

## 3.6. Formatura

### FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE

Formatura manuale

Formatura a macchina. Formatura inserita in linee automatizzate

Verniciatura e flambatura

Ramolaggio

Cambio modelli e staffe

Si effettua una schematica suddivisione fra fonderie che utilizzano *forme da demolire* e *forme permanenti*.

Nel primo caso è necessario procedere alla preparazione di uno stampo, cioè di una forma cava di materiale refrattario che servirà per la colata del metallo. Lo stampo si ottiene mediante l'impronta impressa da un modello, che ha la forma del getto che si vuole ottenere. L'impasto deve avere resistenza tale da permettere sia l'estrazione del modello, senza alterare l'impronta, sia il contenimento e la solidificazione del metallo.

Vengono utilizzate diverse tecnologie.

#### *Formatura "a verde"*

Risultante dall'agglomerazione di sabbia, bentonite (max 10%), nero minerale e acqua: questa terra di fonderia viene costipata tramite specifiche macchine di formatura, che funzionano a pressione o a vibro compressione, entro appositi telai metallici (*staffe*). In alternativa le forme vengono affiancate le une alle altre (formatura in *motta*), garantendo la compressione con l'allineamento delle forme. Queste tecniche vengono utilizzate per getti in ghisa, in acciaio, per leghe di alluminio, di magnesio, di rame (bronzo, ottone). La semiforma inferiore del getto viene accoppiata con quella superiore, previo inserimento delle anime (montaggio delle forme o *ramolaggio*), per costituire l'involucro che accoglie il metallo fuso.

#### *Formatura in terra non legata (o sotto vuoto)*

In questo caso non è presente nessun legante: la forma si realizza mediante sabbia sciolta depositata sul modello, al quale è applicato un sottile film plastico (PEVA), che garantisce la tenuta una volta che la forma è posta in depressione. Il vuoto consente di mantenere la geometria dell'impronta realizzata, quando si estrae il modello e nelle successive fasi di colata del metallo.

#### *Formatura con leganti organici o inorganici*

La sabbia viene agglomerata mediante resine o silicati e costipata nelle staffe (utilizzata principalmente per le leghe prima indicate). Questa metodologia si coniuga in tre principali tecniche:

- procedimento con indurimento a freddo effettuato a temperatura ambiente;
- procedimento di formatura con indurimento con gas (*cold box*);
- procedimento di formatura con indurimento termico (*hot box*, *shell-moulding*, dove vengono predisposte particolari forme a guscio).

#### *Formatura con modello a perdere*

Nei processi citati il modello serve per creare l'impronta e allestire in successione tutte le forme. Con questa tecnica invece si utilizza un modello di polistirene espanso (*lost foam*) che non viene rimosso dalla forma prima della colata, ma rimane all'interno di essa ed è distrutto quando si cola il metallo.

Il processo porta a una elevata accuratezza dimensionale e a un'ottima finitura superficiale. Può essere utilizzato sia con terre senza leganti, sia con terre con leganti chimici.

#### *Formatura a cera persa*

Processo di formatura che permette di realizzare getti caratterizzati da tolleranze e finitura superficiale molto spinte (fonderie di precisione e fonderie artistiche: tipiche le opere d'arte e le protesi odontoiatriche).

Il punto di partenza è la preparazione, tramite iniezioni in conchiglia, di un certo numero di modelli a perdere in cera. Una volta realizzati i modelli in cera, questi sono immersi in una vasca contenente il materiale ceramico per il primo strato e, allo stato umido, esposto sotto una pioggia materiale refrattario in polvere; tale ciclo viene poi ripetuto fino al raggiungimento dello spessore richiesto del guscio.

Ottenuto il guscio, prima di procedere alla colata del metallo, è necessario svuotarlo dalla cera del modello e, in alcuni casi procedere alla sinterizzazione del guscio attraverso cottura in forno.

I principali elementi refrattari sono delle terre (sabbie) costituite da quarzo, cromite, silicato di zirconio e olivine. Il quarzo ( $\text{SiO}_2$ ) è una delle terre più comuni e una delle più usate, anche per il suo basso costo. La cromite ( $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ ) ha una refrattarietà maggiore rispetto a quella silicea, e i grani sono mediamente più piccoli, in modo da far ottenere una migliore finitura superficiale del prodotto finito. Il silicato di zirconio ( $\text{ZrSiO}_4$ ) ha caratteristiche simili a quella di cromite, ma permette finiture superficiali ancora migliori. La olivina è prodotta macinando rocce naturali ed è impiegata soprattutto per la produzione di pezzi in acciaio al Mn.

La bentonite è un legante di origine argillosa; è spesso attivata con soda, per originare un legante che insieme alla sabbia, dia una miscela con un'ottima resistenza meccanica a secco e una lunga durata anche a temperature elevate.

Le resine sono leganti chimici organici, che possono essere classificati in base al processo di indurimento a cui sono sottoposti, che può essere a freddo (cold – setting resins), con gas (gas – hardened resins) e a caldo (hot – curing resins). Insieme alle resine sono spesso utilizzati catalizzatori gassosi per iniziare il processo di indurimento, quali il nero minerale, le farine di cereali e gli ossidi di ferro. Il nero minerale è utilizzato soprattutto nelle fonderie di metalli ferrosi. Ha inoltre la proprietà di migliorare la finitura superficiale del pezzo fuso e di facilitare le operazioni di sfornatura.

Con i metalli basso fondenti e necessariamente per il colaggio in pressione, si ricorre alla *formatura con forme permanenti*: si utilizzano stampi metallici (in ghise o acciai legati), che vengono utilizzati plurime volte, costituenti due valve di una conchiglia, all'interno della quale viene colato direttamente il metallo; la conchiglia è progettata e realizzata in modo da poter essere utilizzata per un numero elevato di colate. L'elevato costo di lavorazione rende giustificabile questo tipo di formatura per le produzioni di serie.

Le operazioni di formatura si possono suddividere in:

- formatura manuale (utilizzata prevalentemente per forme grandi, prototipi e piccole serie);
- formatura a macchina (forme medio/piccole);
- formatura attraverso impianto automatizzato (destinato a produzioni di grande serie, ma anche di minore numerosità, alternando modelli di getti diversi).

Le sequenze operative nella *formatura manuale di terre a verde* sono le seguenti:

livellamento della pavimentazione;

posa modello e staffa;

stesura di un strato di soluzione distaccante;

sistemazione della terra a strati successivi e sua pressatura con pestello pneumatico; l'inserimento può essere realizzato con *macchine a lancio di terra*

inserimento dei ganci di armatura;

soffiatura per pulire;

inserimento dell'anima, delle punte di fonderia, del canale di colata e del montante;

realizzazione dei tiranti d'aria;

verniciatura (a pennello o a spruzzo) e flambatura;

accoppiamento forma superiore e forma inferiore, chiusura delle staffe con perni;

trasporto con carroponete in area di colata.

**Figura 3.6.1. Formatura manuale di terre a verde: preparazione di una semiforma**

**Figura 3.6.2. Formatura manuale di terre a verde: verniciatura manuale**



Le sequenze operative nella *formatura chimica manuale* sono le seguenti:  
 livellamento della pavimentazione;  
 posa modello e staffa;  
 stesura di un strato di soluzione distaccante;  
 sistemazione a strati successivi della terra proveniente dalla miscelazione (tramite coclea) di terra verde, resina fenoliche ed esteri;  
 pressatura degli strati o tramite piano vibrante o mediante costipazione effettuata con i piedi;  
 maturazione;  
 incollaggio dell'anima, inserimento del canale di colata e del montante;  
 realizzazione dei tiranti d'aria mediante trapanatura;  
 accoppiamento forma superiore e forma inferiore, chiusura delle staffe con perni;  
 trasporto con carroponete o carrello in area di colata.

**Figura 3.6.3. Formatura manuale a verde: inserimento della terra effettuato tramite macchina a lancio di terra**  
**Figura 3.6.4. Forme pronte per la colata**



Le sequenze operative nella *formatura a macchina* sono le seguenti:  
 posizionamento sul piano macchine del modello e della staffa;  
 stesura della miscela distaccante (grafite e gasolio, talco);  
 apertura bocchetta adduzione terre e riempimento staffa;  
 pressatura delle terre tramite vibroscossa;  
 capovolgimento staffa (manuale con carroponete o tramite macchina automatica);  
 inserimento chiodi, anima, canale di colata e montante;  
 realizzazione dei tiranti d'aria;  
 verniciatura a spruzzo e flambatura;  
 accoppiamento e chiusura staffe con perni;  
 trasporto in area colata tramite carroponete o via a rulli.

**Figura 3.6.5. Formatura a macchina per vibroscossa**  
**Figura 3.6.6. Formatura a macchina per vibroscossa. Caduta di polveri da nastri sulle posizioni di lavoro**



Nella *formatura tramite impianto automatizzato*, le operazioni di cui sopra sono eseguite da una macchina. In questo caso, la fase di compattazione della sabbia avviene per mezzo di una piastra che comprime la parte superiore della forma e il posizionamento delle staffe in area colata avviene tramite una via a rulli. Il carroponete a servizio della formatura a macchina è comandato: da un operatore a terra oppure da un gruista dedicato a questa mansione. Spesso, lo stesso carroponete serve anche alle lavorazioni con il distaffatore.

**Figura 3.6.7. Formatura in linea automatizzata. Linea e nastri distribuzione terre alle formatrici**  
**Figura 3.6.8. Formatura in linea automatizzata. Posizione di formatura e di ramolaggio (inserimento anime)**



**Figura 3.6.9. Figura 3.6.10. Formatura in linea automatizzata. Postazioni di ramolaggio effettuato dagli operatori con presidio di aspirazione (anime hot-box) e senza aspirazione**



**Figura 3.6.11. Formatura in linea automatizzata. Linea e nastri distribuzione terre alle formatrici**  
**Figura 3.6.12. Formatura in linea automatizzata. Anime e posizioni di inserimento**



## Mansioni della fase

Addetto	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto macchina formatrice	A terra	collocazione sul piano macchina del modello e della staffa; riempimento della staffa con terre; compattazione tramite vibroscossa o piano vibrante; separazione modello; avvio alla fase di ramolaggio tramite via rulli.
Addetto formatura manuale	A terra	livellamento del pavimento; collocazione modello e staffe; riempimento staffa manualmente con pala o tramite miscelatore nel caso della formatura chimica; compattazione con pestello pneumatico, con piano vibrante o tramite semplice calpestio dei diversi strati; rovesciamento con carroponte; separazione modello; inserimento chiodi, eventuale rifinitura; verniciatura; accoppiamento e chiusura staffe con perni; trasporta le staffe in area colata con il carrello elevatore.
Addetto ramolaggio	A terra	inserisce i chiodi di formatura; inserisce le anime, il canale di colata e il montante; esegue i tiranti d'aria; effettua la verniciatura e flambatura delle semistaffe; accoppia le semistaffe ed effettua il bloccaggio con perni; trasporta la staffa in zona di colata.
Gruista	A terra	Cambio stampi Trasferimento modelli e attrezzature (anche operazioni in area distaffatura)

## Impianti, macchine, attrezzature

Attrezzature/Impianti/Macchine	Rischi lavorativi
Molazze - Nastri trasportatori	esposizione a polveri contatto con organi in movimento
Miscelatori	Contatto con organi in movimento
Macchine a vibro-scossa	Esposizione a rumore/ rumore impulsivo Esposizione a polveri <b>Vedi scheda R4</b>
Pestello per formatura manuale	Vibrazioni mano braccio

## Rischi infortunistici

La preparazione delle forme risulta essere una delle fasi di lavoro con il più alta frequenza di infortuni: circa il 50% di questi infortuni si ripropone con modalità di accadimento ripetitive riconducibili a intrappolamenti/schiacciamenti e cadute/urti.

Gli infortuni connessi con questa fase lavorativa siano riconducibili principalmente a fattori di rischio di tipo organizzativo e procedurale. Al riguardo vale la pena riportare qualche esempio d'infortunio:

*“scivolava dalla pedana della formatura per prendere un attrezzo vicino”*

*“scivolava mentre spingeva una staffa”*

*“mentre lavorava alla macchina formatrice veniva colpito alla spalla da una staffa vuota mal movimentata”*

*“durante la movimentazione di una staffa non si coordinava con il gruista e questi, anziché alzarla, l'abbassava schiacciandogli un dito”*


*“puliva il rullo dell'impianto terre con la macchina in moto”*

*“sistemava la terra di fonderia e s'intrappolava la mano sul fine corsa del piano”*

“s'intrappolava la mano tra staffa e pressa”.

**Tabella 3.6.1. Formatura.**

**Sintesi dei rischi di natura infortunistica: identificazione, danni, interventi di prevenzione**

I rischi specifici, evidenziati con , derivano dalle evidenze emerse con l'analisi statistica degli infortuni e riportano l'operazione pericolosa, la modalità di accadimento, il danno rilevato, i fattori di rischio che sono stati ritenuti evidenti

	<b>IDENTIFICAZIONE RISCHIO → OPERAZIONE → MODALITA'</b>	<b>DANNO ATTESO DANNO RILEVATO</b>	<b>INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI</b>
<b>I 5</b> 	→ formatura automatica in linea → schiacciamento tra parti fisse della macchina e protezioni	Lesioni traumatiche Amputazioni	Procedure carenti Mancanza di schermi
<b>I 6</b> 	→ movimentazione staffe → caduta sugli impianti, urto, schiacciamento	Contusioni Ferite	Introduzione di mezzi movimentazione Revisione flussi delle staffe Comunicazione fra gli operatori
<b>I 7</b>	→ formatura con macchina a vibro scossa caduta dal pulpito di comando della macchina formatrice	Lesioni traumatiche Ferite	Posizione di lavoro inadeguata: parapetti sul pulpito inadeguati/mancanti
	→ formatura con macchina → schiacciamento fra pressa e staffa	Lesioni traumatiche Amputazioni	Mancanza protezioni zona a rischio Mantenere funzionamento con doppio comando
<b>I 1</b> 	→ transiti a terra nell'area di lavoro → urti, inciampi	Lesioni traumatiche Distorsioni	Vedi infortunio I 1 Fase Trasferimenti Presenza di depositi
<b>R5</b>	Problematiche inerenti il lay-out → Interferenza con lavorazioni limitrofe → Movimentazione anime/forme → Investimento durante manovre con carrello	Lesioni traumatiche Ferite	Ricollocazione di alcune lavorazioni Definizione dei depositi e dei percorsi Procedure operative
<b>A9</b>	Ambienti scarsamente illuminati → Inciampi/ urti/ traumi durante il movimento	Lesioni traumatiche	Adeguamento illuminazione artificiale Manutenzione delle superfici illuminanti

**R5, A9:** si veda al Capitolo 3.12 “Analisi rischi e interventi comuni a più fasi”

**Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi**

Numero	Legge/ Articolo	
2	547/41	protezione o segregazione degli elementi pericolosi delle macchine
1	547/374	carente manutenzione delle strutture e degli impianti
1	626/35	obblighi del datore di lavoro in merito all'uso delle attrezzature da lavoro
1	626/37	informazione in merito all'utilizzo delle attrezzature da lavoro

**Rischi igienico ambientali**

**Tabella 3.6.2. Formatura.**

**Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione**

	<b>IDENTIFICAZIONE RISCHIO</b>	<b>DANNO ATTESO</b>	<b>FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE</b>
<b>A7</b>	Polveri aerodisperse e fumi → ricaduta di polveri da nastri trasportatori → ricaduta da altre aree (in particolare fumi da area fusione e da area colata)	Bronchite cronica, Pneumoconiosi da polveri Irritazione vie respiratorie e occhi	Chiusura nastri Frequente pulizia delle zone di accumulo Aspirazione delle postazioni di formatura
	Vapori di sostanze organiche → manipolazione leganti e catalizzatori	Irritazione e bruciori vie respiratorie e occhi	Ventilazione Aspirazione localizzata


	→ formatura manuale		Dispositivi protezione individuali
<b>A2</b> <b>A10</b>	Rumore e rumore impulsivo → fasi di compattazione per vibrazione → impiego pestello manuale → sfiati circuiti pneumatici derivante da altre aree (da distaffatore)	Danni uditivi Danni extrauditivi	Separazione dell'area Compartimentazione delle diverse macchine di formatura Vigilare sull'impiego dei DPI
	Vibrazioni → impiego di pestelli manuali	Traumi e alterazioni degenerative ai sistemi articolari Morbo di Raynaud Effetti su nervi e muscoli	Valutare la sostituzione delle attrezzature di lavoro con altre che producono meno vibrazioni. Impiego di guanti antivibranti Isolamento delle strutture vibranti

**A7, A10:** si veda al Capitolo 3.12 “Analisi rischi e interventi comuni a più fasi”

#### Fattore di rischio. Aerodispersi



Le esposizioni a PNOC in questa area sono omogeneamente distribuite intorno a  $0.5 \text{ mg/m}^3$ ; gli scostamenti anche elevati, riscontrati in alcune unità produttive, sono da attribuire all'inefficace aspirazione dei distaffatori, che comportano esposizione indebita per questa lavorazione, e, in alcuni casi, alla totale mancanza di aspirazioni dell'impianto terre.

Analogo discorso per le esposizioni a silice libera cristallina: i valori più elevati si osservano in quelle entità in cui sono impiegate terre silicee, polveri di copertura contenenti silice ed elevato impiego di anime silicee acquistate esternamente: in questo modo la silice entra nei materiali delle forme con la quota di terra riciclata.

<b>COMPARTO</b> <b>Fase di lavorazione</b> <b>Tipologia di rischio</b>	<b>FONDERIA</b> <b>Formatura</b> <b>R4. Macchina Formatrice a vibroscossa</b>
Mansioni coinvolte	Addetti alla macchina formatrice
Fattori di rischio evidenziati	<p><b>STRUTTURE E SPAZI</b>  Interferenza tra flussi materiali/mezzi/persone.  Percorso di accesso alle posizioni di lavoro pericoloso (scale inadeguate, mancanza di parapetti).  Mancanza di protezioni.  Presenza di ingombri ed ostacoli quali: depositi modelli, anime, canali di colata.  Illuminazione insufficiente.</p> <p><b>CONDIZIONI AMBIENTALI</b>  Polveri aerodisperse.</p> <p><b>IMPIANTI E MACCHINE</b>  Impianti obsoleti da adeguare alla migliore tecnologia in uso/commercio.  Posizione di lavoro non protetta.  In generale, l'area dove sono collocate le macchine formatrici a vibroscossa dovrebbe essere adeguatamente separata e insonorizzata.</p> <p><b>MOVIMENTAZIONE MECCANICA</b>  Alcune movimentazioni gravose sono realizzate manualmente. Molto spesso le operazioni di spinta delle staffe sulla via rulli, causa la scivolosità della pavimentazione, sono state fonte di infortuni.</p> <p><b>PROCEDURE OPERATIVE</b>  Formazione/Informazione sui rischi specifici.  Procedure mancanti/carenti.</p> <p><b>MEZZI DI PROTEZIONE PERSONALE</b>  Mezzi forniti; talvolta carenti e spessissimo non impiegati.</p>
<u>Interventi:</u>	<p>Sostituire le macchine formatrici con impianti automatici di ridurre l'impatto acustico. Gli addetti di quest'area presentano dei livelli medi di esposizione abbastanza omogenei: solo in una realtà sono stati rilevati dei valori molto più bassi, in quanto non erano presenti macchine formatrici a vibroscossa.</p> <p>Ridefinizione del lay-out, prevedendo la razionalizzazione dei flussi delle staffe mediante via a rulli. La ridefinizione del lay-out comporta ricadute positive anche per ridurre l'inquinamento acustico indebito determinato dalle macchine</p> <p>Separazione tra le aree di lavoro.</p> <p>Rendere protette le zone di accesso agli impianti.</p> <p>Prevedere una costante manutenzione e non limitarsi a quelle straordinarie durante la sosta della produzione.</p> <p>Migliorare l'illuminazione dell'ambiente di lavoro (pulizia superfici finestrate, impianto illuminazione artificiale).</p> <p>Informazione/Formazione specifica degli operatori sui rischi presenti in questa lavorazione.</p>
Schemi, disegni, fotografie	





COMPARTO	FONDERIA
<b>Fase di lavorazione</b> <b>Operazione specifica</b> <b>TIPOLOGIA INFORTUNIO</b>	<b>Formatura a macchina</b> <b>Movimentazione delle staffe</b> <b>I 6</b> 
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Intrappolamento e inciampo durante la movimentazione delle staffe Addetti alla preparazione delle forme
Fattori di rischio evidenziati	<b>STRUTTURE E SPAZI</b> Presenza di ostacoli e ingombri  <b>IMPIANTI E MACCHINE</b> Inadeguatezza della tecnologia in uso (non tutti gli impianti hanno le vie a rulli) Assenza di idonei dispositivi di comunicazione tra gli operatori  <b>MOVIMENTAZIONE MECCANICA</b> Modalità di sollevamento e trasporto non sicure Sistemi di movimentazione condotti a mano  <b>PROCEDURE ORGANIZZATIVE</b> Mancanza di coordinamento tra gli interventi Procedure mancanti o carenti
<u>Interventi:</u> Razionalizzazione dei flussi delle staffe attraverso vie a rulli Impiego di idonei sistemi di comunicazione Definire delle procedure operative tra personale a terra e personale in cabina gru Formazione – Informazione	
Schemi, disegni, fotografie	
	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Razionalizzazione dei depositi  Collocazione di una via a rulli a facilitare la movimentazione delle staffe.  Accoppiamento delle staffe eseguito da due operatori </div>	

<b>COMPARTO</b>	<b>FONDERIA</b>
<b>Fase di lavorazione</b> <b>Operazione specifica</b> <b>TIPOLOGIA INFORTUNIO</b>	<b>Formatura con macchina a vibro scossa</b> <b>Preparazione delle forme</b> <b>I 7 Posizione di lavoro inadeguata come collocazione e spazio</b>
Modalità di accadimento	Caduta dal pulpito di comando della macchina formatrice
Mansioni coinvolte	Addetti alla preparazione delle forme
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Mancanza di protezioni  IMPIANTI E MACCHINE Inadeguatezza della tecnologia in uso Protezione degli organi in movimento assente Pedane non idonee

Interventi:

Adeguamento della postazione di lavoro  
Ampliare le pedane presenti e dotarle di parapetto normale.

Schemi, disegni, fotografie



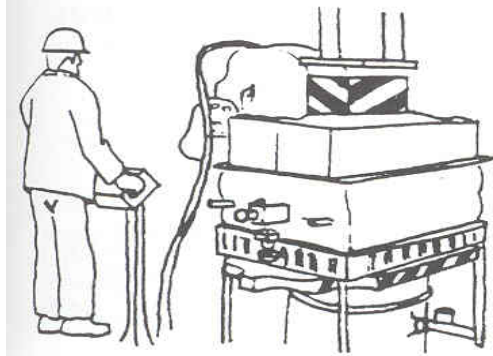
Mancanza di adeguata pedana tale da evitare anche il rischio di scivolamenti  
Mancanza di parapetto ad evitare il rischio di caduta nella fossa durante il ribaltamento della macchina formatrice.

<b>COMPARTO</b>	<b>FONDERIA</b>
<b>Fase di lavorazione</b> <b>Operazione specifica</b> <b>RISCHIO EVIDENZIATO</b>	<b>Formatura a macchina</b> <b>Vibrazione della forma</b> <b>A 2. Esposizione a rumore e a rumore impulsivo</b>
Mansioni coinvolte	Addetti alla preparazione delle forme
Fattori di rischio evidenziati	<b>STRUTTURE E SPAZI</b> Ricaduta all' / dall'area limitrofa del rumore generato da altre macchine <b>IMPIANTI E MACCHINE</b> Inadeguatezza della tecnologia in uso Mancanza di qualsiasi sistema di segregazione/ separazione dell'area. Mancanza di sistemi di assorbimento delle vibrazioni della macchina <b>MANUTENZIONE</b> Manutenzione insufficiente/mancante

Interventi:

Ridefinizione del lay-out – prevedere un decentramento delle macchine formatrici rispetto alle altre lavorazioni.  
Separazione delle aree di lavoro.  
Automatizzazione del processo di formatura.  
Interventi di insonorizzazione.

Schemi, disegni, fotografie



Le principali sorgenti nell'area fonderia sono costituite dalle macchine formatrici e dai distaffatori presenti in tutte le aziende del comparto.

Le macchine formatrici a vibroscossa presentano livelli elevati di rumorosità; la consistente variabilità osservata nell'indagine, 84-107 dB(A), è inoltre riconducibile alle dimensioni delle staffe utilizzate, alla vetustà dell'impianto e alla periodicità degli interventi di manutenzione. Inoltre la mancanza di qualsiasi intervento di insonorizzazione/ segregazione fa sì che questa rumorosità si disperda nelle aree di lavoro adiacenti.

I grafici riportati illustrano gli alti livelli di esposizione personale al rumore riscontrati nelle diverse aziende e come i limiti di accettabilità di esposizione a rumore impulsivo ACGIH siano stati sempre superati

Rispetto a questa esposizione, fa eccezione un'azienda dove è stata installata una macchina formatrice a funzionamento idraulico e pneumatico automatica, che ha consentito di abbattere notevolmente la rumorosità, livello medio 82 dB(A), e di ridurre i livelli di esposizione, escludendo anche il rumore impattivo.

A completamento dell'analisi di questa sorgente sono state effettuate valutazioni di rumore impulsivo.

I dati misurati in corrispondenza alle diverse macchine (numero impatti misurati in un giorno e livello sonoro corrispondente) sono riportati in figura con riferimento al criterio di rischio ACGIH.

