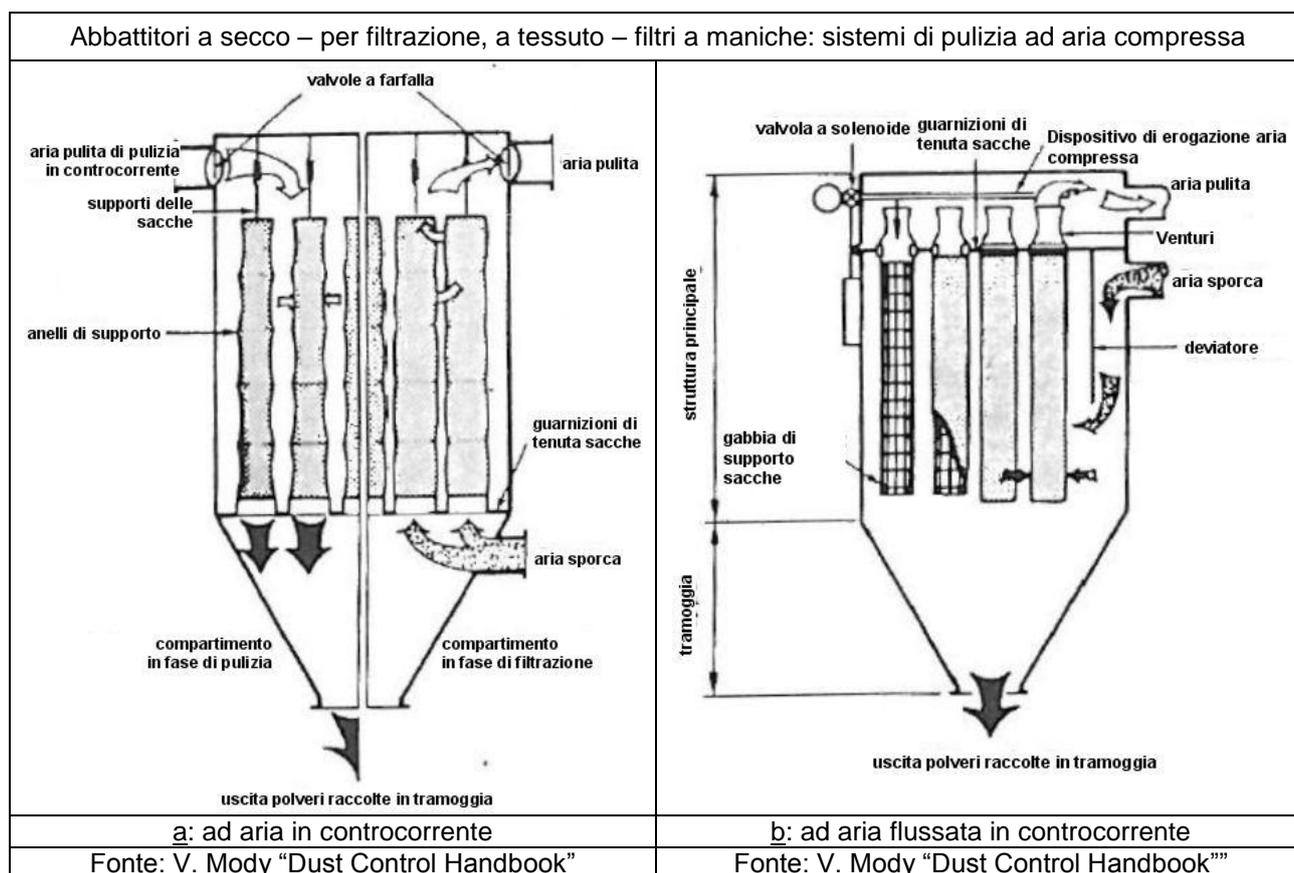


Figura A2.12

Filtri a maniche con sistema di pulizia operante per scuotimento meccanico:

Le sacche filtranti sono ancorate su una piastra posta al fondo dell'abbattitore e sospesi ad una trave orizzontale ubicata alla sommità dell'abbattitore. L'aria polverosa entra dal fondo dell'abbattitore, viene convogliata alle sacche filtranti, passa attraverso i materiali filtranti, lasciando le particelle sulla superficie interna di questi ultimi.

La pulizia è dovuta allo scuotimento della trave orizzontale di testa a cui sono agganciate le sacche per opera di un albero a camme che produce un movimento ondulatorio ai tessuti filtranti che stacca lo strato di materiale formatosi.

Questi abbattitori variano dalle piccole unità dotate di scuotitori manuali alle grosse unità compartimentale ed operanti in termini di filtrazione e pulizia ad intermittenza (per processi depurativi discontinui) o in continuo (per processi in continuo in cui le celle di filtrazione sono compartimentale in più unità poste alternativamente, mediante deviazione dell'aria, in pulizia ed in

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

filtrazione). Durante la fase di pulizia l'aria nelle sacche non deve essere in pressione o meglio questa deve essere tenuta sotto i 0,5 mm di H₂O (5 Pa) per non interferire con la fase di pulizia.

Il rapporto aria/tessuto (rapporto portata di aria / unità di superficie filtrante) è relativamente basso e pertanto gli ingombri sono elevati.

Filtri a maniche con sistema di pulizia ad aria in controcorrente

Gli elementi filtranti sono agganciati ad una struttura a staffe regolabili posta sulla sommità dell'abbattitore. Normalmente l'aria polverosa passa attraverso delle sacche depositando lo strato di materiale al loro interno.

Sono compartimentali per consentire processi depurativi in continuo: prima che un ciclo di pulizia cominci, nel compartimento in filtrazione viene interrotta l'adduzione di aria sporca ed inizia il flussaggio di aria pulita sulla superficie esterna delle maniche. La pressurizzazione che ne deriva ha per conseguenza la rottura, il distacco e la caduta nella tramoggia sottostante l'abbattitore dello strato di polvere formatosi. Al termine del ciclo di pulizia si interrompe il flussaggio di aria pulita e ricomincia l'adduzione di aria sporca. Questa ultima consente anche il mantenimento della forma delle sacche, tuttavia per evitarne il collasso totale in fase di pulizia o l'usura, alcuni anelli rigidi di sostegno sono fissati sulle maniche ad intervalli regolari.

Gli ingombri sono paragonabili alla tipologia precedente, la manutenzione è invece maggiore.

Filtri a maniche con sistema di pulizia ad aria compressa flussata in controcorrente

Le sacche filtranti sono contenute in una gabbia metallica di supporto (che previene il loro collasso) ed agganciate ad una piastra orizzontale ubicata alla sommità dell'abbattitore.

L'aria polverosa, entra dal fondo dell'abbattitore, passa attraverso la superficie esterna delle sacche, deposita lo strato di materiale al loro esterno, fluisce al loro interno ed esce dalla sommità dell'abbattitore.

La pulizia è dovuta ad un breve (0,1 secondi) flusso di aria compressa che viene erogato mediante comuni sistemi di adduzione, ed accelerato dai sistemi a Venturi posti sulla sommità di ogni manica, su una fila di tasche. L'aria compressa lussata viaggia attraverso tutta la manica, flettendola e provocando rottura, distacco e caduta nella tramoggia sottostante dello strato di polvere depositatosi.

Possono operare in continuo andando in pulizia senza interruzioni di adduzione di aria sporca per conseguenza del fatto che l'adduzione di aria compressa per la fase di pulizia dura molto poco tempo: generalmente non sono pertanto compartimentati. Il breve periodo di pulizia inoltre riduce il risollevarimento e la ricorcolazione delle polveri collettate comportando un maggior ripristino delle

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

condizioni di filtrazione nominali di altre tipologie di dispositivi di pulizia.

Il rapporto aria/tessuto (rapporto portata di aria / unità di superficie filtrante) è elevato e pertanto lo sono anche gli ingombri.

In generale

Nel trattamento di correnti gassose umide occorre considerare il fatto che molte particelle possono rimanere appiccicate al sistema filtrante e ridurre l'entità del flusso di aria che passa attraverso il filtro. Per evitare il fenomeno alcuni sistemi sono in grado di operare con cicli combinati di condensazione mediante raffreddamento e successivo riscaldamento della corrente gassosa ma in generale i filtri a maniche sono utilizzati per correnti gassose relativamente secche. Per gas contenenti particolati appiccicosi/umidi il sistema filtrante in tessuto viene pre ricoperto con polveri secche (calce) dopo ogni ciclo di pulizia mediante dispersione di queste particelle nel gas da trattare. Per il trattamento di gas caldi invece si inietta nel gas da trattare una fanghiglia di particelle (latte di calce) per abbassare la temperatura fino ai limiti operativi dei filtri a maniche (200-250 °C)

Sviluppi

Si basano su sistemi per prevedere ed abbassare la perdita di carico sui filtri, l'uso di materiali resistenti ad alte temperature, lo sviluppo di elementi di filtrazione compatti (tessuti intrecciati), l'aumento del tempo di vita dei tessuti. In particolare per la pulizia dei sistemi di filtrazione, con rimozione delle particelle all'interno dei materiali, si stanno sviluppando sistemi ad onde acustiche che riducono i fenomeni di crescita delle perdite di carico. Le particelle possono inoltre essere pre caricate elettricamente per creare uno strato di polvere sui filtri maggiormente poroso. I sistemi più costosi per aumentare l'efficienza filtrante sono quelli che prevedono aggiunta di sostanze nella corrente gassosa (calce).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2. Filtri a candele/cartucce aspiranti

Diversamente dai filtri a maniche in cui il sistema filtrante (**figura A2.13a**) è una sacca in feltro o tessuto questi collettori montano cartucce con rivestimento metallico perforato che contiene un sistema filtrante intrecciato e pieghettato: l'area totale di filtrazione è maggiore rispetto a un sistema a tessuto avente medesimo diametro e ciò comporta un minore rapporto aria/tessuto, minori perdite di carico, un minor ingombro ed una maggiore durata del ciclo di filtrazione. Sono disponibili sia per applicazioni discontinue (la sostituzione delle cartucce avviene a sistema fermo) sia per applicazioni continue (le cartucce sono pulite mediante un sistema ad aria compressa pulsante tradizionale che si attiva a determinati valori di perdita di carico).

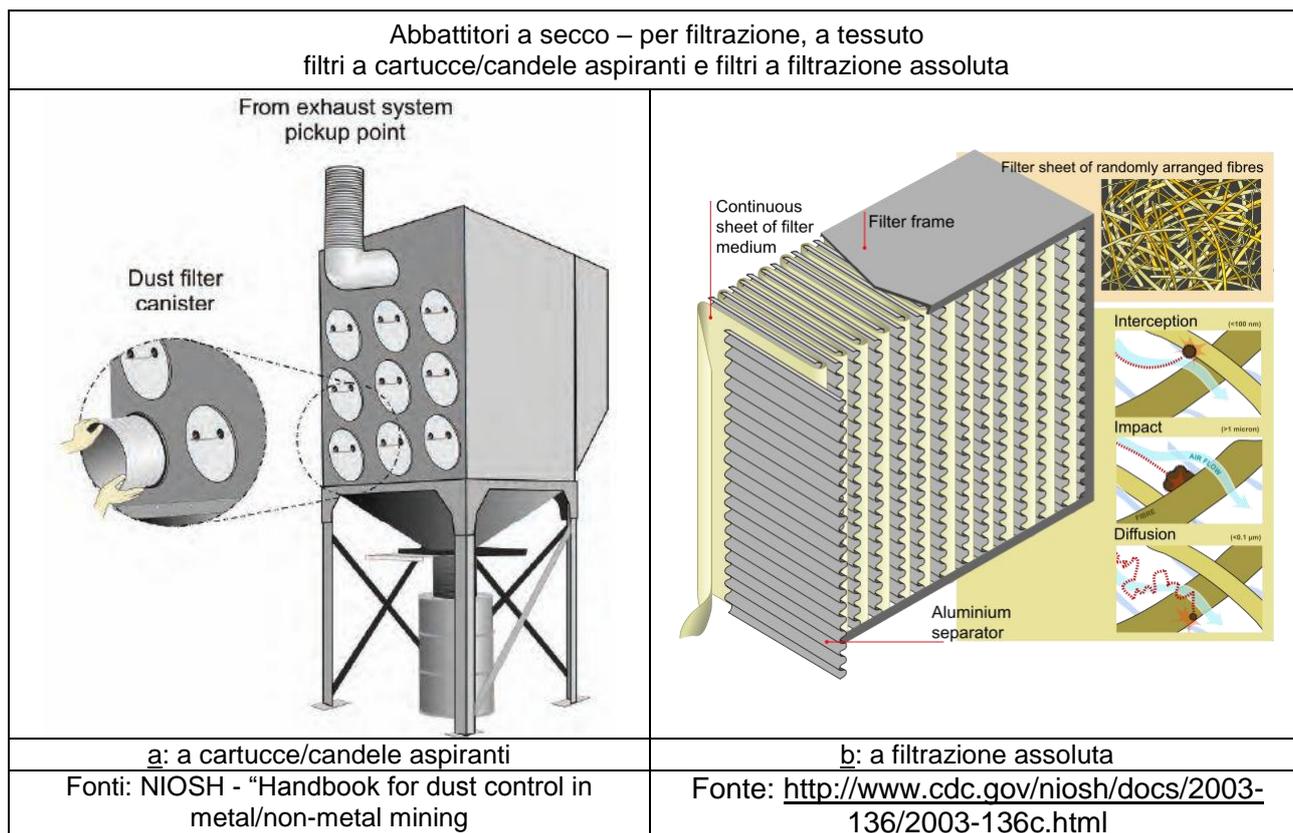


Figura A2,13

3. Filtri a filtrazione assoluta

Sono sostanzialmente filtri a tessuto a cui viene aggiunto (**figura A2,13b**) uno strato filtrante a micropori sulla superficie esterna (per esempio uno strato di polifluoroetilene). Le particelle sono raccolte solo per vagliatura sullo strato esterno del mezzo filtrante per effetto della piccola

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dimensione dei micropori esterni e ciò comporta elevate efficienze. Sono classificati sulla base del loro valore minimo di efficienza filtrante:

- HEPA - High Efficiency Particulate Air: rimozione teorica di almeno il 99,97% di polveri con dimensioni granulometrico aerodinamiche > di 0,3 μm
- ULPA - Ultra Low Particulate Air: rimozione teorica di almeno il 99,999% di polveri, pollini, batteri con dimensioni granulometrico aerodinamiche > di 0,1 μm

Esistono sistemi di filtrazione in grado di raggiungere efficienze anche più elevate. L'efficienza di filtrazione aumenta all'aumentare della velocità di filtrazione e della dimensione delle particelle e con la densità e lo spessore dello strato di polvere formatosi sulla superficie interna. Entrambe le tipologie hanno valori di efficienza che dipendono dalla concentrazione delle particelle nella corrente gassosa.

I filtri assoluti in generale sono però costituito da un sistema di filtrazione a base di cellulosa e sono applicati con miglior risultati quando viene richiesta filtrazione di particolati sub micrometrici che contengono particolati pericolosi che non possono essere rimossi dal sistema filtrante (tipicamente utilizzati nel campo dei particolati a rischio chimico/biologico/ ed a rischio radioattivo). Il sistema filtrante è sagomato a pieghe per aumentare la superficie di filtrazione disponibile al passaggio della portata di aria da trattare. La velocità di passaggio dell'aria attraverso il filtro è bassa (0,0025 m/s) e perciò sono applicati solo in industrie in cui, nelle correnti da trattare, sono presenti polveri ad elevato valore o ad elevate caratteristiche di pericolosità e quando l'aria deve essere riciclata in un reparto per ridurre i costi di riscaldamento o in reparti che richiedono assenza di particolati. Spesso sono installati come componenti finali del sistema di abbattimento, a valle di sistemi quali filtri elettrostatici, a maniche o comunque sistemi che rimuovono il particolato più grossolano e riducono la concentrazione dello stesso. A causa delle limitate possibilità di pulizia occorre sostituirli frequentemente e ciò comporta costi elevati: è uno dei motivi per cui sono quasi sempre applicati alla depurazione di particolati pericolosi grazie al fatto che, dopo la filtrazione, essi rimangono fortemente adesi alla superficie filtrante rendendo il loro smaltimento meno pericoloso.

Gli sviluppi di questa tecnologie hanno portato a filtri caratterizzati da uno strato sommitale di schiuma acrilica porosa o polvere di plastica sinterizzata per applicazioni in filtri a cartuccia o candela. Questi filtri possono essere puliti mediante un sistema ad aria compressa operante attraverso o lungo la superficie del filtro o mediante creazione del vuoto. La superficie filtrante può essere inoltre aumentata mediante l'uso di superfici corrugate: si abbassano le perdite di carico e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

si risparmia un 20-30% di energia. Di recente per queste tipologie di filtri sono stati usati come materiali filtranti filtri in fibre di vetro.

Filtri ceramici

Sono usati per il trattamento di correnti gassose ad elevata temperatura (800 °C). I filtri sono a base di materiali ceramici, metalli sinterizzati. I materiali sono sagomati in fogli sottili sagomati a cilindri aperti da un lato. L'aria polverosa passa attraverso il cilindro dall'interno all'esterno (percorso consigliato rispetto all'inverso a causa della vulnerabilità termica e meccanica dei materiali) I filtri possono depurare alti valori di portata di aria polverosa in installazioni compatte (fino a 300 m³/h per m² di superficie ceramica). Sono puliti con aria compressa pulsante e sono la tecnologia più avanzata nel campo della depurazione dei particolati micrometrici.

Gli sviluppi sono rivolti ad abbassare le perdite di carico sui filtri e per questo motivo sono stati prodotti sistemi in cui un sottile strato sommitale di granuli di carburo di silicio e fibre minerali viene applicato su un supporto poroso sempre di carburo di silicio. Per conseguenza le perdite di carico si abbassano: 0,35 kPa (35 mm H₂O) per 200 m³/m²h di corrente gassosa trattata.

13.6.3 Abbattitori di polvere a secco: abbattitori elettrostatici

Il flusso gassoso ed il particolato aerodisperso vengono forzati attraverso un campo elettrostatico ad alta tensione formato da due gruppi di elettrodi: l'elettrodo negativo è solitamente carico (tensioni dell'ordine dei 30.000 – 75.000 volt), quello positivo è solitamente posto a terra. Le particelle acquistano carica negativa e migrano sull'elettrodo positivo. Le due principali tipologie di filtri elettrostatici sono a piastre (**figura A2.14a**) ed a tubi (**figura A2.14b**). Nei primi la zona di passaggio del gas è rettangolare e costituita da una serie di piastre disposte parallelamente. Le piastre sono gli elementi positivi posti a terra. Tra le piastre sono collocati una serie di cavi sospesi (a sezione costante oppure costituiti da elementi portanti cui sono agganciati punti di emissione) posti ad alto potenziale negativo. Le particelle cariche migrano sulle piastre che a loro volta sono connesse a sistemi per scuoterle meccanicamente e scaricare così la polvere su di esse depositatasi.

I filtri elettrostatici a tubi sono costituiti da un fasciame di tubi a sezione poligonale nei quali viene forzata, dal basso verso l'alto, l'aria polverosa da depurare. La superficie dei tubi costituisce l'elettrodo positivo posto a terra. Lungo l'asse di ogni tubo sono ubicati fili costituenti gli elettrodi negativi o di carica. La polvere carica migra perciò sulla superficie dei tubi dai quali viene rimossa ad umido. Anche per quanto riguarda la prima tipologia, la rimozione della polvere colluttata sulle

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

piastre può avvenire ad umido in caso di particelle appiccicose.

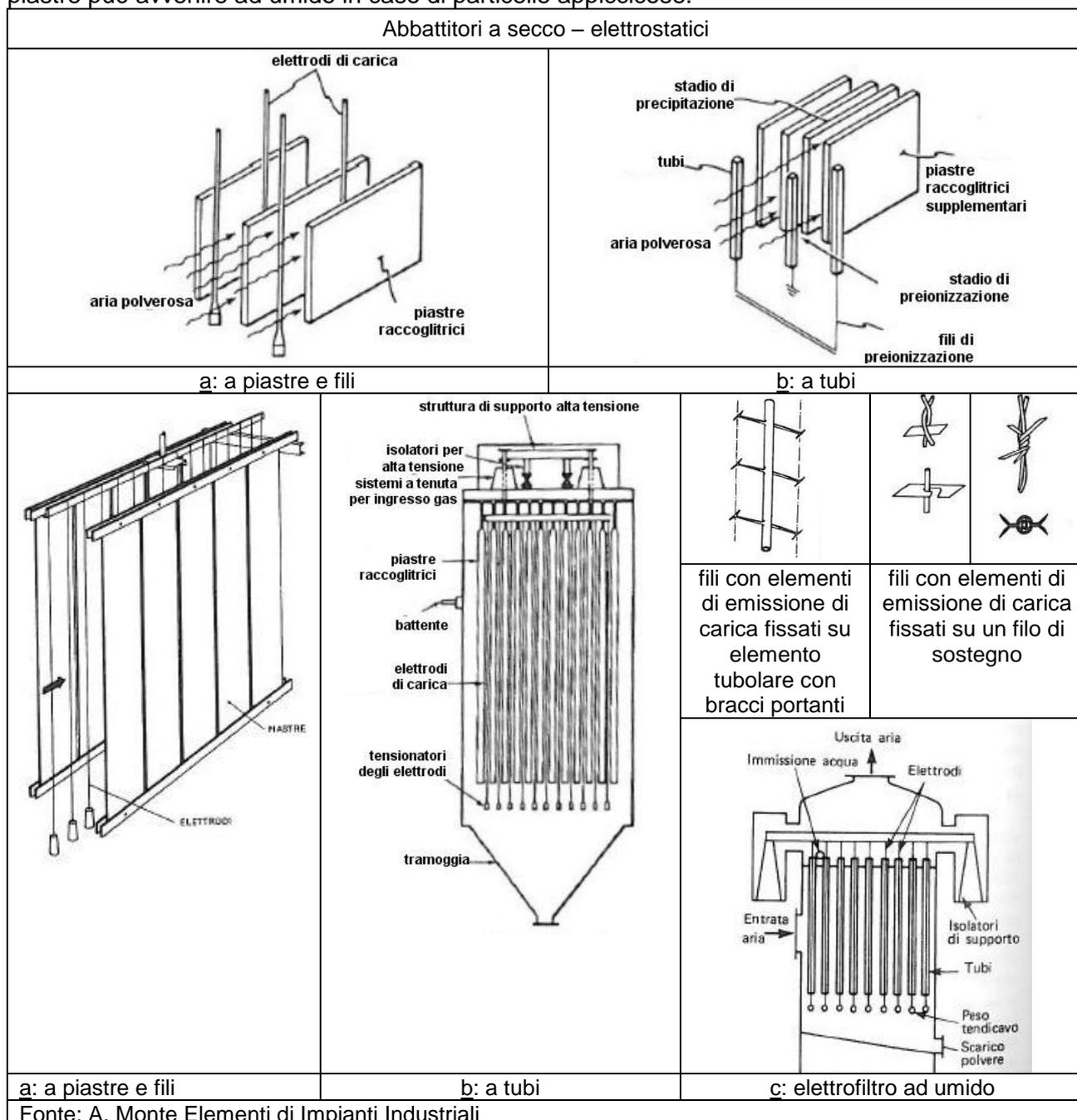


Figura A2.14

Entrambe le tipologie sono suddivise in più sezioni in modo da assicurare che mentre una sezione viene posta in fase di pulizia le altre rimangano in esercizio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Gli elettrofiltri a secco sono usati per depurare particelle sotto gli 0,3 μm contenute in flussi gassosi ad alte temperature (fino a 400 °C). Nel campo granulometrico aerodinamico superiore al μm assicurano efficienze dell'ordine di grandezza di quelle garantite dai sistemi a filtri a maniche. I costi di investimento e di esercizio sono elevati.

Le caratteristiche che possono inficiare l'efficienza di questi abbattitori sono: dimensione, concentrazione, conduttività elettrica ed in genere proprietà fisiche ed elettriche delle particelle (a differenza degli abbattitori a filtrazione), superficie specifica di precipitazione, energia fornita. La conduttività può essere influenzata mediante additivazione di SO_3 . Sono usati essenzialmente nell'industria del cemento, delle centrali elettriche a carbone, degli inceneritori.

I recenti sviluppi sono relativi alla eliminazione delle scariche elettriche dovute agli alti voltaggi. Si utilizzano filtri ad potenza fornita pulsante ad alta frequenza che migliorano la distribuzione di carica sugli elettrodi, riducono i voltaggi, riducono le scariche elettriche e consentono un buon risparmio di energia. L'efficienza di questi dispositivi può essere ulteriormente aumentata mediante dispositivi per la pulizia in continuo degli elettrodi utilizzando spazzole rotanti. Altre tipologie di filtri usano un elettrodo positivo ubicato nella corrente gassosa in ingresso, uno negativo nella corrente gassosa in uscita e una carica granulare di materiale elettricamente carico nello spazio tra i due elettrodi (ossidi di alluminio). Il materiale iniettato funge da agglomeratore e raccogliitore di polvere.

13.6.4 Abbattitori di polvere a secco: unità di abbattimento

Diversamente dai sistemi di abbattimento centralizzati, le unità di abbattimento (**figura A2.15**) si applicano alla sorgente di polverosità. Sono piccoli e contengono tutti i dispositivi normalmente implementati in un sistema di aspirazione ed abbattimento: una cappa aspirante, un ventilatore, un abbattitore di polvere ed un sistema di raccolta della polvere abbattuta. Sono adatti ad essere applicate su macchine e luoghi isolati dove si svolgono attività polverigene quali silos, tramogge e remoti punti di trasferimento tra nastri trasportatori.,

Il vantaggio è che richiedono poco spazio, possono includere un sistema per riportare il materiale raccolto nel flusso di materiale trattato, e prevedono bassi investimenti. Lo svantaggio è che la capacità di stoccaggio dell'abbattuto, i periodi di funzionamento tra i momenti di manutenzione sono minori.

Operano su portate d'aria che variano da 50 m^3/h fino a 500 m^3/h .

Le principali tipologie comprendono:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE	<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- filtri a maniche con sistema di pulizia a scuotimento manuale o con aria compressa pulsante per polveri fini
- collettori a ciclone per polveri grossolane

I primi sono usati nella cantieristica e nella mineraria perché consentono di avere alte efficienze di abbattimento senza interrompere l'aspirazione tra i cicli di pulizia. I secondi nelle attività che producono polvere grossolana.

I parametri di scelta di una unità di abbattimento dovrebbero essere i seguenti:

- la capacità di abbattimento della polvere, giacché l'aria viene scaricata a ridosso della sorgente di polverosità, deve rispettare tutti gli standard di qualità dell'aria compresi quelli relativi alla esposizione dei lavoratori
- l'unità deve mantenere la portata aspirante nominale anche se accumula grosse quantità di polvere tra due cicli di pulizia
- il sistema di pulizia deve essere semplice e l'operazione, se manuale, non deve disperdere polvere nell'ambiente circostante
- l'unità deve poter operare per lunghi periodi di tempo (almeno 8 ore)
- l'unità deve avere un sistema di scarico in automatico della polvere abbattuta in un sistema di stoccaggio robusto (che comunque non si rompa) in grado di stoccare l'abbattuto di almeno una settimana di attività
- se monta filtri rinnovabili la loro durata deve essere almeno di un mese
- l'unità deve avere grande disponibilità, affidabilità ed essere silenziosa
- non deve essere applicata laddove è possibile operare con un sistema centralizzato.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Figura A2.15

13.7 Abbattitori ad umido (scrubber)

Gli abbattitori per polveri che utilizzano acqua (o liquidi di lavaggio a base di acqua) come elemento abbattente sono chiamati abbattitori ad umido o “water scrubber”. In questi sistemi il flusso (o lo spray) di liquido di lavaggio entra in contatto con la corrente gassosa che trasporta particelle di polvere in un sistema chiuso e controllato per massimizzare i parametri da cui dipende l'aumento di efficienza di cattura della polvere: negli abbattitori ad umido la polvere entra in intimo contatto con le superfici umide del confinamento e degli stadi di contatto e con una miscela d'aria, gocce di acqua ad alta turbolenza. Si sono affermati in ambito minerario per via della loro bassa esigenza di manutenzione (rispetto ad altri abbattitori a secco) e della loro efficienza di cattura delle polveri afferenti il campo dimensionale granulometrico aerodinamico del respirabile che può superare il 90%. Maggiore è la superficie di contatto tra liquido e gas più elevata è l'efficienza di rimozione. Esiste un'ampia gamma di abbattitori ad umido ma in ogni caso questi sistemi basano il loro funzionamento su 3 operazioni fondamentali:

- umidificazione del gas: scopo è aumentare la dimensione delle particelle fini in modo da rendere più semplice separarle
- mettere a contatto il liquido con il gas: è l'operazione che condiziona di più l'efficienza di abbattimento.

Le particelle e le gocce entrano in contatto attraverso 4 meccanismi fondamentali:

1. impatto inerziale: le gocce di acqua vengono create in modo da intercettare il percorso del flusso gas carico di particelle. Quest'ultimo si separa e fluisce intorno alla goccia. I meccanismi inerziali fan sì che le particelle di dimensioni maggiori mantengano il loro percorso rettilineo, incontrino le gocce e da queste vengono incapsulate;
2. intercettazione: le particelle più fini muovendosi con il flusso gassoso non incontrano le particelle direttamente mediante impatto, bensì sfiorano le goccioline ed ad esse aderiscono;
3. diffusione: quando le gocce di acqua sono disperse in mezzo alle particelle di polvere queste ultime si depositano sulla superficie delle gocce a causa dei movimenti Browniani o diffusori. E' il principale meccanismo di separazione delle particelle submicroscopiche;
4. nucleazione e condensazione: se un gas che passa attraverso uno scrubber è raffreddato sotto il punto di rugiada (vedi **figura A2.16a**) parte del vapor d'acqua contenuto nel gas

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

condensa a liquido sulle particelle. Ciò accresce la loro dimensione (massa) rendendo la separazione più semplice.

- separazione gas liquido: in funzione del tipo di meccanismo di contatto utilizzato occorre rimuovere la maggior parte di miscela liquido/polvere. Una volta che è avvenuto il contatto, le particelle di polvere e di acqua hanno formato degli aggregati. Quando gli aggregati sono di dimensioni sufficienti si separano in un collettore.

La corrente gassosa depurata passa a questo punto (**figura A2.16b**), di solito, in un sistema di deumidificazione (demister pads) deputato a rimuovere le gocce di liquido trasportate dalla corrente gassosa. L'acqua carica di particelle in uscita dallo scrubber deve essere depurata e poi scaricata o ricircolata allo scrubber.

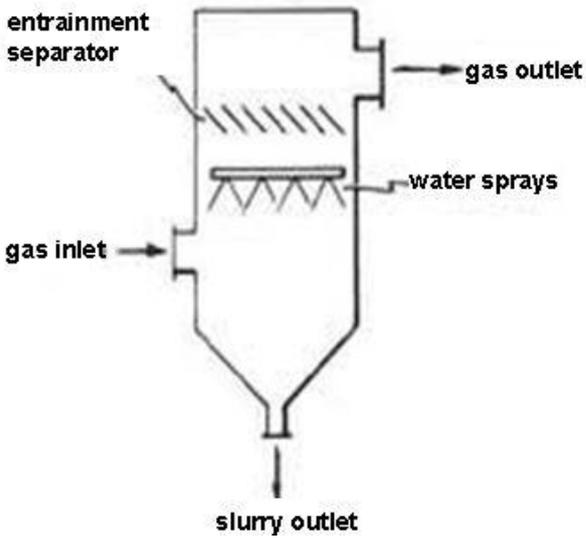
Nota sul punto di rugiada e schema di un generico abbattitore ad umido	
L'umidità relativa è il rapporto tra la pressione parziale del vapor d'acqua ad una data T e la pressione di saturazione del vapor d'acqua a quella T. Le condizioni di saturazione rappresentano pertanto, per una data T, la massima quantità di vapor d'acqua che può essere contenuta, ad una data T, in un kg di aria secca. A T costante, se aumento il contenuto di vapor d'acqua la pressione parziale del vapore sale fino a raggiungere la pressione di saturazione. Un eccesso di vapor d'acqua condenserebbe a liquido. Ipotizzando che in un kg di aria sia contenuta una certa quantità di vapor d'acqua, ad una certa pressione parziale. Diminuendo la Temperatura, la pressione parziale dell'aria secca e quella del vapore diminuiscono in modo diverso e pertanto aumenta la umidità relativa. La temperatura a cui si raggiunge il valore di umidità relativa del 100%, ovvero l'uguaglianza tra la pressione parziale del vapore e quella di saturazione è detta T di rugiada e dipende da x ovvero dall'umidità assoluta ovvero dalla massa di vapore contenuta nella massa di aria secca. Se la T scende sotto la T di rugiada si ha condensazione del vapore.	
a: nota sul punto di rugiada	b: schema di un generico water scrubber Fonte: V. Mody "Dust Control Handbook"

Figura A2.16

La polvere viene rimossa dal flusso in uscita dallo scrubber mediante uno stadio di chiarificazione o una vasca di sedimentazione e vengono rimosse come fanghi dai raschiatori a catena.

Gli abbattitori ad umido possono essere classificati sulla base della caduta di pressione (1 inch di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

acqua = 25,4 mm di acqua) come segue (in genere per bassa pressione si intende fino a 3000 Pa per alta oltre i 3000 Pa fino a 30.000 Pa):

- a bassa energia (da 0.5 a 2.5 inch H₂O = da 13 a 63,5 mm H₂O = da 127 a 622 Pa)
- a medio bassa energia (da 2.5 a 6 inch H₂O = da 63,5 a 152 mm H₂O = da 622 a 1490 Pa)
- a medio alta energia (da 6 a 15 inch H₂O = da 152 a 381 mm H₂O = da 1490 a 3734 Pa)
- ad alta energia (maggiore di 15 inch H₂O = 381 mm H₂O = 3734 Pa fino a 30.000 Pa)

In ragione del numero elevatissimo di abbattitori disponibili non è possibile descrivere ogni singola tipologia. In ogni caso i casi seguenti provvedono a fornire esempi generali delle più comuni categorie di abbattitori ad umido.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13.7.1 Abbattitori di polvere a umido: a bassa energia

I più semplici (**figura A2.17a**) sono chiamati torri di abbattimento spray a gravità. Le gocce di liquido, formatesi attraverso la atomizzazione di un liquido attraverso una serie di ugelli nebulizzatori cadono attraverso il gas aspirato in salita. L'acqua carica di particelle viene drenata al fondo della torre. Operano ad una caduta di pressione compresa tra 1 ÷ 2 inch di H₂O (25 ÷ 50 mm di H₂O - 245 ÷ 490 Pa) e riescono ad abbattere circa il 70% delle particelle intorno ai 10 µm. Sono pochissimo efficienti sull'abbattimento delle particelle di dimensioni inferiori ai 10 µm. In ogni caso sono capaci di trattare flussi gassosi ad alta concentrazione di polveri senza dare grossi problemi di intasamento.

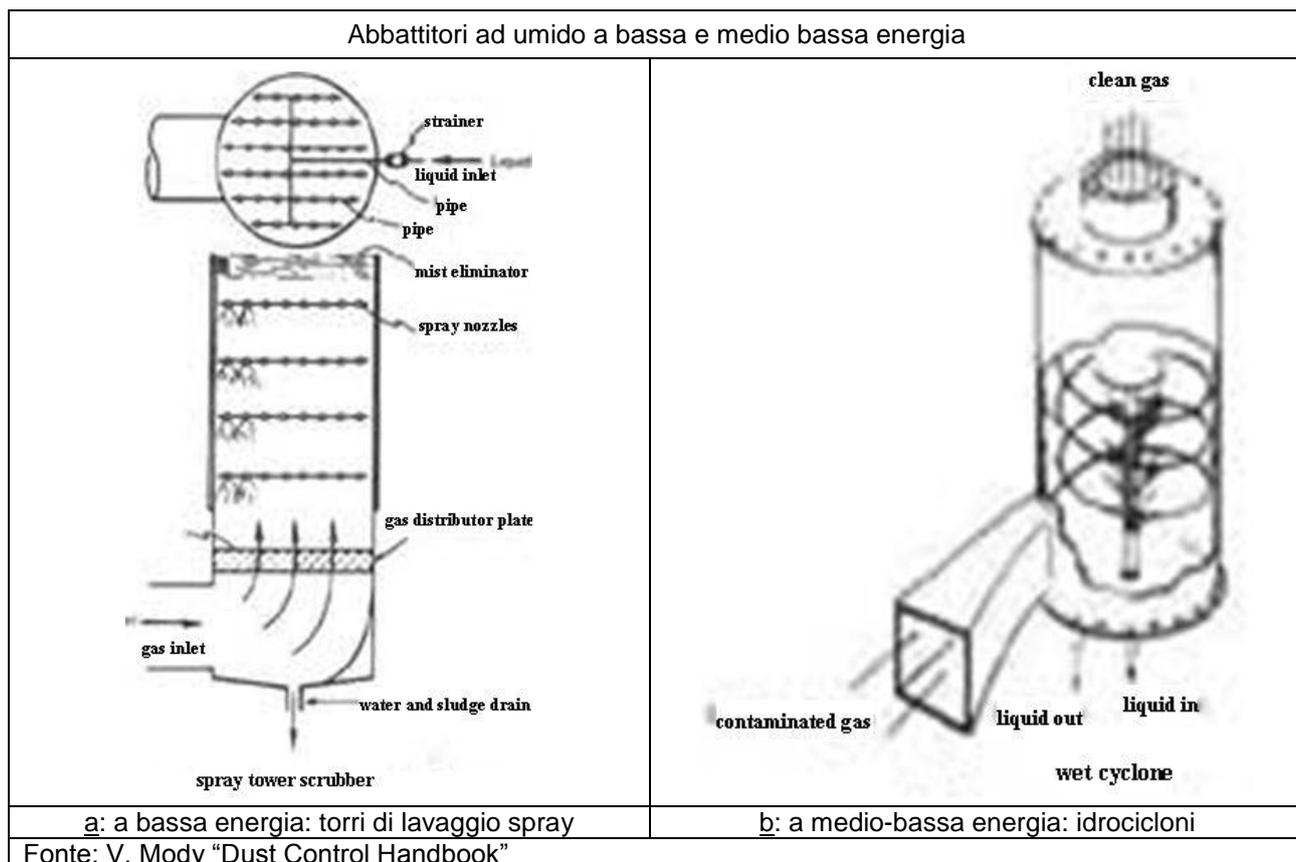


Figura A2.17

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13.7.2 Abbattitori di polvere a umido: a medio - bassa energia

I cicloni ad umido (**figura A2.17b**) utilizzano la forza centrifuga per centrifugare le particelle di polvere (in modo simile ai cicloni a secco) e spiarle sulle pareti bagnate del collettore. L'acqua, introdotta dalla sommità del ciclone per far sì che le pareti siano bagnate porta le particelle fuori dal fondo del ciclone. Le pareti bagnate inoltre prevengono il risolleamento di polveri dentro al ciclone. La caduta di pressione per questi collettori varia tra 2 ÷ 8 inch di H₂O (51 ÷ 203 mm di H₂O - 500 ÷ 1990 Pa) ed hanno una buona efficienza sulle particelle di dimensione 5 µm e > 5 µm.

13.7.3 Abbattitori di polvere a umido: a medio - alta energia

Gli scrubber tipo packed – bed (a riempimento) consistono in uno strato di elementi di riempimento quali carbone, roccia frantumata, anelli, selle ed altri ancora. Il riempimento rompe il flusso di liquido trasformandolo, sugli elementi, in un film dotato ad elevata area superficiale in modo che la corrente gassosa carica di polvere passi attraverso il riempimento raggiungendo il massimo livello di contatto con il film liquido e diventi un deposito sulla superficie degli elementi di riempimento. Questa tipologia di scrubber ha un'elevata efficienza di abbattimento nei riguardi della polvere respirabile.

Tre tipologie di scrubber packed – bed a medio alta energia sono:

- counter-current flow scrubber (verticale – **figura A2.18a**)
- co current flow scrubber (verticale – **figura A2.18b**)
- cross flow scrubber (in genere orizzontale – **figura A2.18c**)

L'efficienza può essere aumentata molto minimizzando la dimensione dei bersagli per esempio usando fili di acciaio inossidabile aventi diametro di 0,03 inch (0,7 mm) ed aumentando la velocità del gas a valori maggiori di 1800 ft/min ovvero 9 m/s.

Altre tre tipologie di scrubber a medio alta energia sono:

- fibrous or flooded bed scrubber (figura **A2.18d**),
- wetted fan scrubber (figura **A2.18e**),
- flooded orifice scrubber (figura **A2.18f**).

Gli scrubber tipo fibrous or flooded bed (anch'essi a rigore a riempimento) sono tra i più utilizzati nel settore minerario come materiale in fibra sono utilizzati fili in acciaio inossidabile o altri materiali non corrodibili. Questi sistemi permettono l'ingresso dell'acqua sia lungo la sommità del letto fibroso in modo che possa gocciolare verso il basso lungo il letto, sia, preferenzialmente,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

attraverso ugelli spray direzionati nel flusso d'aria sopravento rispetto al letto fibroso.

L'aria segue un percorso tortuoso attraverso il letto fibroso mentre l'inerzia costringe le particelle di polvere ad impattare ed aderire contro le fibre bagnate.

L'efficienza di rimozione aumenta al diminuire del diametro delle fibre metalliche, all'aumentare dello spessore del riempimento fibroso ed all'aumentare della velocità dell'aria. Ciò deve essere bilanciato con la resistenza al flusso del collettore e, ovviamente, dei costi operativi. Possono essere raggiunte efficienze superiori al 90% sulle polveri di dimensione respirabile

L'acqua carica di polvere viene raccolta alla base del letto fibroso da cui è drenata, filtrata e ricircolata. In ogni caso, i collettori ad umido, possono essere alimentati con acqua raffreddata per aggiungere all'effetto di collettamento delle polveri quello di raffreddamento del flusso d'aria. In ogni caso anche sul ciclo di raffreddamento deve essere previsto uno stadio di filtrazione dell'acqua.

Per rimuovere le gocce d'acqua residue, in ogni collettore ad umido, occorre uno stadio di demistaggio. Ci sono diversi sistemi per eliminare le gocce d'acqua residue questi includono:

- un letto fibroso aggiuntivo
- una serie di alette inclinate o ondulate
- condotti curvi per indurre all'aria un moto vorticoso e quindi raccogliere le gocce all'esterno sulle pareti del condotto
- sistemi a scatola delle uova

In questo caso la rimozione delle gocce avviene per impatto inerziale

Gli scrubber tipo wetted fan operano mediante nebulizzazione d'acqua sopravento e/o al mozzo di ingresso di un ventilatore producendo gocce che sono intimamente e molto velocemente miscelate con il flusso d'aria attraverso ed intorno alle pale del ventilatore. L'acqua carica di particelle è raccolta intorno alla superficie interna dello statore del ventilatore per essere rimossa e riciclata. L'aggiunta di un letto fibroso sottovento al ventilatore è un'ottima serie di sistemi di collettamento.

Uno svantaggio degli scrubber di tipo fibrous or flooded bed e dei wetted fan è l'erosione che può occorrere al ventilatore che comporta carichi manutentivi aggiuntivi. Si possono usare ventilatori centrifughi ed assiali. Sono adatti per portate d'aria non troppo elevate e per applicazioni in linea ai condotti della ventilazione ausiliaria. Gli scrubber tipo flooded orifice non hanno parti mobili ed hanno il vantaggio che non ci sono ugelli che possono intasarsi. L'aria proveniente dal condotto di ingresso fluisce all'esterno attraverso un taglio che è immerso nell'acqua. Il movimento dell'aria causa agitazione dell'acqua e trasporto di gocce. Il sistema ha una efficienza di circa 80%.

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento
CZ0029_F0.doc

Rev. F0
Data 20/06/2011

Abbattitori ad umido a medio alta energia

<p>counter-current – flow scrubber</p>	<p>co-current – flow scrubber</p>
<p>a: lavatore packed - bed verticale a flusso incrociato contro corrente</p>	<p>b: lavatore packed - bed verticale a flusso incrociato a favore di corrente</p>
<p>cross flow scrubber</p>	<p>lavatore fibrous or flooded be</p>
<p>c: lavatore packed - bed orizzontale a flusso incrociato</p>	<p>d: lavatore fibrous or flooded be</p>
<p>lavatore wetted fan</p>	<p>lavatore flooded orifice</p>
<p>e: lavatore wetted fan</p>	<p>f: lavatore flooded orifice</p>

Fonte: V. Mody "Dust Control Handbook" e Pherson "Subsurface ventilation and environmental Engineer"

Figura A2.18

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

13.7.4 Abbattitori di polvere a umido: ad alta energia

1. Idrofiltri ad azione centrifuga

Depuratore cilindrico (**figura A2.19a**) in cui le sezioni di lavaggio sono attrezzate mediante sistemi ad alette (per aumentare la superficie di contatto). Queste sono lambite dal liquido di lavaggio. L'ingresso dell'aria nel depuratore è tangenziale giacchè la prima sezione del depuratore è un prefiltro ciclonico. Nelle sezioni ad alette l'aria e il particolato vengono lavati. Il depuratore termina con una sezione labirintica avente funzioni di demister o separatore di gocce.

Sono adatti per flussi gassosi contenenti un 25% in massa di polvere con dimensioni granulometrico aerodinamiche media inferiori ai 10 µm con efficienze massime dell'ordine del 95-98% e consumi di acqua pari a circa 300 – 500 litri per ogni 1000 m³ di aria trattata.

2. Elettrofiltri ad umido

Sono utilizzati in caso di particolati con caratteristiche elettriche sfavorevoli oppure per particolati combustibili, esplodibili, appiccicosi o nei casi di condizioni di esercizio variabili. La sezione iniziale è uno stadio di lavaggio ad umido che agisce sulle particelle più grossolane. La sezione successiva (**figura A2.19b**) è identica a quella descritta per gli elettrofiltri a secco con stadio di rimozione delle polveri depositatesi sugli elettrodi positivi operante mediante pioggia ad acqua.

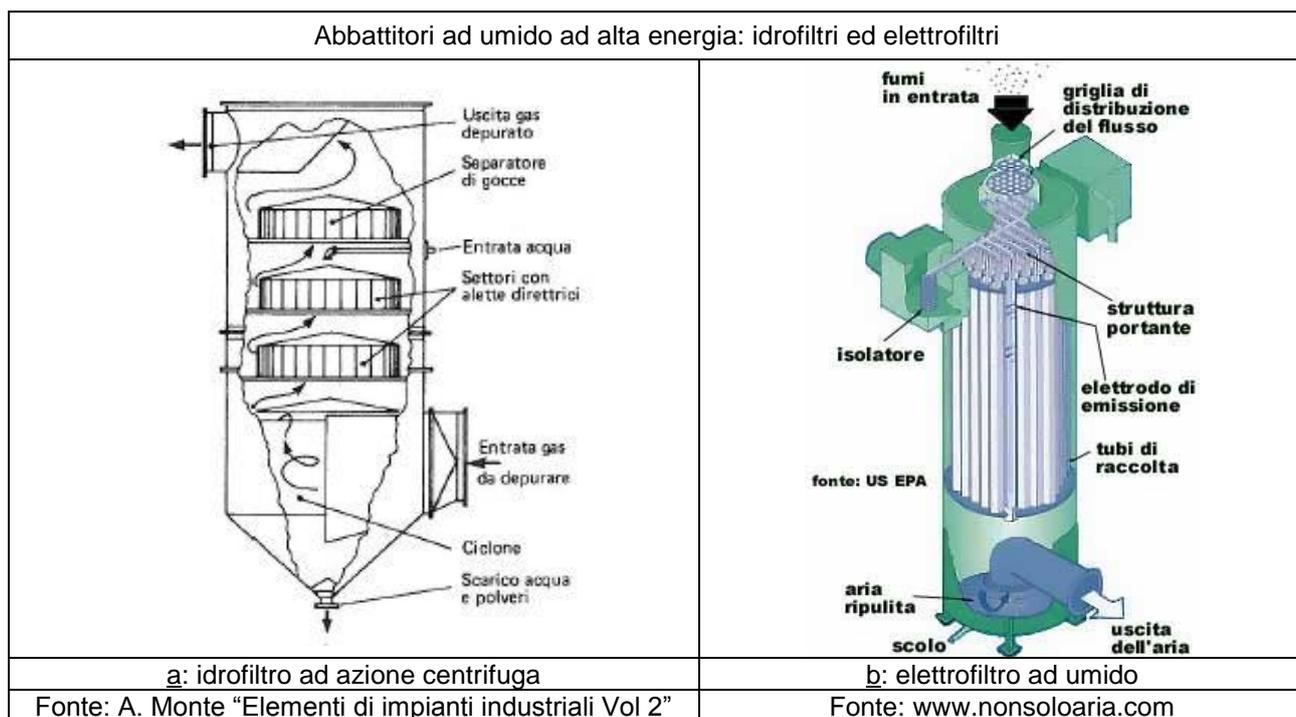


Figura A2.19

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3. Idrofiltri a venturi

Gli scrubber a venturi (**figura A2.20**) non hanno parti mobili e consistono in un condotto di ingresso sagomato a gola di Venturi seguito da un demister. La corrente gassosa carica di particelle viene forzata nella sezione strozzata del Venturi in cui viene accelerata fino a raggiungere velocità comprese tra 12000 e 36000 ft/min (60 ÷ 180 m/s) [in altre fonti si citano velocità comprese tra 20-50 m/s] ed elevato grado di turbolenza. La depressione che qui si viene a formare richiama il fluido di lavaggio (che viene comunque iniettato radicalmente o assialmente nel tratto a gola di Venturi oppure) che, entrando nel flusso gassoso turbolento, viene istantaneamente atomizzato. In questa porzione dello scrubber l'elevata energia e l'estrema turbolenza favoriscono la collisione tra gocce di acqua e particelle di polvere. Il processo di agglomerazione tra particelle e gocce continua nella sezione divergente del Venturi dove il flusso gassoso rallenta e recupera pressione. Gli agglomerati di grosse dimensioni formati nel Venturi soggetti ad inerzia, rallentano di meno e vengono rimossi dalla sezione di demistaggio successiva. Quest'ultima è generalmente un separatore inerziale ciclonico seguito da un separatore di gocce inerziale ad alette.

Gli scrubber a venturi sono semplici e robusti e consentono di raggiungere elevate efficienze (> 90%) per campo dimensionale granulometrico aerodinamico afferente la convenzione respirabile. L'efficienza varia con la sezione della gola, con la velocità dell'aria, con la perdita di carico raggiunta e per conseguenza con la potenza assorbita. Giacché l'efficienza del venturi dipende dalla caduta di pressione diversi costruttori forniscono tratti a gola di venturi a dimensioni variabili per mantenere invariata la caduta di pressione a fronte di esigenze connesse a flussi gassosi aventi portata variabile. In ogni caso sono costosi come energia assorbita ed adatti a limitate portate di aria da smaltire. Si possono comunque raggiungere valori di efficienza prossimi al 100%, anche nel campo dimensionale granulometrico aerodinamico inferiore al μm , con consumi di acqua pari a circa 500-1500 litri per ogni 1000 m³ di aria trattata.

Gli sviluppi recenti dei water scrubber sono gli abbattitori a bassa pressione, basso consumo ed alta efficienza ed in particolare quelli di tipo FF/C ovvero a condensazione di flusso forzato in cui la fase agglomerativa delle particelle si realizza condensando del vapore sulle particelle. Queste vengono poi rimosse mediante un idrofiltro ciclonico o uno scrubber a Venturi a bassa energia. Sono adatte per flussi gassosi ad alta temperatura (> 300° C) in cui il calore del gas viene usato per evaporare l'acqua che serve per la fase agglomerativa. Non sono adatti per flussi gassosi freddi o per sistemi in cui non è disponibile del vapore proveniente da un'altra fase di un ciclo per ragioni di consumi energetici.

RELAZIONE STATO DELL'ARTE E
INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER
CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA
ATTIVITA' DI CANTIERE

Codice documento

CZ0029_F0.doc

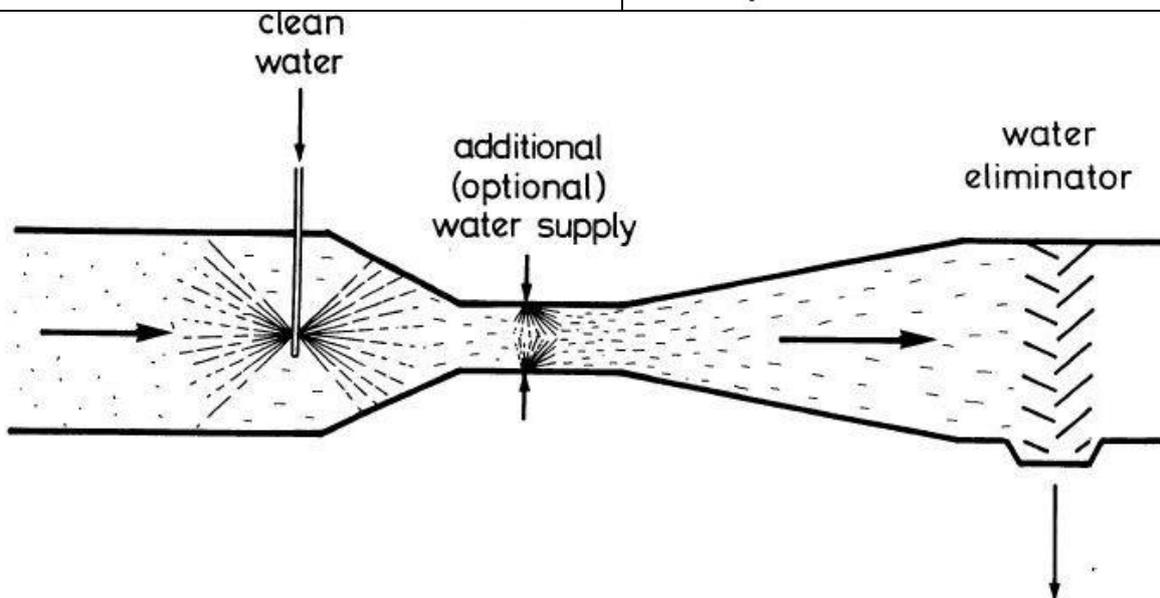
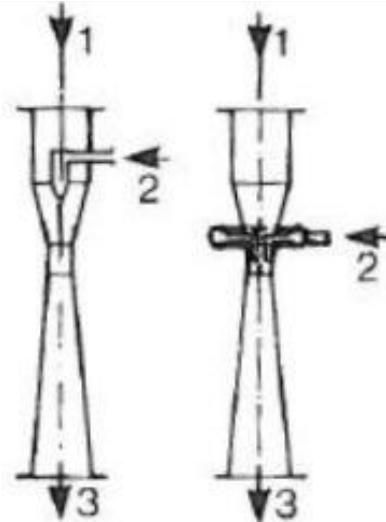
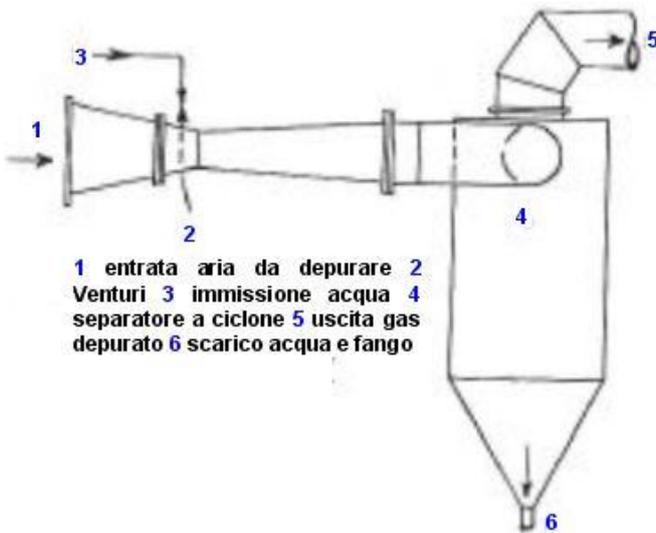
Rev.

F0

Data

20/06/2011

Abbattitori ad umido ad alta energia: idrofiltri a Venturi



Fonte: A. Monte "Elementi di impianti industriali Vol 2" e M.J Mc Pherson "Subsurface ventilation and environmental Engineer"

Figura A2.20

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

14 Fonti bibliografiche

1. European Bureau IPPC BAT "Integrated Pollution Prevention Control on Best Available Technologies on Emission from Storage" - 2006
2. TNO – Netherland Organizations for Applied Scientific Research – Report 2002/411 Potential Costs to reduce PM₁₀ and PM_{2,5} emissions from industrial sources in the Netherlands
3. American Conference Of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) - Industrial Ventilation Committee, Industrial ventilation : a manual of recommended practice, 24° ed., A.C.G.I.H. Pub., Cincinnati, OH – in particolare IV 10 – 40 pag. 50-53;
4. Department of Health and Human Services – Centers for Disease Control and Prevention – National Institute for Occupational Safety and Health – IC 9465 Information Circular – 2003 "Handbook for dust control in mining" – Pittsburgh 2003
5. Department of Health and Human Services – Centers for Disease Control and Prevention – National Institute for Occupational Safety and Health – IC 9517 Information Circular – 2010 "Best practices for dust control in coal mining" – Pittsburgh 2010
6. Department of Health and Human Services – Centers for Disease Control and Prevention – National Institute for Occupational Safety and Health – IC 9521 Information Circular – 2003 "Handbook for dust control in metal/non-metal mining" – Pittsburgh 2010
7. W.R. Reed, J.M. Listak, S.J. Page and J.A. Organiscak - Summary of NIOSH research completed on dust control methods for surface and underground drilling – sito web NIOSH
8. C.J. Dusek, J.M. Yetman Control and prevention of asbestos exposure from construction in naturally occurring asbestos – Fairfax County Health Department – Virginia - US
9. U.S. Department of Labor – Mine Safety and Health Administration – Practical Ways to reduce exposure to coal dust in longwall mining a toolbox – Washington 1999
10. V. Mody, R. Jakhete – Dust control Handbook – Library of Congress - Park Ridge, New Jersey, USA – 1998 – ISBN 0-8-155-1182-5
11. W.R. Reed and J.A. Organiscak Haul Road Dust Control Fugitive dust characteristics from surface mine haul roads and methods of control Department of Health and Human Services – Centers for Disease Control and Prevention – National Institute for Occupational Safety and Health (<http://www.cdc.gov/niosh/mining/pubs/pdfs/hrdcf.pdf>)
12. Mark Kestner - NESCO – National Service Company - How to design and install a wheel wash -

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<http://www.drdust.com/pdf/How%20to%20Design%20and%20Install%20a%20Wheel%20Wash.pdf>

13. Mark Kestner - NESCO – National Service Company - How to control dust rock processing - <http://www.drdust.com/pdf/How%20To%20Control%20Dust.pdf>
14. US Department of Transportation – Federal Highway Administration – Gravel roads maintenance and design manual – South Dakota Local Transportation Assistance Program – November 200
15. “Misure di prevenzione e protezione per ridurre l’esposizione a polveri contenenti silice libera cristallina – Comparto lapideo e comparto gallerie – Relazioni conclusive” – Network Italiano Silice – Sottogruppo Lapidei – R. Pattarin, D. Savoca, M. Patrucco, S. Francese & altri – Sottogruppo Gallerie: P. Zoppi, Fontana, Riggio & altri Coordinamento Regioni ISPESL – INAIL – ISS – Sondrio, Aprile 2008
16. Norma UNI-ISO 7708: Qualità dell’aria: definizioni delle frazioni granulometriche per il campionamento relativo agli effetti sanitari - UNI, Milano, 1998.
17. Norma EN 481: Atmosfera nell’ambiente di lavoro. Definizioni delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse - CEN (Comitato Europeo di Normazione), Bruxelles, Luglio 1993.
18. UNI EN 12341:2001 - Qualità dell'aria - Determinazione del particolato in sospensione PM10 - Metodo di riferimento e procedimento per prove in campo atte a dimostrare l'equivalenza dei metodi di misurazione rispetto al metodo di riferimento
19. UNI EN 14907:2005 - Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato di misurazione gravimetrico per la determinazione della frazione massica PM 2,5 del particolato in sospensione
20. A. MONTE, “Elementi di impianti industriali – Vol. 2” – ISBN 88-8239-046-2
21. M.J. MC PHERSON, “Subsurface ventilation and environmental engineer”, Chapman and Hall, London – 1993
22. “Misure di prevenzione e protezione per ridurre l’esposizione a polveri contenenti silice libera cristallina – Comparto lapideo – Relazione conclusiva” – Network Italiano Silice – Sottogruppo Lapidei – R. Pattarin, D. Savoca, M. Patrucco, S. Francese & altri – Coordinamento Regioni ISPESL – INAIL – ISS – Sondrio, Aprile 2008. http://www.trentinosalute.net/context_nis

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE STATO DELL'ARTE E INDIVIDUAZIONE DELLE BAT PER CONTENIMENTO EMISSIONI DI POLVERI DA ATTIVITA' DI CANTIERE		<i>Codice documento</i> CZ0029_F0.doc	<i>Rev.</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

23. D. Bersano, C. Cigna, S. Francese, M. Patrucco: Safety concerns in tunnel design and choice of machinery and Safety aspects during construction, due capitoli del volume Construction methodologies and structural performance of tunnel linings, editor G.A. Plizzari, ISBN 978-88-96225-31-8 (2009)
24. Ing. Stefano Francese - Dottorato di Ricerca in Sicurezza Industriale e Analisi dei Rischi XVII Ciclo - "Impostazione preliminare della sicurezza nella cantierizzazione di opere in sotterraneo Approfondimenti per il caso di opere impostate in formazioni potenzialmente contenenti amianto" - Politecnico di Torino Luglio 2006
25. R. Mancini, M. Cardu: Ingegneria degli scavi – Politeko Editore - Torino
26. M. Fornaro, E. Lovera, I. Sacerdote: La coltivazione delle cave ed il recupero ambientale – Volume II Estrazione di materiali per usi industriali e pietre ornamentali – Politeko editore – Torino
27. "An improved wet-head system: prevention of incenditive ignitions and dust control" – Bharat K Belle (CSIR Miningtek Johannesburg South Africa), S. Clapham (Hydra Tools United Kingdom)
28. LUCENTINI M., Tesi di Laurea: "TBM per roccia: problematiche connesse allo scavo di trafori di grande sezione, lunghi e profondi, criteri di scelta, stima delle prestazioni ed analisi probabilistica dei tempi di scavo" Relatori: Prof. N. INNAURATO, Prof. P.ORESTE - Anno Acc.: 2004 - Tesi - Laurea in ING. CIVILE Sede di TORINO
29. PATRUCCO M., TOMMASINI R., "Classifying of the hazard zones and risk management in gassy tunnel driving operations", The European Conference ESREL 2001: Towards a Safer World 16-20 settembre, 2001, Vol. 2, pagine da 847 a 954, ISBN: 88-8202-099-5
30. PATRUCCO M. "Sicurezza ed Ambiente di Lavoro – Volume 2 – parte 4: particolati aerodispersi" Politeko 2002 – ISBN 88 – 87380 – 29 – 5
31. State of Queensland (Department of Environment and Resource Management) – Air Pollution Control Guideline - www.derm.qld.gov.au/register/p01206ah.pdf