FONDERIE DI LEGHE FERROSE E NON FERROSE

CAPITOLO 1
NOTIZIE GENERALI SUL COMPARTO FONDERIE

1.1. Individuazione del comparto
1.2. Localizzazione geografica delle aziende
1.3. Contesto produttivo, sociale e storico
1.4. Profilo economico-finanziario
1.5. La realtà infortuni
1.6. Le malattie professionali

1.1. Individuazione del comparto

Nel caso di fonderie di prima fusione la materia prima è costituita da rottame derivante da post-consumo o da riciclo interno. Nel caso delle fonderie di seconda fusione la materia prima è un semilavorato proveniente da solidificazione realizzata in attività metallurgiche precedenti.
Le lavorazioni di fonderia consentono di ottenere, mediante processo di solidificazione realizzato all'interno di stampi, pezzi con caratteristiche dimensionali ben definite e praticamente definitive, chiamati *getti*.
La possibilità di modificare la forma del getto con deformazioni plastiche a caldo o a freddo non è più possibile; le lavorazioni successive ai processi di fonderia si riducono, se richieste, a una modifica delle caratteristiche del materiale (trattamenti termici) e a limitati processi di asportazione.

L'industria di fonderia si suddivide a seconda del tipo di metallo prodotto, in fonderia di metalli ferrosi (ghisa e acciaio) e fonderia di metalli non ferrosi (alluminio, magnesio, rame, zinco, piombo, altre leghe non ferrose; leghe di piombo e di cadmio possono essere considerate ormai marginali in quanto sono state escluse per la tossicità del metallo e sono quindi presenti solo in particolari componenti, fra tutti la più importante è la produzione di accumulatori al piombo).
A queste si aggiungono le fonderie che producono le cosiddette superleghe (leghe base di nichel e cromo).

Tabella 1.1. Suddivisione dell'industria di fonderia

FONDERIE	Metalli FERROSI	Ghisa grigia (G) *	
		Ghisa malleabile (GM) * Ghisa sferoidale (GS) *	
		Acciai	Basso legati
			Alto legati
	SUPERLEGHE (leghe non ferrose alto fondenti)	Base Ni	
		Base Cr	Con Fe
			Senza Fe
	Metalli NON FERROSI	Alluminio	
		Magnesio	
		Rame	
		Zinco	
		Piombo	
		Cadmio	

(*) simboli utilizzati nella classificazione delle ghise

In questa tecnologia risultano discriminanti ai fini dei rischi in ambiente di lavoro il sistema di realizzazione della forma e il sistema di colata del metallo all'interno di essa.
Tradizionalmente le fonderie si suddividono in fonderie con forma a perdere (ciascuna forma è utilizzata una sola volta, e viene demolita al momento dell'estrazione del getto) o con forme permanenti (la medesima forma viene utilizzata per produrre elevate quantità di getti); la formatura con forme permanenti viene molto utilizzata nel campo dei metalli non ferrosi (in particolare per la produzione di getti di alluminio), associate a tecniche di colata a pressione (alta pressione o bassa pressione).
Nelle fonderie di metalli ferrosi, fatta eccezione per la realizzazione di getti centrifugati, la formatura viene realizzata in forme a perdere; in alcuni casi possono essere realizzati getti utilizzando sistemi di formatura misti (parte della forma a perdere e parte permanente). Nelle fonderie di metalli non ferrosi rivestono un importante ruolo le tecnologie di solidificazione in conchiglia e per pressofusione.

Il tipo di lega da produrre e il tipo di forma utilizzato, condizionano le caratteristiche degli impianti e la scelta dei processi utilizzati. Le scelte tecnico – impiantistiche sono inoltre condizionate dal tipo di mercato al quale la fonderia si rivolge, in particolare rispetto alle dimensioni dei getti da produrre e le relative serie.

Per definire il profilo di comparto si è scelto di concentrare l'attenzione sulle attività che prevedono l'impiego di rottame, escludendo le fonderie di dimensioni contenute (con meno di 15 addetti) che utilizzano esclusivamente semilavorati (tipicamente pani e semilavorati solidificati in varie geometrie) e sull'attività di pressofusione.

1.2. Localizzazione geografica delle aziende

La collocazione delle industrie di fonderie in Italia è strettamente correlata alla distribuzione del mercato a cui tale settore si rivolge. I produttori risultano infatti distribuiti su tutto il territorio nazionale e si concentrano principalmente in alcune regioni settentrionali, in particolare Lombardia, Emilia Romagna e Veneto, ove sono ubicate le maggiori imprese.
Come per il caso delle acciaierie (che forniscono semilavorati in acciaio da sottoporre a deformazione) anche per questo comparto produttivo la vicinanza ai clienti rappresenta un fattore determinante per la competitività dell'impresa; la presenza di una particolare realtà produttiva in una determinata zona può essere anche uno dei fattori determinanti per la nascita di nuove imprese operanti nella stesso settore. Un tipico caso, nell'ambito delle fonderie di metalli non ferrosi, è rappresentato, ad esempio, dalla provincia di Brescia che annovera oltre 300 aziende che impiegano la tecnologia della pressocolata.
Per quanto riguarda la barra di ottone la stretta vicinanza fra aziende produttrici e aziende di stampaggio a caldo e di lavorazione alle macchine utensili per asportazione di truciolo è riconducibile soprattutto a una particolarità del ciclo di fabbricazione: l'importanza e il ruolo dei rottami di ottone. La tornitura, la sbavatura, tutti gli sfridi della lavorazione meccanica e di stampaggio sono integralmente recuperati, insieme ai rottami che derivano dal post-consumo, e costituiscono un fondamentale parametro di economicità.

1.3. Contesto produttivo, sociale e storico

Il comparto nel 2002 è costituito da 1176 imprese, di cui 281 *fonderie di metalli ferrosi* (237 ghisa, 17 di precisione, 27 acciaio), e 895 *fonderie di metalli non ferrosi*, occupa 39.000 addetti, realizzando una produzione pari a 2.441.966 tonnellate, a fronte di una capacità del sistema stimata in 3.095.000 tonnellate.
L'Italia produce 1.386.345 tonnellate di getti di ghisa, 74.521 tonnellate di getti di acciaio, 1.400 tonnellate di getti microfusi realizzati con la tecnologia della cera persa e 979.700 tonnellate di getti non ferrosi, di cui 777.000 tonnellate di alluminio con un incremento del 3.5% rispetto all'anno precedente.

Tra le tecniche di colata, con riferimento al 2002, nell'industria italiana di *fonderia di metalli ferrosi*, quella a pressione ha rappresentato il 58,5% dei getti prodotti, quella in conchiglia il 35% e in sabbia il 6,5%.
La *fonderia di metalli ferrosi* è stata oggetto, nel corso degli ultimi venti anni, di un processo di ristrutturazione che ha determinato una consistente riduzione della base produttiva portando, tra il 1980 e il 2002, il numero complessivo delle imprese da 694 a 281 con un tasso di riduzione pari al 59% (-413 unità).
I dati degli ultimi anni, in particolare nel 2003, indicano una nuova accelerazione della crisi congiunturale del settore che ha accentuato la situazione di sofferenza di una parte consistente del sistema produttivo.
Le principali difficoltà hanno riguardato, fino ad oggi, imprese specializzate in produzioni non più richieste dal mercato o realizzate più convenientemente in altri Paesi (lingottiere, getti per valvole, contrappesi, ecc.), imprese obsolete o localizzate all'interno di aree urbane, che gli imprenditori non hanno avuto le risorse necessarie per ricollocarle in aree industriali adeguate.
A questi problemi si aggiunge la perdita di competitività nei confronti dei concorrenti esteri, determinata anche dal gap dimensionale nei confronti degli altri concorrenti europei.
La dimensione media delle fonderie di metalli ferrosi, pur essendo passata dai 58 addetti del 1990 ai 74 del 2002, permane ben al di sotto dei valori di Francia (152 addetti), Germania (155) e Gran Bretagna (88).

Nell'ambito delle *fonderie di metalli non ferrosi* la frammentazione appare ancora più accentuata: a fine 2002 la dimensione media in Italia era di 21 addetti, mentre in Francia era di 59 e in Germania di 83 addetti.
Emerge la differenza esistente tra quelle che operano come una divisione autonoma di un'impresa verticalmente integrata (fonderie *captive*) e quelle che svolgono come unica attività produttiva dell'impresa quella della produzione di getti (fonderie *pure*).
II primo tipo presenta caratteristiche e problemi diversi rispetto al secondo, sia dal punto di vista delle dimensioni produttive, che degli aspetti occupazionali e della tipologia di produzioni realizzate.
Nei reparti delle fonderie integrate in grandi imprese vengono realizzate in genere produzioni di grande serie con impianti dedicati, mentre le fonderie che lavorano per conto terzi hanno dovuto specializzarsi in produzioni di getti di serie più limitate, e adottare attrezzature più flessibili in grado di consentire all'impresa di diversificare la produzione e di essere presente in più mercati.

La maggioranza delle aziende italiane di metalli non ferrosi, ma anche di metalli ferrosi, è costituita da fonderie del secondo tipo, appartenenti alla categoria delle piccole e piccolissime imprese. Questa tipologia si ripercuote sulle modalità organizzative degli insediamenti e anche sul profilo di rischio.

Tabella 1.2. Fonderie in Italia e principali indicatori

Anno		numero	Capacità produttiva (t)	Utilizzo impianti	Produzione (t)	Numero addetti
1980	Metalli ferrosi	694	2.494.500	78%	1.941.500	39.475
	di cui Ghisa	*601*	*2.308.500*	*78%*	*1.800.000*	*31800*
	Acciaio	*76*	*186.000*	*75%*	*140.000*	*6875*
	Microfusioni	*17*			*1.500*	*800*
1985	Metalli ferrosi	493	2.025.000	70%	1.416.500	25.700
	di cui Ghisa	*425*	*1.880.000*	*70%*	*1.300.000*	*20.700*
	Acciaio	*51*	*145.000*	*80%*	*115.000*	*4.200*
	Microfusioni	*17*			*1.500*	*800*
1990	Metalli ferrosi	412	1.945.000	77%	1.500.500	24.650
	di cui Ghisa	*353*	*1.835.000*	*77%*	*1.406.000*	*19.700*
	Acciaio	*42*	*110.000*	*85%*	*93.000*	*4.150*
	Microfusioni	*17*			*1.500*	*800*
1995	Metalli ferrosi	339	1.726.800	94%	1.614.600	23.390
	di cui Ghisa	*289*	*1.630.000*	*93%*	*1.522.000*	*18.850*
	Acciaio	*34*	*95.000*	*96%*	*91.000*	*3.740*
	Microfusioni	*16*	*1.800*	*90%*	*1.600*	*800*
	Metalli non ferrosi				653.000	
2000	Metalli ferrosi	297	1.986.900	76%	1.517.500	22.100
	di cui Ghisa	*252*	*1.900.000*	*76%*	*1.438.000*	*18.360*
	Acciaio	*28*	*85.000*	*92%*	*78.000*	*2.940*
	Microfusioni	*17*	*1.900*	*80%*	*1.500*	*800*
	Metalli non ferrosi				959.000	
2002	Metalli ferrosi	281	1.870.250	78%	1.462.266	20.630
	di cui Ghisa	*237*	*1.785.000*	*78%*	*1.386.345*	*17000*
	Acciaio	*27*	*83.500*	*90%*	*74.521*	*2830*
	Microfusioni	*17*	*1.750*	*80%*	*1.400*	*800*
	Metalli non ferrosi	895	1.225.000	80%	978.500	18.370
	di cui alluminio				*777.000*	
	ottone				*90.100*	
	bronzo e rame				*19.900*	
	zinco				*79.600*	
	magnesio e altre leghe				*11.900*	
2003	Metalli ferrosi		1.780.000	81%	1.443.264	18.760
	di cui Ghisa				*1.374.524*	
	Acciaio				*67.381*	
	Microfusioni				*1.359*	
	Metalli non ferrosi				805.000	
	di cui alluminio				*805.000*	
	ottone				*85.500*	
	bronzo e rame				*20.600*	
	zinco				*72.200*	
	magnesio e altre leghe				*16.600*	

II confronto con gli altri Paesi europei conferma che, nonostante un recupero registrato nel corso degli ultimi venti anni, la produzione media delle imprese italiane di metalli ferrosi rimane inferiore rispetto ai principali concorrenti esteri: l'Italia (quasi 5.000 tonnellate per impresa) e fortemente distaccata da Francia e Germania (oltre 13.000 tonnellate per impresa), mentre presenta una maggiore vicinanza a quella di Gran Bretagna e Spagna (4.500 tonnellate per impresa).

I dati di produzione per addetto evidenziano come Francia e Germania si differenzino sostanzialmente dal resto dei Paesi europei con valori dell'ordine di 80 tonnellate/anno, e come l'Italia, con 150 t/anno, mantenga anche in questo caso una posizione intermedia, migliore di Spagna e Gran Bretagna.
Il campione individuato con l'indagine infortunistica si allinea perfettamente con la realtà dimensionale delle fonderie italiane e indica una media di 153 t di getti prodotti nel 2003 per ogni addetto.

1.4. Profilo economico – finanziario

Il fatturato globale del comparto è valutato in circa 9 miliardi di euro.
Il fatturato delle fonderie dei metalli ferrosi è valutato in circa 3.8 miliardi di euro.
L'evoluzione di mercato in questi ultimi anni è stata fortemente influenzata dalle rilevanti modifiche intercorse nei consumi dei settori utilizzatori.
La fonderia occupa una posizione chiave come fornitrice di altri settori industriali, trova il suo maggiore mercato nell'industria automobilistica, delle macchine utensili, nella meccanica generale, fra cui i componenti elettrici, dell'arredamento e l'utensileria.
Con caratteristiche ben diverse si configura la fonderia d'arte, rivolta alla produzione di pezzi esclusivi.

Settori di impiego

Negli usi finali il settore dei trasporti perde peso scendendo al 55% degli impieghi totali dei getti con 427.400 t, in leggero aumento rispetto all'anno precedente. Nonostante il calo della produzione nazionale di autovetture, il settore ha potuto mantenere un discreto livello produttivo grazie alla maggiore domanda di getti dei costruttori esteri, tedeschi e francesi.
L'uso in edilizia e nelle costruzioni ha invece registrato una lieve flessione; i getti per questo settore, che comunque rappresenta il 18% del mercato totale, sono scesi a 139.900 t principalmente a causa della battuta d'arresto nella produzione di radiatori per uso domestico.
La meccanica generale e cresciuta sensibilmente utilizzando 73.800 t, che rappresentano il 9,5% dei getti. Il settore elettromeccanico, in sostanziale stabilita, rappresenta il 9% degli usi per 69.900 t.
Infine il settore degli elettrodomestici e delle macchine per ufficio ha registrato un incremento assorbendo 66.000 t di getti, che rappresentano 1'8,5% del mercato totale.

La produzione di getti di ghisa per l'industria dei mezzi di trasporto e stata condizionata dalla crisi dell' auto, oltre che dalle preferenze per le leghe non ferrose. In termini quantitativi la produzione di getti destinati a tale settore ha perso circa il 23% rispetto alla punta massima raggiunta nell'anno 1997, e nel 2002 ha rappresentato il 32% della produzione totale di getti di ghisa.
Al contrario, le forniture all'industria meccanica hanno raggiunto un nuovo record proprio nel 2002 con 586.290 tonnellate. L'industria meccanica rappresenta così il primo committente delle fonderie di ghisa italiane ed assorbe il 42% della produzione complessiva.
Merita una considerazione particolare la ghisa sferoidale destinata all' industria meccanica e dei mezzi di trasporto che nel 2002 ha raggiunto un nuovo record (443.840 tonnellate), consentendo al comparto di ridurre la distanza rispetto ai principali Paesi europei nella produzione di questo tipo di lega.
Nel comparto dei getti di acciaio, la produzione degli ultimi anni evidenzia due fenomeni: il calo delle produzioni di getti per valvole, ove le fonderie italiane all'inizio degli anni novanta avevano indirizzato le specializzazioni; la crescita delle forniture all'industria della frantumazione, con una forte presenza sui mercati esteri.
La flessione della domanda di getti per valvole è stata determinata, in parte, dalle industrie committenti italiane che avendo assunto caratteristiche multinazionali, hanno esteso l'approvvigionamento di getti per valvole nei mercati più convenienti, prescindendo da considerazioni in merito al livello qualitativo delle produzioni.

Prosegue invece l'espansione della produzione di *getti di metalli non ferrosi*, anche se il ritmo di crescita degli ultimi anni appare più modesto rispetto al passato.

La crescita ha interessato in particolare i getti di alluminio e solo negli ultimi tempi di magnesio. Nel 2002 i getti di bronzo e delle altre leghe di rame hanno conseguito una crescita del 16,6% rispetto al 2001, mentre i getti di ottone e zinco hanno subito rispettivamente una flessione dell' 1,3% e dell'8,2%.
In generale, il basso valore dei prodotti di fonderia e l'elevata incidenza dei costi di trasporto hanno spesso limitato a livello nazionale il mercato dei prodotti di fonderia.
Nel corso dell'ultimo decennio il mercato dei getti di fonderia si è allargato considerevolmente, grazie alle nuove tecnologie informatiche, che hanno facilitato i contatti tra fornitore e committente superando le distanze.
Per i prodotti di fonderia questa situazione ha consentito alle esportazioni di raddoppiare nell'arco degli ultimi dieci anni, raggiungendo circa il 18% della produzione totale, e alle importazioni di triplicare e di rappresentare il 26% della produzione complessiva.

I getti di leghe di rame prodotti nel 2002 ammontano a 110.000 t, in calo del 3,9% rispetto all'anno precedente. Due i motivi principali di questo risultato negativo: l'andamento stagnante del settore delle costruzioni ma, ancora più grave, la forte concorrenza dei produttori dell'estremo oriente, cinesi in testa, nel mercato del valvolame e della rubinetteria.
Anche per i getti di zinco il 2002 e stato un anno negativo. La produzione di 79.600 t e in calo dell'8% sull'anno precedente. Come per i getti di rame le motivazioni di questa contrazione si devono alla robusta concorrenza dei paesi emergenti, anche qui prevalentemente della Cina e dell'est europeo, soprattutto nei mercati della rubinetteria, del manigliame e dei casalinghi. Stabile il fabbisogno dell'industria dei mezzi di trasporto nonostante le sostituzioni in alcune applicazioni con altri materiali concorrenti.
Continua l'espansione delle applicazioni dei getti di magnesio ed altre leghe con una produzione di getti pari a 11.900 t.

Il comparto udinese

Sono state analizzate 7 entità produttive significative sia per numero di addetti che per produzione: il comparto udinese delle fonderie di metalli ferrosi comprende nel 95 circa 350 addetti rispetto ai 23.000 presenti in Italia. In particolare le unità produttive di questa provincia con oltre 17000 t di getti in acciaio per anno (componenti in acciaio al manganese con prestazioni antiusura destinati soprattutto all'industria estrattiva) forniscono il 20% della produzione italiana con la produzione realizzata in due fonderie del comparto; un'altra fonderia del comparto fornisce una quota pari al 10 % degli acciai destinati all'industria delle valvole.
In Tabella 1.3. vengono riportate in maniera dettagliata le caratteristiche produttive delle realtà del comparto.

Tabella 1.3. Principali caratteristiche delle aziende del comparto udinese indagato

DITTA	addetti	tipologia forno	capacità (t) diam. (mm)	potenzialità (t/h)	produzione t/1995	prodotto	settore
FAR	130	2 rotativi	5	1,5	11300	Acciaio austenitico al Mn Pezzi singoli (35%) Piccole serie (65%)	Componenti per rivestimento di mulini destinati all'industria estrattiva e mineraria
GB BERTOLI	54	1 elettrico ad arco	5		2850	Acciai al Mn (80%) Acciai speciali (20%) Pezzi singoli (10%) Piccole serie (90%)	Componenti per rivestimento di mulini destinati all'industria estrattiva e mineraria
FAREM	49	1 elettrico ad arco	10	4	3160	Acciai da costruzione uso generale (89%) Acciai speciali (7%) Acciai al Mn (4%)	Componenti per industria meccanica, siderurgica, navale Componenti per macchine movimento terra, valvole
TAMI & PETREI	16	2 cubilotti	800 700	3 2	1240	Ghisa grigia 70% Ghisa sferoidale 10% Ghise legate 20%	Getti per l'industria motoristica, impianti siderurgici, per il comparto edile (es. chiusini) Componenti macchine utensili
FUSA	40	2 cubilotti	900	8	4000	Ghisa grigia	Elementi per corpi caldaia Componenti per officine meccaniche e tessile
FONTANINI	29	11 crogioli 3 rotativi	5 x 0,5 1 x 1,8 3 x 1 2 x 0,8 2 x 3 1 x 1,2		500	Ottoni, bronzi e leghe di Al Pezzi singoli (50%) Piccole serie (50%)	Bronzine, boccole, bussole, per industria siderurgica, navale, meccanica, comunicazioni
FRIULCENTRIFUGA	11	4 crogioli 2 elettrici	3 x 4,5 1 x 1,8 3 1		330	Ottoni, Bronzi e leghe di Al Pezzi singoli (20%) Piccole serie (50%) Grandi Serie (30%)	Componenti per officine meccaniche e navali

Le aziende del comparto realizzano sostanzialmente un ciclo produttivo completo in cui anche le lavorazioni più critiche, quali rifacimento refrattari e finitura getti, vengono effettuate da parte del personale dipendente.
Per quanto riguarda le anime tutte le aziende acquistano una quota più o meno significativa all'esterno (dal 20 al 100%); in una sola entità è presente un'ulteriore lavorazione di assemblaggio, lavorazioni meccaniche e verniciatura dei getti, mentre una sola azienda fa eseguire le operazioni di finitura getti da altra ditta.

All'interno del comparto studiato possiamo ricondurre l'organizzazione del lavoro nelle diverse entità produttive a due tipologie di strutturazione.
Nel primo gruppo, si collocano le aziende con il maggior numero di addetti e con la produzione più elevata. Ciascuna mansione è specifica e definita; l'unica mobilità rilevata è quella relativa alle mansioni di capi turno o jolly di reparto.
Le produzioni di queste aziende sono soprattutto grandi serie di prodotti, per lo più con ordini costanti e ripetuti nel tempo, tipici di particolari nicchie di mercato che si sono create nel comparto della fonderia di seconda fusione a seguito dei mutamenti tecnologici avvenuti nel corso degli anni. In queste entità esiste una programmazione della produzione a lungo termine con scadenze ben precise.
L'orario di lavoro è organizzato su due turni (06-14 e 14-22) vista la necessità di utilizzare in maniera elevata gli impianti per rispondere alle esigenze produttive e limitare parte dei costi energetici. Soltanto un'entità produttiva completa i turni giornalieri anche con uno notturno ed è quella con più addetti e la maggior produzione.
Nel secondo gruppo, si collocano le aziende con minore produzione e minor numero di addetti. La mansione non è più specifica. In questi casi l'attività viene gestita e definita temporalmente dal capo reparto in funzione della tipologia degli ordini e della particolarità della produzione.
Si segnala una entità dove accanto a una consistente mobilità si assiste a un radicale cambio mansione tra la mattina e il pomeriggio di tutti gli addetti a esclusione di quelli dell'area finitura.
In questo secondo gruppo le produzioni sono in gran parte piccole serie e pezzi singoli con una programmazione del lavoro a breve termine che impone tutta una serie di aggiustamenti momentanei, da cui deriva la necessità di attuare la mobilità interna prima evidenziata. L'orario di lavoro è su un unico turno giornaliero.
Le tipologie produttive osservate nel comparto udinese sono riconducibili allo schema a blocchi (Figura 2.1 del successivo Capitolo). La fase di trattamento termico è destinata solo agli acciai austenitici al manganese.

Negli anni 1994-1995 a seguito di una consistente ripresa del mercato, le produzioni si sono rivolte specialmente verso la realizzazione di grandi e piccole serie mentre, a causa della concorrenza dei paesi dell'Est, le realizzazioni tramite conchigliatrice o con bassa tecnologia vanno gradualmente scomparendo.
Nonostante il positivo trend di mercato degli ultimi anni, solamente in poche entità produttive si è riscontrato parallelamente uno sviluppo tecnologico. In gran parte delle realtà si è continuato a produrre con i vecchi impianti o utilizzando impianti dismessi da altre entità produttive italiane o estere.
All’inizio del 2005 risultano chiuse tutte le fonderie di ghisa e una fonderia di acciaio, mentre una fonderia di metalli non ferrosi, dopo alterne vicissitudini e chiusure, attualmente è stata riaperta. In quest’ultima, rispetto al passato, la produzione è stata limitata unicamente alla fase di fusione e centrifugazione del fuso; tutte le lavorazioni meccaniche quali tornitura, fresatura sono state appaltate all’esterno.
L’andamento degli addetti e della produzione nel corso degli anni è stato riassunto nella Tabella 1.4. Osservando l’evoluzione si può ritenere che siano rimaste attive le unità in grado di rispondere in modo specializzato e competitivo alla domanda del mercato.

Tabella 1.4. Comparto udinese. Andamento occupazionale e produttivo

Anno 1995			**Anno 2004**		
Ditta	addetti	t/anno	Ditta	addetti	t/anno
FAR	130	11300	FAR	196	14500
GB BERTOLI	54	2850	GB BERTOLI	chiusa	chiusa
FAREM	49	3160	FAREM	49	2600
TAMI&PETREI	16	1240	TAMI&PETREI	chiusa	chiusa
FUSA	40	4000	FUSA	chiusa	chiusa
FONTANINI	29	500	FONTANINI	5	500
FRIULCENTRIFUGA	11	330	FRIULCENTRIFUGA	16	260
TOTALE	**329**	**23.380**	**TOTALE**	**266**	**17.860**

1.5. La realtà infortuni

I dati infortunistici interessano 14 aziende del comparto inserite nel contesto lombardo e della provincia di Udine: la capacità produttiva e la produzione di queste fonderie risulta pari all'8% del totale italiano; lo sfruttamento della capacità produttiva disponibile, nel periodo dia cui si riferiscono i dati infortunistici, è stato del 77%.
La raccolta dei dati ha coinvolto il 4% degli addetti occupati dipendenti delle unità produttive del comparto.
Il campione riferito a questa attività mostra, per tutti gli anni, indici di frequenza più elevati rispetto ai rispettivi indici riferiti all'intero comparto metallurgia.
Negli ultimi anni si osserva un progressivo contenimento della frequenza.
La gravità del fenomeno è parzialmente controbilanciata dalla minore durata media degli infortuni che si traduce in un indice di gravità allineato con quello dell'intero comparto metallurgia.

Tabella 1.5. Comparto FONDERIE. Sintesi dati infortunistici
(capacità produttiva: 260000 t di getti; 201000 t di getti prodotti nel 2003)

numero aziende	anno	addetti	infortuni	mortali	giorni infortunio	ore lavorate	IF	IG	durata media (gg)
14	1999	1443	303	0	5136	2313208	**131**	**2,22**	**17**
14	2000	1390	298	2	5053	2330612	**128**	**2,17**	**17**
14	2001	1420	275	0	5085	2330155	**118**	**2,18**	**19**
14	2002	1410	246	0	4744	2328744	**106**	**2,04**	**19**
14	2003	1289	213	0	4703	2106064	**101**	**2,23**	**22**

Infortuni riferiti esclusivamente agli addetti dipendenti delle unità produttive del comparto fonderie
IF: indice di frequenza degli infortuni (numero infortuni x 1000000 / ore lavorate)
IG: indice di gravità degli infortuni (giorni infortunio x 1000 / ore lavorate)

Con riferimento al comparto udinese viene presentata un'immagine sintetica riferita a tutti gli infortuni indagati per un periodo di sette anni: gli infortuni sono distinti in base alla fase di lavorazione (Figura 1.1), evidenziando gli infortuni che si ripetono con modalità ripetitive (Figura 1.2), cioè quelli da ritenere più specifici dell'attività di fonderia.

Figura 1.1. Comparto fonderie udinese (350 addetti). Infortuni distinti per fase di lavorazione

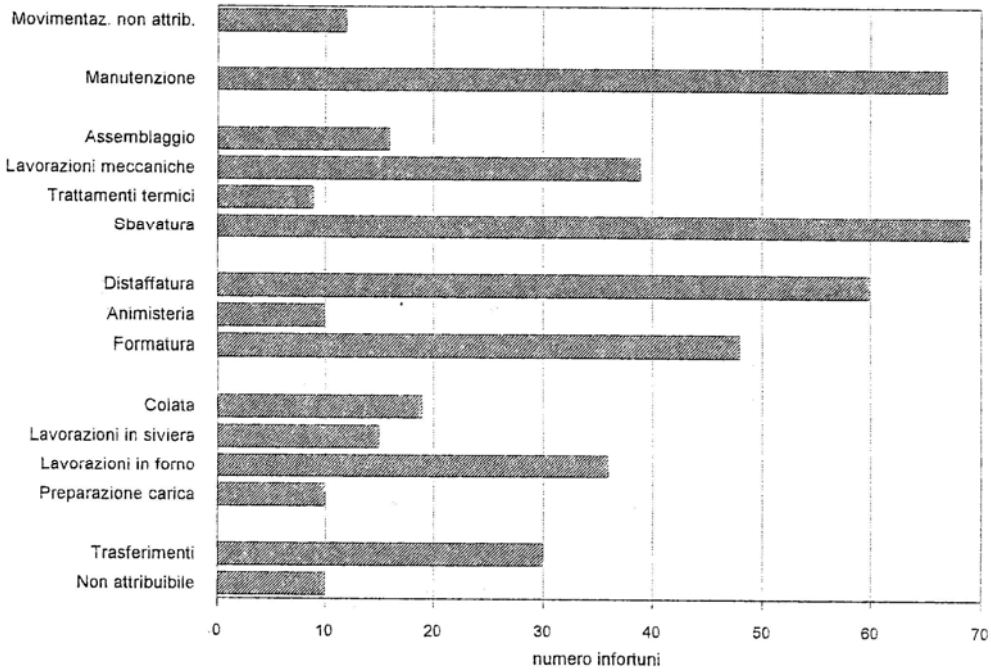
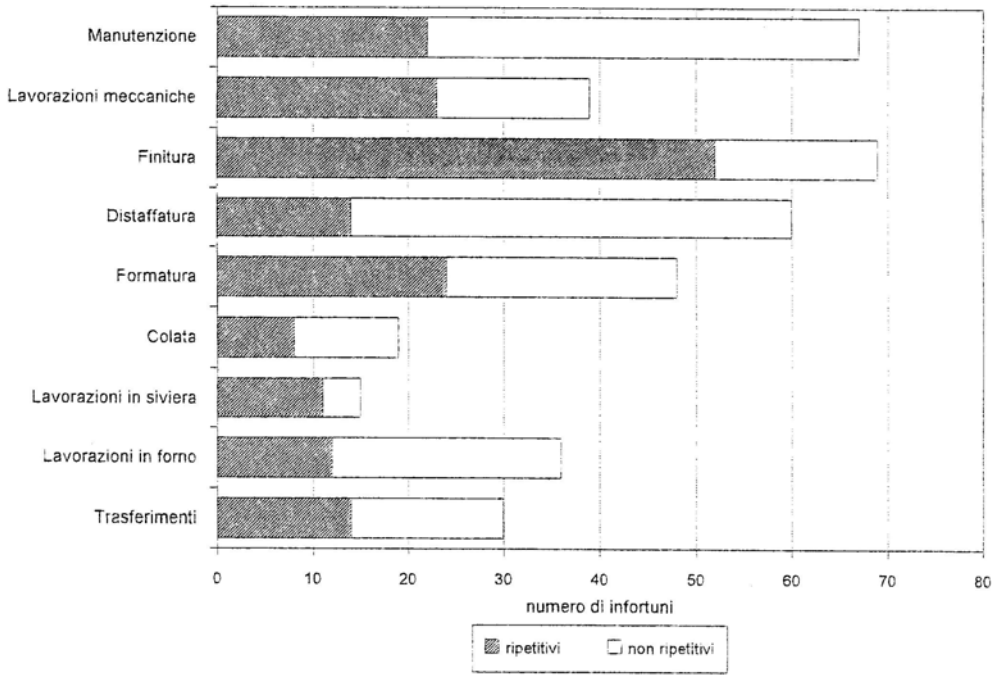


Figura 1.2. Comparto fonderie udinese (350 addetti). Infortuni avvenuti con modalità ripetitive



1.6. Le malattie professionali

Si rinvia alle sintesi già presentate nel precedente Capitolo "*Presentazione e struttura comparto metallurgia*".
Si tenga conto della mobilità lavorativa degli esposti fra le diverse attività.

FONDERIE DI LEGHE FERROSE E NON FERROSE

CAPITOLO 2
INDIVIDUAZIONE DEL CICLO DI LAVORAZIONE

2.1. Descrizione sintetica
2.2. Schema a blocchi, materie prime, materiali ausiliari, sottoprodotti, prodotti
2.3. Fattori di rischio lavorativo
2.4. Impatto e rischio ambientale

2.1. Descrizione sintetica

Le fonderie costituiscono un comparto estremamente differenziato, dove convivono modalità di lavoro artigianali e manuali con meccanizzazione e automazione.
In questo contesto risulta complesso proporre una lettura dell'attività produttiva che possa essere valida per tutte le tipologie: in questo profilo di rischio si è scelto di sottolineare gli aspetti riferiti alle fonderie che operano con forme temporanee e di osservare alcune significative realtà produttive dove leghe non ferrose sono solidificate con la tecnologia della pressofusione.
Risulta ugualmente difficoltoso suggerire, scegliere, imporre soluzioni di bonifica che siano applicabili in tutte le unità produttive e risultino ugualmente efficaci nella mitigazione dei rischi.

Lo schema in Figura 2.1 identifica le operazioni fondamentali per produrre getti; queste fasi di lavorazione sono riferite alla produzione di getti in ghisa, comunque una analoga sequenza di operazioni è generalizzabile per la maggioranza degli altri materiali metallici, con varianti significative riferite alle fasi di formatura e di colata. Si possono distinguere due gruppi di lavorazioni:

- le lavorazioni realizzate in sequenza destinate a preparare il metallo fuso, le forme all'interno delle quali solidificarlo, a estrarre il getto solidificato e su questo effettuare operazioni di finitura: queste attività sono riferite al *normale funzionamento* degli impianti e a tutte le operazioni ausiliarie connesse;
- al di fuori della sequenza ordinata sono indicate le fasi di lavorazione e le operazioni comunque condotte nel comparto e che possono coinvolgere in misura più o meno impegnativa l'intero ciclo di lavorazione: è possibile osservare che queste attività si riferiscono principalmente a *eventi non continuativi* (realizzati spesso fisicamente in altro luogo rispetto alla posizione degli impianti di processo), interventi in alcuni casi implicati da *malfunzionamenti e/o incidenti* della normale attività di lavorazione.

La costruzione di un profilo di rischio risulta estremamente più semplice, e negli anni ha avuto maggiore consolidamento, con riferimento alle attività implicate dal flusso fisico della lavorazione, che vede la materia prima assumere successive modificazioni fino a diventare prodotto finito di questa attività.
Più complesso, data la variabilità degli interventi coinvolti, le modalità organizzative del lavoro e le persone diverse coinvolte, identificare un profilo di rischio per le attività collaterali al normale funzionamento dell'attività metallurgica.

Fusione
Con tale processo cariche allo stato solido (leghe derivanti da precedente solidificazione oppure rottami metallici derivanti da lavorazioni industriali o da post-consumo) vengono portate alla temperatura di *colata*.

Modelleria
Consiste nella preparazione dei *modelli* che riproducono i getti: vengono utilizzati per dare l'impronta alle forme che accolgono il metallo (questa attività viene svolta da attività specializzate esterne alla fonderia, anche nella produzione di modelli destinati ad altri settori):
modelli in legno, preparati con lavorazione di falegnameria, adatti per piccole-medie serie di getti, per i quali non sono richieste ristrette tolleranze dimensionali;
modelli in metallo, preparati con lavorazioni di asportazione eseguite con macchine utensili o con elettroerosione, per getti di medie-grandi serie;
modelli in materiale plastico, preparati per stampaggio mediante forme e controforme, oppure mediante lavorazioni di asportazione a partire da un blocco rigido;
modelli in materiale plastico espanso, la cui economicità è evidente soprattutto quando sono impiegati per la produzione di getti in piccole serie.

Formatura (preparazione della forma)
Il metallo fuso viene colato e fatto solidificare entro *forme temporanee* (forme in terra realizzate con diverse tecniche, che vengono poi demolite) oppure in *forme permanenti* (conchiglie metalliche), eventualmente iniettando il metallo in pressione (pressofusione) ottenendo, mediante *colata*, un pezzo di forma definita, chiamato getto.
I *getti in sabbia* si utilizzano nel caso di metalli a elevata temperatura di fusione (acciaio, ghisa, bronzo, ma anche alluminio) e consistono nel colare il metallo per gravità all'interno di una forma in sabbia da fonderia (forme

temporanee, da demolire dopo la solidificazione). La prima fase è quella della formatura, cioè la realizzazione dello stampo, compattando la sabbia refrattaria attorno a modelli, che hanno la forma del getto che si vuole ottenere e che vengono rimossi prima della colata, cioè dell'introduzione di metallo fuso; nel caso sia necessario mantenere delle cavità all'interno del getto vengono posizionate delle *anime*, cioè degli inserti in materiale refrattario, da rimuovere dopo la solidificazione del metallo. Altre tecniche di formatura prevedono l'impiego di forme realizzate in materiale polimerico espanso (*lost foam*), materiale che viene trasformato in prodotti gassosi dall'inserimento del liquido durante la colata oppure l'impiego di forme in cera (*formatura a cera persa*).
I *getti in conchiglia* vengono realizzati colando per gravità un metallo liquido a bassa temperatura di fusione in stampi in acciaio (forme permanenti). Si evita l'incollaggio del getto allo stampo mediante l'utilizzo di opportuni agenti distaccanti applicati sulla sua superficie. La prerogativa principale di questo processo di colata è costituita dall'alta velocità di raffreddamento del metallo. Si ottiene una migliore precisione e finitura superficiale rispetto ai getti in sabbia.

Animisteria
Quando il getto presenta delle parti interne cave o di particolari non realizzabili con la formatura, è necessario inserire una forma, chiamata *anima*, che riproduce nel dettaglio la parte cava del getto. Questo inserto viene poi disgregato una volta solidificato il getto.
Generalmente le anime, dovendo sopportare condizioni più gravose, sia durante la loro manipolazione, sia durante la solidificazione del getto, vengono preparate agglomerando sabbia con leganti chimici organici.

Colata
Si distinguono diverse tecniche in base alle modalità con cui il metallo fuso viene introdotto nella forma e dalle condizioni con le quali viene fatto solidificare:
colata per gravità: è la procedura tradizionale realizzata versando il metallo nella forma;
colaggio in pressione (pressofusione): il metallo liquido viene portato in pressione mediante pistoni o aria compressa in una camera di compressione e quindi iniettato nella forma, che necessariamente, per poter contenere gli sforzi, è in metallo. I getti ottenuti per pressofusione soddisfano generalmente elevate esigenze di qualità e di precisione dimensionale: le superfici si presentano lisce ed esenti da porosità e la struttura cristallina è a grano fine;
colaggio centrifugo: il metallo fuso viene colato in una forma rotante che lo sottopone a una forza centrifuga durante la solidificazione.
All'atto della solidificazione quasi tutti i materiali metallici subiscono una diminuzione di volume. Per compensare la variazione di volume, prima della completa solidificazione, si realizzano opportuni alimentatori, detti *materozze*, la cui funzione è quella di accogliere del metallo fuso e alimentare il getto che, solidificando, subisce una contrazione volumetrica.

Distaffatura
Nel caso di forme da demolire, a solidificazione avvenuta, si procede a estrarre il getto dalla staffa di contenimento e dalla terra circostante.
Normalmente questa operazione viene effettuata con sistemi di espulsione su una griglia vibrante.
La terra viene raccolta con nastri sottostanti il distaffatore e convogliata alla rigenerazione (rottura delle zolle, separazione delle parti metalliche e dei residui delle anime, vagliatura) e al successivo reimpiego.

Finitura
I residui grossolani di terra vengono eliminati con una operazione di granigliatura.
Si procede quindi al distacco dei canali di afflusso del metallo al getto e le materozze (*smaterozzatura*), cioè le ramificazioni predisposte per garantire la solidificazione del getto senza difetti, e a una successiva sbavatura per rimuovere le bave formatisi durante la solidificazione.

Le lavorazioni di fonderia possono essere inoltre caratterizzate in base alla presenza di processi più o meno meccanizzati e/o automatizzati (principalmente linee di medie-grandi serie per lavorazioni effettuate in proprio o per conto terzi) e anche da una più o meno elevata manualità nell'esecuzione delle varie fasi: è questo il caso di getti aventi grosse dimensioni realizzati in piccole serie o di esemplari unici.

Le materie prime utilizzate e i materiali ausiliari, i materiali prodotti e i sottoprodotti sono suddivisi per le diverse aree di lavoro e presentati nella Tabella 2.1.

2.2. Schema a blocchi, materie prime, materiali ausiliari, sottoprodotti, prodotti

Figura 2.1. Schema a blocchi fonderia: principali fasi di lavorazione e relazione fra le fasi
In grigio sono indicate le fasi di lavorazione presenti solo in alcune unità produttive

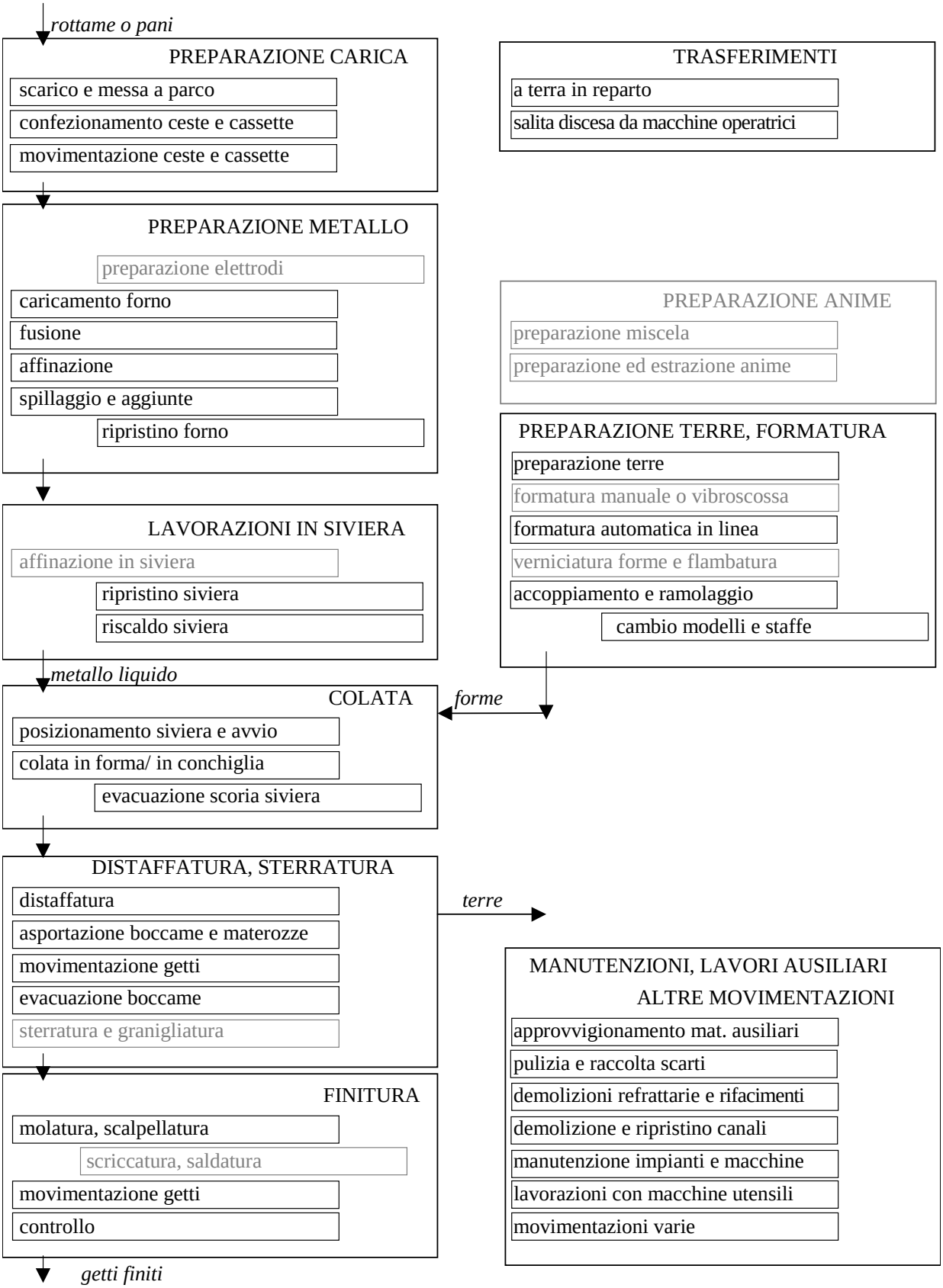


Tabella 2.1. Materie prime, materiali ausiliari, sottoprodotti, prodotti del comparto fonderia

Materie prime *Materiali ausiliari ed energetici*	Sottoprodotti	Prodotti
AREA FUSIONE PREPARAZIONE CARICA PREPARAZIONE METALLO LAVORAZIONI IN SIVIERA		
rottame pani di ghisa pani di metalli non ferrosi *ferroleghe* *calcare* *ossigeno* *scorificanti (fluoruri, fluosilicati, metalli alcalini-terrosi, cloruri)* *affinanti (sodio, titanio, stronzio, zirconio)* *degasanti (azoto, argon, CO_2, cloro)* *energia elettrica, metano, gasolio* *refrattari* *elettrodi in grafite* *polveri di coperrtura* *acqua di raffreddamento*	scorie da fusione scorie da affinazione materiale di demolizione	metallo fuso: ghise acciai leghe Cu, Al, Sn, Pb, Zn
AREA FONDERIA PREPARAZIONE ANIME PREPARAZIONE TERRE, FORMATURA		
sabbia silicea sabbia di olivina sabbia prerivestita *distaccanti* *resine (fenoliche, fenolo-formaldeide, fenolo-isocianiche, poliestere-isocianiche, furaniche, fenolica-alcalina, epossidiche, acricliche, fenoliche-alcaline, urea-fenoli formaldeide, resolo, olio), silicati* *catalizzatori (acido solfonico e suoi derivati, ammine, esteri, gas SO_2, CO_2), sali di ammonio.* *vernici per refrattari*	terre di recupero scarti di anime	Forme in materiale refrattario Anime in sabbia
AREA FONDERIA COLATA		
metallo fuso *forme in materiale refrattario* *anime in sabbia* *polveri di copertura* *distaccante siliconico (pressocolata)*	scorie	getti
AREA FINITURA DISTAFFATURA, STERRATURA FINITURA		
getti *graniglia metallica* *dischi abrasivi* *elettrodi* *oli lubrorefrigeranti* *vernici antiruggine*	Materozze sfridi di finitura scarti di produzione	corpi caldaie; componenti per industria estrattiva, mineraria, siderurgica, navale, edile, tessile e meccanica; bronzine, boccole e bussole per industria navale, meccanica e comunicazioni

segue Tabella 2.1. Materie prime, materiali ausiliari, sottoprodotti, prodotti del comparto fonderia (fasi successive di lavorazione dei getti)

Materie prime *Materiali ausiliari ed energetici*	Sottoprodotti	Prodotti
TRATTAMENTI TERMICI		
Getti *Metano* *Materiali refrattari*	Materiali di demolizione	Getti (struttura di solidificazione modificata)
CONTROLLO		
Getti *Liquidi penetranti*	Getti difettati non recuperabili (al riciclo interno)	Getti (struttura di solidificazione modificata)
MANUTENZIONE STAMPI		
Stampi metallici *Ghiaccio secco (CO2)* *vernice*		

Dai materiali utilizzati ai rischi potenziali

Nel precedente Tabella 2.1 sono identificati i materiali utilizzati nelle lavorazioni, organizzati per tipologie e aree di impiego.
Considerando la complessità e la presenza di prodotti di combustione e di degradazione termica che derivano dal contatto con il materiale fuso, la matrice (Tabella 2.2) evidenzia le sostanze che si possono sviluppare sulla base di informazioni riportate nelle schede di sicurezza, di rilevazioni effettuate e ai dati di letteratura, quindi permette di ottenere indicazioni preliminari rispetto ai rischi potenziali di tipo chimico in ambiente di lavoro per gli addetti.
Questi materiali, identificati con un numero, sono ulteriormente caratterizzati con le diverse denominazioni commerciali (Tabella 2.3), comprendendo quelli utilizzati nel periodo d'indagine dalle ditte del comparto.

Tabella 2.2. Rischi potenziali di tipo chimico in relazione ai materiali utilizzati

	AREA FUSIONE	Fe_2O_3	PbO	MnO	CuO	NiO	Cr_2O_3	H_2S	CaF_2	CaO	MgO	SiO_2	P_2O_5	Fenolo	IPA
	Rottame ferroso	❖●	❖●	❖●								□			❖
	Leghe non ferrose		❖●		❖●	❖●						□			❖
1	Materiali refrattari (tappi, setti)									●	●	❖●			
2	Calcare											□			
3	Polvere di copertura	●										❖●		❖	
4	Refrattario siviera (pigiata)	❖●					❖●			●	●	❖			
5	Refrattario forno (pigiata)	❖●					❖●			●	●				
6	Refrattario per manutenzione	❖●								❖●	❖●	❖●			
7	Refrattario forni e siviera									❖●	❖●	❖●	❖●		
8	Mattoni refrattari									●	●				❖●
9	Tubi asta per siviera	●													
10	Polvere di coke														❖●
11	Fluorite	□							❖●			❖●			
12	Olio combustibile							❖							❖

	AREA FONDERIA	Fe_2O_3	MgO	Cr_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	CO_2	Esteri	Solventi organici	Fenolo	Alcoli	Oli minerali
13	Resine alcaline						❖			❖●		
14	Catalizzatore per resina						❖	●		❖		
15	Sabbia di olivina	❖●	●			❖●						
16	Sabbia di cromite	❖●	●	❖●	●	❖●						
17	Sabbia silicea					❖●						
18	Sigillante per staffe					❖●						●
19	Indurente							●		❖●		
20	Solvente per impasto refrattari								●		●	
21	Distaccante						●	❖●	●			
22	Soluzione per flambatura									❖●	❖●	
23	Manicotti				●	●				❖●		
24	Bentonite					❖●						
25	Polvere copertura				●	❖●		●		❖●		
26	Anime					●						
27	Vernice per anime					❖●				❖●		
28	Canalette		●		●	❖●						

	AREA FINITURA	Fe_2O_3	CaO	TiO_2	SiO_2	Esteri	Ammine	Oli	Glicoli	NOx,C	IPA
29	Mattoni refrattari T.T.	❖●									
30	Refrattario forno T.T.	❖●	❖●	❖●	❖						
31	Dischi molatura			❖●							
32	Elettrodi di grafite	❖			❖					❖	
33	Olio lubrificante						❖●	●			❖
34	Olio per taglio							●	❖●		❖
35	Fluidi lubro-refrigeranti					●	❖●				

❖ si sviluppa durante il ciclo produttivo
● contenuto nella materia prima
□ dipende dalla purezza

Tabella 2.3. Produttore e denominazione dei materiali utilizzati nel comparto udinese

Materia prima Materiale ausiliario	*Produttore*	Denominazione Commerciale
AREA FUSIONE		
1	*Minteq*	Cast 18 LC
2		Calcare
3	*Jodovit*	Calcinax Grigia
4	*Unitara* *Unitara*	Kerlite 120M Kerlite F160T
5	*Dolomite Franchi*	Pentasol S Pentasole 0-15 Pentaplast
6	*Eredi Scabini* *Eredi Scabini* *Siderrefrattari* *Unitara* *Unitara* *Dolomite Franchi*	Al Cast 165M Al Vibe 165 ML SG 80D Kergum M32 Trimor Midcast Pentaram
7	*Minteq*	Q Tab 96 Snorcast Guntapite 582 Solo Flow Cast 30/60 Insulcrete 22 Q Crete 32/70
8	*Dolomite Franchi* *Dolomite Franchi* *Pliref*	Pentabrick T1 Pentabrick T5 Extra 80
9	*La Prealpina*	Tubi asta siviera
10	*Ve-Ri*	Coke metallurgico
11	*Teknosider*	Fluoruro di calcio
12		Olio combustibile denso

Materia prima Materiale ausiliario	*Produttore*	Denominazione Commerciale
AREA FONDERIA		
13	*Satef*	Sinotherm A2
14	*Satef*	Aktivator A 10 Aktivator A 15 Aktivator A 20
15	*Satef*	Olivina
16	*Satef*	Cromite
17	*F.lli Mazzon* *Edilfond* *Collaif*	Vertogum B 33 R Gelfond e Hardfond Agglomerante L/52
18	*Satef*	Cordoflex

19	*F.lli Mazzon*	Trangum
20	*F.lli Mazzon*	Tecnosolo ET11 Foundrisol TAU
21	*F.lli Mazzon*	PO - 64 Air Vest Metal
22	*F.lli Mazzon*	Foundrylac MGT/117/B Foundrylac grafit
23	*Prometal* *Prometal* *Jodovit* *Jodovit*	Esocalor Esocalor 100 Volumix ex Volumix AC
24	*Imic* *Imic* *Covenaghi* *Edilfond*	Bentonite Natroben 25 Amidine Gelmix MB
25	*Jodovit*	Termix S
26		Anime Esterne
27	*F.lli Mazzon*	Foundrylac Zirconio C/740
28	*La Prealpina*	Alpea
29	*Nuova Sirma* *Nuova Sirma* *Geern fire* *Unistara*	Sirrate LC 85 Keralne Calor CA RI 123 Green Mull NV Fiberfrax
30	*Eredi Scabini*	Al Vibe 165 ML Cast Lite Super Cast Lite 4A

Materiale ausiliario	***Produttore***	**Denominazione Commerciale**
AREA FINITURA		
31	Norton Tyrolit Camfart Bianchet Bianchet	*Dischi Norton* *Dischi Tyrolit* *Dischi Camfart* *Mole Corindone Rosa* *Mole con agglomer. vetrificato*
32	Bianchet	*Jetrods Jointed Eletrods*
33	IP	*Termus Sirius*
34	IP	*Lyra E*
35	Sinnol	*Sinol K1*

2.3. Fattori di rischio lavorativo

Nell'attività di fonderia sono individuabili numerosi fattori di rischio di varia natura.
La sintesi riportata nella Tabella 2.4 non elenca tutti i rischi, ma seleziona solo quelli che si sono rilevati come evidenti nelle indagini condotte e ha la funzione di indicare le priorità di rischio presenti nel comparto. In particolare, per quanto concerne i rischi infortunistici, si è fatto riferimento alle informazioni ricavate dalla raccolta dati condotta e dalle specifiche indagini disponibili per alcune realtà produttive.

L'organizzazione del lavoro dell'attività di fonderia dipende in misura importante dal grado di automazione dell'impianto, che incide in misura importante rispetto alla necessità di presenze continue durante il normale funzionamento all'esterno delle postazioni protette. Nelle configurazioni più avanzate si osservqano condizioni simili a quelle dell'attività meccanica automatizzata, in quanto l'attività è organizzata per isole di lavorazione dove sono inserite macchine il cui funzionamento è governato da elaboratore e manipolatori che provvedono al trasferimento del getto in lavorazione fra le diverse unità lavorative.
In queste configurazioni l'attività dell'addetto può limitarsi alla programmazione, alla sorveglianza ed eventualmente al prelievo di prodotti destinato a prove di qualità e certificazione, eventualmente sviluppata con riferimento a più isole di intervento.
Parallelamente si osservano realtà produttive in cui l'attività prevede un importante impegno fisico e dove sono assenti o inserite solo per alcune lavorazioni (formatura, distaffatura, smaterozzatura, finitura) ausili meccanizzati che sostituiscono o affiancano l'intervento manuale degli addetti.
Comunque, in ogni caso, la presenza degli addetti è richiesta per tutte le operazioni preliminari e contemporanee di interventi determinati da inconvenienti e da manutenzione, che possono sovrapporsi al funzionamento di una sezione dell'impianto o di una linea parallela.
La maggioranza del personale esterno svolge la propria attività con funzioni di manutenzione e di ristrutturazione, operando con modalità che possono variare in misura significativa e quindi con un profilo di rischio che è sovrapponibile alle analoghe operazioni svolte da personale interno, attività sviluppate generalmente anche durante il funzionamento degli impianti. Per quanto concerne l'attività di ristrutturazione e di installazione si determina un profilo di rischio tipico dell'attività di costruzione, che rimandiamo a documenti più specifici, e all'attività di funzionamento degli impianti, realizzato in genere con modalità che vedono affiancato il personale esterno e i dipendenti che dovranno poi condurre le nuove installazioni.

Rischi di tipo trasversale

Con questa definizione vengono considerati i rischi per la sicurezza e la salute da ricondurre, in termini sintetici, al rapporto tra l'operatore e l'organizzazione del lavoro.
Per il comparto fonderia alcuni di questi assumono un ruolo evidente.

<u>Stabilità della propria occupazione</u>
Questo comparto ha subito recenti e significativi ridimensionamenti occupazionali, legati sinteticamente a motivazioni che derivano dal mercato del lavoro e da motivazioni da ricondurre all'evoluzione tecnologica e impiantistica. La precarietà mina il rapporto di fiducia e le motivazioni di chi può essere coinvolto in queste dinamiche.

<u>Lavoro in continuo, sistema di lavoro a turni, lavoro notturno</u>
Nelle situazioni osservate l'attività di fonderia viene condotta con turnazioni continue riferite normalmente a 5 giorni lavorativi nella settimana (15 turni/ settimana), oppure con un'attività lavorativa concentrata in 1 turno giornaliero, oppure 2 turni (generalmente 6-14, 14-22): l'attività notturna si limita in questi casi al mantenimento dei forni destinati alla fusione.
Il sistema di lavori a turni e, parzialmente, il lavoro notturno sono quindi legati alle scelte produttive condotte nelle diverse realtà produttive.
Nel comparto esaminato normalmente un turno di lavoro viene mantenuto per una settimana.

Presenza di numerose imprese esterne
Questa condizione rende meno semplice l'organizzazione del lavoro e implica, per alcune attività, un quadro di intervento che può diventare particolarmente complesso soprattutto per gli aspetti organizzativi.
Gli aspetti quantitativi riferiti all'attività di fonderia sono stati esaminati nel Capitolo 2 "Rischi riferiti a tutto il comparto".
Gli aspetti di prevenzione implicati vengono sviluppati nel Capitolo 8 "Soluzioni riferite a tutto il comparto".

Intensità e responsabilità della mansione
Monotonia e ripetitività del lavoro
Nell'attività di fonderia possono essere osservate condizioni di impegno con caratteristiche fortemente divergenti e anche opposte.
Da una parte mansioni che implicano un'elevata responsabilità che coinvolge, oltre che i risultati produttivi, anche la sicurezza degli impianti, nonché in primo luogo la propria sicurezza e quella dei colleghi di lavoro: fra queste mansioni vanno segnalate quelle che prevedono il trasferimento del metallo fuso.
Altre operazioni implicano lavori da effettuare manualmente e comportano principalmente fatica fisica: fra queste possono rientrare gli interventi di distaffatura, che possono implicare condizioni di stress termico e di precarietà per quanto concerne le posizioni di lavoro.
La ripetitività è implicata in modo specifico per alcune operazioni realizzate in particolare dagli addetti alla finitura manuale delle anime, alla formatura meccanizzata, al ramolaggio, infine alle operazioni di finitura dei getti effettuate con utensili manuali.

Condizioni climatiche esasperate
Nell'attività di fonderia si individuano alcune significative operazioni effettuate in presenza di calore radiante significativo; in particolare occorre ricordare gli interventi di governo dei forni, di travaso del metallo, di colata, nonché gli interventi richiesti in caso di malfunzianamento che possono richiedere impegno in posizioni critiche, da condurre in tempi rapidi per evitare sospensione prolungata dell'attività.

2.4. Impatto e rischio ambientale

Gli impianti di fonderia rientrano nelle categorie di attività industriali soggette al decreto legislativo n. 372 del 4 agosto 1999. Con la pubblicazione del Decreto 31 gennaio 2005 si ha l'emanazione delle linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecnologie disponibili.
Prende quindi forma ufficiale il nuovo quadro di controllo rivolto a evitare oppure, qualora non sia possibile, ridurre le emissioni che si determinano nell'aria, nell'acqua, nel suolo cioè gli impatti ambientali con riferimento al normale funzionamento dell'attività di produzione.

Le lavorazioni della fonderia non rientrano fra le attività nel campo di applicazione del D.P.R. del 17/05/1988 n°175, "Attuazione della direttiva CEE n° 82/501, relativa ai rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali, ai sensi della legge 16 aprile 1987, n. 183", recepimento italiano della Direttiva denominata 'Seveso', e delle successive integrazioni.
Mancando infatti nel ciclo produttivo l'impiego di sostanze classificate pericolose in quantitativi significativi, non è obbligatorio per l'esercente presentare un rapporto di sicurezza secondo le linee guida di cui al DPCM 31/03/89, che in funzione della complessità del caso sono denominati Notifica o Dichiarazione.
Si può ritenere che gli impianti di fonderia di metalli ferrosi e non ferrosi non comportino significativi rischi di generare un incidente catastrofico che coinvolga l'esterno dello stabilimento.

La successiva Tabella 2.5 mette in relazione gli impatti ambientali durante il normale funzionamento dell'attività e i rischi connessi con eventi incidentali con le principali fasi di lavorazione da cui derivano; costituisce quindi la griglia da cui partire per individuare le fasi di lavorazione maggiormente efficaci per conseguire risultati di mitigazione significativi. I fattori di impatto ambientale dettagliati sono riportati nel capitolo 4.

Tabella 2.4. Principali fattori di rischio lavorativo nelle varie fasi di lavorazione

FASE DI LAVORAZIONE	Caduta o proiezione di gravi	Traumi durante il movimento	Contatto investimento da sostanze pericolose	Maneggio o contatto con materiali	Concernente impianti, macchine,	Concernente mezzi sollevamento e trasporto	Corrente elettrica	Posture incongrue/ fatica fisica	Particelle aerodisperse	Sostanze tossiche	Metalli tossici	Sostanze cancerogene	Rumore	Vibrazioni	Stress e affaticamento da calore	Condizioni microclimatiche sfavorevoli	Radiazioni non ionizzanti e campi	Radiazioni ionizzanti	Illuminazione inadeguata	Radiazioni infrarosse/ ultraviolette
Scarico e messa a parco		+			+	+		+					+	+		+				
Confezionamento ceste e cassette	+			+		+							+			+				
Caricamento forno		+	+	+		+							+							
Fusione e affinazione			+						+		+		+		+		+			+
Spillaggio e aggiunte		+	+						+		+		+		+					+
Ripristino forno								+	+			+			+				+	
Affinazione metallo fuso			+						+	+	+				+					+
Ripristino e riscaldo siviera			+						+	+										
Preparazione miscela anime			+		+				+	+										
Preparazione ed estrazione anime		+	+		+				+	+			+							
Preparazione terre		+							+			+	+						+	
Formatura manuale o vibroscossa				+	+			+	+	+			+	+						
Formatura automatica in linea				+	+				+	+			+							
Verniciatura forme e flambatura				+					+	+										
Accoppiamento e ramolaggio				+																
Cambio modelli e staffe				+				+												
Posizionamento siviera e avvio colata			+						+		+									
Colata in forma/ in conchiglia			+	+	+				+	+	+				+					
Distaffatura				+	+			+	+	+		+	+	+						
Asportazione ed evacuazione boccame e materozze				+	+				+											
Movimentazione getti				+		+		+								+				
Sterratura e granigliatura				+					+	+			+	+						
Molatura, scalpellatura			+			+		+	+			+	+	+						
Scriccatura, saldatura			+					+	+	+	+	+	+		+					
Movimentazione getti				+	+	+										+				
Controllo			+	+														+		
Approvvigionamento materiali ausiliari				+		+		+								+				
Pulizia e raccolta scarti	+	+						+	+				+			+				
Demolizioni refrattarie e rifacimenti		+		+		+		+	+			+	+	+		+				
Manutenzione impianti e macchine	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+				+				
Lavorazioni con macchine utensili						+														
Movimentazioni varie		+		+		+										+				

Tabella 2.5. Principali fattori di impatto e di rischio ambientale determinati dalle varie fasi di lavorazione

FASE DI LAVORAZIONE	FATTORI DI IMPATTO						FATTORI DI RISCHIO				
	Consumo risorse materiali e idriche	Consumo di risorse energetiche	Emissioni in atmosfera	Reflui idrici	Produzione di rifiuti	Diffusione di rumore	Contaminazione radioattiva	Incendio	Esplosione chimica	Esplosione fisica	Rilascio accidentale (liquidi, solidi, aerodispersi)
Scarico e messa a parco	+			+		+	+				
Confezionamento ceste e cassette											
Caricamento forno			+			+					
Fusione e affinazione		+	+			+ (1)			+	+ (2)	
Spillaggio e aggiunte			+		+						
Ripristino forno											
Affinazione metallo fuso			+		+						
Ripristino e riscaldo siviera		+									
Preparazione miscela anime								+			
Preparazione ed estrazione anime											
Preparazione terre	+		+		+						
Formatura manuale o vibroscossa						+					
Formatura automatica in linea						+					
Verniciatura forme e flambatura								+			
Accoppiamento e ramolaggio											
Cambio modelli e staffe											
Posizionamento siviera e avvio colata											
Colata in forma/ in conchiglia			+								
Distaffatura			+		+	+					
Asportazione ed evacuazione boccame e materozze											
Movimentazione getti											
Sterratura e granigliatura					+						
Molatura, scalpellatura						+					
Scriccatura, saldatura			+								
Movimentazione getti											
Controllo											
Approvvigionamento materiali ausiliari								+			+
Pulizia e raccolta scarti					+						
Demolizioni refrattarie e rifacimenti					+	+					
Manutenzione impianti e macchine											
Lavorazioni con macchine utensili											
Movimentazioni varie											

(1) tipologia con forno ad arco
(2) tipologia con forno a induzione

FONDERIE DI LEGHE FERROSE E NON FERROSE

CAPITOLO 3
ANALISI DEI RISCHI, DANNI E PREVENZIONE

3.1. Trasferimenti
3.2. Stoccaggio materie prime. Preparazione carica
3.3. Preparazione metallo. Trattamenti metallo fuso
3.4. Preparazione anime
3.5. Preparazione terre
3.6. Formatura
3.7. Colata
3.8. Distaffatura. Sterratura
3.9. Finitura
3.10. Trattamenti termici. Lavorazioni meccaniche
3.11. Manutenzioni e lavori ausiliari. Altre movimentazioni
3.12. Analisi rischi e interventi comuni a più fasi

3.1. Trasferimenti

FASI SPECIFICHE
Trasferimenti a terra in reparto Salita e discesa scale/ dislivelli in reparto Salita e discesa da carroponte Salita e discesa da macchine operatrici/ autoveicoli Trasferimenti in bicicletta

Non costituiscono una specifica fase di lavorazione, ma sono attività da cui non si può prescindere nel descrivere il profilo di rischio; coinvolgono tutto il ciclo produttivo e sono riferite a tutti gli impianti.
Gli addetti (interni ed esterni) effettuano trasferimenti:

- All'inizio del periodo di attività, per raggiungere dall'ingresso dello stabilimento prima i locali di spogliatoio, se previsti, e poi la posizione o l'area di lavoro, a piedi o con mezzi (autoveicoli, biciclette, ecc.) in funzione della distanza da percorrere, della frequenza di questi trasferimenti e della necessità di trasportare carichi o attrezzature di lavoro;
- Al termine del periodo di attività, per tornare dalla posizione o area di lavoro agli spogliatoi e all'uscita dello stabilimento;
- Per raggiungere, nel corso del periodo di attività, il locale di ristoro e i servizi disponibili.

Lo svolgimento delle diverse attività lavorative prevede la necessità di spostamenti più o meno importanti fra le diverse posizioni di lavoro. I trasferimenti quindi incidono in misura diversificata sulle diverse attività.
Nell'analisi riferita alla fonderia, gli infortuni intercettati con l'analisi infortunistica rappresentano il 4% degli infortuni gravi e hanno coinvolto nella maggioranza dei casi gli addetti agli impianti di fusione.
La quota degli infortuni gravi registrati durante trasferimenti è sostanzialmente contenuta e risulta la più bassa in tutto il comparto metallurgia.
Questa bassa incidenza si può ricondurre alla tipologia organizzativa della fonderia, che vede un'attività legata per una quota significativa a macchine e a operazioni da eseguire in aree limitate o in posizioni di lavoro fisse.

Rischi di natura infortunistica

Tabella 3.1.1. Trasferimenti.
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

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO →OPERAZIONE →MODALITA'	DANNO ATTESO DANNO RILEVATO	INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI
I 1 ⚠	→ Trasferimenti a terra in reparto → Caduta/ scivolamento in piano	Distorsioni e lussazioni Ferite lacero-contuse	Lay-out e percorsi addetti Manutenzione strutture Pulizia e raccolta scarti
⚠	→ Salita e discesa da macchine operatrici → Caduta/ scivolamento	Distorsioni e lussazioni	Particolari di macchine mal realizzati Insufficiente pulizia Segnaletica carente
	Trasferimenti a terra in reparto Corpi estranei negli occhi	Lesioni oculari	Miglioramento aspirazioni localizzate Riduzioni emissioni diffuse, in particolare da forni e distaffatori

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Nessuna evidenza.

Interventi

COMPARTO	**FONDERIA**
Fase di lavorazione **RISCHIO EVIDENZIATO**	**Trasferimenti a terra in reparto** **I 1 ⚠ Urto contro materiali depositati/ caduta/ scivolamento in piano**
Mansioni coinvolte	Tutte
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Presenza di ingombri e ostacoli (modalità incongrue di stoccaggio dei materiali) Presenza di materiali scivolosi, buche e avvallamenti Pavimentazione sconnessa o sdrucciolevole Illuminazione insufficiente MANUTENZIONE Insufficiente livellamento della pavimentazione quando in terra battuta. Insufficiente pulizia delle superfici finestrate

<u>Interventi:</u>
Manutenzione della pavimentazione.
Migliorare/Implementare l'impianto d'illuminazione artificiale.
Prevedere una sistematica pulizia delle superfici illuminanti.
Razionalizzare le aree di deposito dei materiali e dei prodotti

Schemi, disegni, fotografie

Presenza di buche
Pavimentazione sconnessa

Depositi in prossimità delle zone di transito e di lavoro
Scarsa illuminazione

In questa situazione si osserva una maggiore razionalizzazione dei depositi, una pavimentazione priva di buche o avvallamenti e una adeguata illuminazione.

3.2. Stoccaggio materie prime. Preparazione carica

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE
Scarico rottame da autocarro Selezione e cernita Taglio Ricevimento materie prime e messa a parco Confezionamento cesta/carrello/bidone

La materia prima è costituita da rottame ferroso (derivato da lavorazioni industriali e da post-consumo), in parte da riciclo interno (materozze, sfridi di lavorazioni meccaniche) e nelle produzioni di metalli non ferrosi da metalli in pani (ghisa, alluminio, piombo, stagno).
Dall'autocarro, con il quale le materie prime giungono generalmente in fonderia, possono essere scaricate:
tramite ribaltamento del cassone dell'automezzo;
tramite l'impiego di una gru a ragno;
tramite l'impiego di una gru a magnete;
tramite impiego di muletto se i prodotti risultano in pani e già imballati su pallet;
manualmente, tramite pala.
Con le stesse attrezzature con cui sono scaricate, le materie prime sono messe al parco. Solamente in poche entità produttive il parco rottame è collocato in spazi separati e coperti.
Nel parco materie prime o in magazzini adiacenti entrano anche materiali eterogenei: metallo in pani, come correttivi di lega o materie prime per la rifusione, sabbie, resine e altri materiali per la formatura anime e forme, sali, metalli per scorifica e affinazione, gas in bombole per degasaggio fusioni, distaccanti, oli, grassi e materiali di manutenzione.

Figura 3.2.1. Parco rottame, sili sabbie, autocarro cipollato per alimentazione sili
Figura 3.2.2. Scarico automezzo con carrello elevatore

Talvolta, sono necessarie delle operazioni di taglio per conferire al rottame dimensioni tali da non creare problemi durante le fasi di caricamento in forno.
A seconda della tipologia di forno presente, il caricamento del forno avviene secondo le seguenti modalità: tramite cesta; tramite carrello; tramite nastro trasportatore/coclea; tramite piccoli fusti; manualmente nel caso del metallo in pani.

Impianti, macchine, attrezzature

Attrezzature/Impianti/Macchine	**Rischi lavorativi**
Cesta caricamento rottame	Esposizione a rumore intrappolamento /schiacciamento durante sistemazione del rottame nella cesta
Carrelli elevatori	Investimento persone Ribaltamento durante marcia
Carroponte	

Mansioni della fase

Addetto	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto Parco Rottame	A terra	Coordina le operazioni di scarico dagli autocarri – movimentazione di materiali – preparazione della cesta/carrello con la gru o la pala meccanica – taglio rottame con cannello – pulizia siviera con ossigeno – affinazione con ossigeno – movimentazione della cesta da terra
Carrellista	Posizione manovra carrello	Scarico e messa a parco dei bancali e degli altri materiali
Gruista	Cabina carroponte A terra	Preparazione carica – movimentazione cesta Impiego radiocomando – impiego comando via cavo

Fattori di rischio

Il parco rottame è generalmente collocato all'esterno del corpo di fabbrica. L'area, talvolta provvista di tettoia, non è suddivisa per caratteristiche e/o pezzatura e il pavimento è in terreno pressato/battuto; solo un'unità produttiva ha la pavimentazione dell'area è in getto di calcestruzzo.
Nelle realtà in cui è presente, il carroponte a servizio del parco rottame e dell'area fusione è mosso da terra dall'addetto del parco rottame o dall'addetto del forno. Solo in una realtà è dotato di cabina di comando; in questo caso, il gruista con il magnete esegue le operazioni di caricamento della cesta e poi del forno.

Figura 3.2.3. Parco rottame: fosse rottame e ricicli interni (materozze e canali di colata)
Figura 3.2.4. Parco rottame pavimentato: movimentazione del rottame di carica con carrello e cassone

Rischi di natura infortunistica

Tabella 3.2.1. Stoccaggio materie prime. Preparazione carica
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

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO →OPERAZIONE →MODALITA'	DANNO ATTESO DANNO RILEVATO	INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI
I 2 ⚠	→ Confezionamento cesta/ carrello di carica → schiacciamenti/ intrappolamenti	Lesioni Ferite	Insufficiente dotazione di mezzi idonei Uso incongruo delle attrezzature
	→ Movimentazione rottame → investimento da parte di materiale	Lesioni traumatiche Ferite	Impiego di attrezzature per il trasporto del rottame Definizione di procedure operative

	Mezzi di trasporto	Investimenti persone Lesioni dovute a scontri Eventi mortali	Organizzazione viabilità. Segnaletica Limitazione velocità. Formazione Manutenzione mezzi e strutture
	Stoccaggi	Lesioni	Strutture Mezzi di sollevamento Addestramento
	Mezzi di sollevamento	Lesioni dovute a caduta carichi	Scelta impianti adeguati Formazione degli addetti
	Movimentazioni manuali	Schiacciamenti Lesioni scheletriche	Idoneità personale addetto Modalità corrette di movimentazione
	Incendio	Ustioni	Modalità di stoccaggio Rispetto delle disposizioni

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Numero	Legge/ Articolo	
1	626/5	obblighi dei lavoratori

Fattore di rischio. Mezzi di trasporto

I rischi sono dovuti alla presenza di automezzi esterni che arrivano in stabilimento per l'approvvigionamento di materie prime e anche ai carrelli elevatori che effettuano lo scarico automezzi, la messa in stoccaggio e in genere i trasporti nei reparti.

Automezzi esterni

Il transito di camion nelle aree di stabilimento comporta principalmente rischi di investimento di persone e/o di incidenti con altri mezzi di trasporto.
Gli interventi utili a ridurre i rischi sono:
- limitazione della velocità in stabilimento; in linea di massima i mezzi esterni dovrebbero procedere a passo d'uomo, a tal fine apporre idonea segnaletica.
- organizzazione delle viabilità interna all'insediamento mediante segnaletica orizzontale e orizzontale, definizione delle aree di transito dei sensi di marcia e di parcheggio degli automezzi. Il fine principale deve essere quello di limitare le interferenze con i mezzi interni e con i percorsi riservati alle persone.

Mezzi interni

Nelle aziende del comparto per i trasporti interni sono generalmente utilizzati carrelli elevatori diesel ed elettrici. I rischi nell'uso di queste macchine sono:
- investimento di persone
- scontro con altri mezzi di trasporto
- perdita di controllo del mezzo con eventuale ribaltamento
- caduta di materiale in fase di movimentazione

In tutti i casi si tratta di situazioni incidentali che possono avere conseguenze anche molto gravi o mortali per le persone coinvolte.
Gli interventi attuabili per prevenire i rischi sono i seguenti:

Interventi sui mezzi

- Scegliere mezzi di trasporto idonei alle portate ed alle tipologie dei carichi da movimentare.
- Effettuare adeguata manutenzione periodica programmata dei mezzi di trasporto, in particolare sistema frenante, catene di sollevamento.
- I mezzi devono essere dotati di segnalatori acustici e luminosi sempre efficienti.
- Il DLgs 626 allegato XV punto 1.4 stabilisce le seguenti prescrizioni di sicurezza per i carrelli al fine di limitare i rischi in caso di ribaltamento:
  I carrelli elevatori su cui prendono posto uno o più lavoratori devono essere sistemati o attrezzati in modo da limitarne i rischi di ribaltamento, ad esempio: a) installando una cabina per il conducente; b) mediante una struttura atta ad impedire il ribaltamento del carrello elevatore; c) mediante una struttura concepita in modo tale da lasciare, in caso di ribaltamento del carrello elevatore, uno spazio sufficiente

tra il suolo e talune parti del carrello stesso per il lavoratore o i lavoratori a bordo; d) mediante una struttura che trattenga il lavoratore o i lavoratori sul sedile del posto di guida per evitare che, in caso di ribaltamento del carrello elevatore, essi possano essere intrappolati da parti del carrello stesso.

- Usare ganci, funi, pulegge con adeguati coefficienti di sicurezza. I ganci per apparecchi di sollevamento devono essere provvisti di dispositivi di chiusura dell'imbocco, in modo da impedire lo sganciamento delle funi, delle catene e degli altri organi di presa.
- Segnalare adeguatamente la portata massima ammissibile per ogni mezzo.
- Verificare l'adeguatezza della protezione superiore rispetto al peso ed all'altezza dei carichi
- Controllare che il mezzo non sia avviabile accidentalmente o da personale non autorizzato (rimozione chiavi).
- Verificare il corretto dimensionamento e le pendenze delle vie di transito.
- Privilegiare mezzi con cabina conducente chiusa e climatizzata per attività all'aperto o in ambienti polverosi e/o inquinati.

Interventi sul personale
- Selezionare il personale idoneo all'utilizzo dei mezzi di trasporto
- Formare il personale mediante specifico corso. In tale ambito fornire e spiegare procedura per l'impiego e ordinaria manutenzione in sicurezza del carrello
- Fare esplicito divieto all'uso dei mezzi di trasporto al personale non autorizzato
- Limitare la velocità di manovra.

Interventi sugli ambienti di lavoro
- Segnalare i percorsi interni separando quelli riservati ai mezzi da quelli per le persone.
- Proteggere i punti a maggior rischio di collisione (es. le piantane delle scaffalature).
- Adottare specchi o altri sistemi per permettere una buona visibilità in particolare negli incroci ad angolo retto.
- Garantire idonea illuminazione nelle aree di manovra dei carreli.
- Le aree di lavoro e di transito dei carrelli devono avere pavimentazione in buono stato con assenza di buche per evitare oscillazione del carico.
- Predisporre idonee aree di sosta per i mezzi.

Figura 3.2.5. Via di transito segnalata per carrelli elevatori a lato area di stoccaggio bancali
Figura 3.2.6. Stoccaggio di anime in cassoni

Fattore di rischio. Stoccaggi
I rischi derivanti da stoccaggio di materiali sono principalmente i seguenti:
rischio di caduta di materiali dall'alto quando posizionati in modo sicuro; ci si riferisce sia a materiale posizionato su scaffalature non idonee, che soprattutto a impilamenti troppo alti di bancali o casse.
ingombro degli spazi di lavoro, delle vie di transito e di fuga
inaccessibilità ai presidi antincendio, ai quadri elettrici,
copertura della segnaletica di sicurezza.

Gli interventi attuabili per ridurre i rischi sono i seguenti:
- Le aree di stoccaggio devono essere di dimensioni idonee. Devono essere adeguati alla tipologia di materiali stoccati e alla loro buona conservazione.
- Il personale addetto allo stoccaggio dei materiale deve essere adeguatamente addestrato
- Le aree di stoccaggio devono presentare pavimentazioni resistenti, uniformi e orizzontali così da non compromettere la stabilità dei materiali.
- Le pile di bancali o casse non devono essere troppo alte, da considerare che la stabilità deve essere garantita anche di caso di urti accidentali con i mezzi di movimentazione.
- Le scaffalature devono essere di dimensioni, forma e resistenza idonea ai materiali stoccati, devono riportare indicazione del carico massimo ammesso. Le piantane devono essere protette da possibili urti dei mezzi di movimentazione.
- Verificare che i materiali siano depositati sulle scaffalature in modo stabile.
- Le aree di stoccaggio devono, per quanto possibile, essere chiaramente delimitate.
- Gli spazi tra le scaffalature o i materiali depositati a terra devono essere di dimensioni tali da consentire il passaggio di persone e mezzi.
- Lasciare sempre libere le vie di passaggio, le vie di fuga e uscite di sicurezza, l'accesso a presidi antincendio, a quadri elettrici, valvole di intercettazione del gas e altri fluidi di servizio.
- La segnaletica di sicurezza deve sempre essere visibile.

Fattore di rischio. Mezzi di sollevamento

I rischi connessi all'impiego di mezzi di sollevamento meccanici quali paranchi, carroponti sono quelli di caduta carichi dall'alto, oscillazioni e altri movimenti anomali dei carichi con conseguenti traumi agli arti inferiori ma anche alle mani e al corpo. Le situazioni incidentali possono coinvolgere sia la persona addetta alla movimentazione che altri addetti nelle vicinanze.
Gli interventi attuabili per prevenire i rischi sono i seguenti:

Interventi sugli impianti
- Scegliere impianti di sollevamento rispondenti alle norme di sicurezza, idonei alle portate ed alle tipologie dei carichi da movimentare.
- Verificare periodicamente gli impianti, le funi, le catene, e ogni altro componente dell'impianto, le verifiche devono essere registrate.
- Verificare il corretto funzionamento dei dispositivi di segnalazione acustica e luminosa
- Usare ganci, funi, pulegge con adeguati coefficienti di sicurezza
- I ganci per apparecchi di sollevamento devono essere provvisti di dispositivi di chiusura dell'imbocco, in modo da impedire lo sganciamento delle funi, delle catene e degli altri organi di presa.
- I carichi devono essere imbragati in modo adeguato a impedire il loro spostamento ed il conseguente rischio di caduta. Il personale deve essere addestrato a tali procedure.
- I posti di manovra dei mezzi di sollevamento devono essere collocati in posizione agevole e da permettere una completa visibilità del campo di azione.

Interventi sul personale
- I lavoratori devono essere addestrati all'impiego dei mezzi di sollevamento; non permetterne l'impiego a personale non autorizzato.
- Le istruzioni operative e di sicurezza per l'impiego dei mezzi devono essere riportate in avvisi chiaramente leggibili per gli operatori.

Indicazioni per il corretto impiego
- Le manovre per il sollevamento ed il trasporto dei carichi non devono comportare il passaggio dei carichi sospesi sopra postazioni di lavoro. Qualora questo sia impossibile da evitare, è previsto l'allontanamento preventivo delle persone.
- Attivare i mezzi di segnalazione acustici e/o luminosi quando il mezzo e il suo carico interferiscono con aree di lavoro o di passaggio.
- L'addetto dovrà assicurarsi di avere una buona visibilità e una buona stabilità del carico.

- In qualità di responsabile dell'impianto, l'operatore dovrà curare l'efficienza dell'impianto e segnalare eventuali avarie o malfunzionamenti.
- Il personale addetto all'impiego del mezzo deve operare nel rispetto dei parametri indicati nella targa.
- Segnalare ove possibile i percorsi interni
- Ogni anomalia di funzionamento e dei dispositivi di sicurezza deve essere segnalata tempestivamente al proprio responsabile
- Il personale deve essere dotato di guanti per le operazioni di imbragatura dei carichi, di scarpe antinfortunistiche con puntale protettivo.

Fattore di rischio. Movimentazione manuale

Nelle fonderie le materie prime vengono prevalentemente scaricate dagli automezzi e poste in stoccaggio con ausilio di carrelli elevatori. La movimentazione manuale è quindi discontinua e in genere limitata a materiali non pallettizzati che arrivano in piccole quantità.

Il personale deve esser dotato di guanti protettivi e scarpe antinfortunistiche con puntale protettivo per proteggere i piedi da cadute accidentali di pezzi pesanti.

Per la prevenzione di patologie muscolo-scheletriche da sforzo, si raccomanda di evitare la movimentazione di pesi superiori a 30 kg, come indicato dal DLgs 626/94, privilegiando l'uso di mezzi meccanici; se questo non fosse possibile il carico deve essere movimentato contemporaneamente da 2 addetti.

Il livello di rischio non dipende solo dal peso ma anche dalle modalità e frequenza delle azioni di sollevamento o di spinta - traino. Nel caso la movimentazione manuale sia frequente è necessario effettuate una valutazione specifica del rischio e in base alle risultanze adottare le eventuali misure correttive.

Il personale adibito a tali mansioni deve essere fisicamente idoneo (controllo sanitario specifico) e deve essere informato dei rischi e delle corrette modalità di movimentazione manuale dei carichi.

Fattore di rischio. Incendio

Nelle aree di deposito possono essere presenti liquidi infiammabili o facilmente combustibili (ad esempio gli oli); il rischio aumenta al diminuire della temperatura di infiammabilità del liquido, superata la quale si ha rischio di formazione di miscele infiammabili/esplosive di vapori di liquidi infiammabili con l'aria.

È quindi fondamentale che lo stoccaggio sia effettuato correttamente e in luoghi idonei ed evitare la possibilità di innesco.

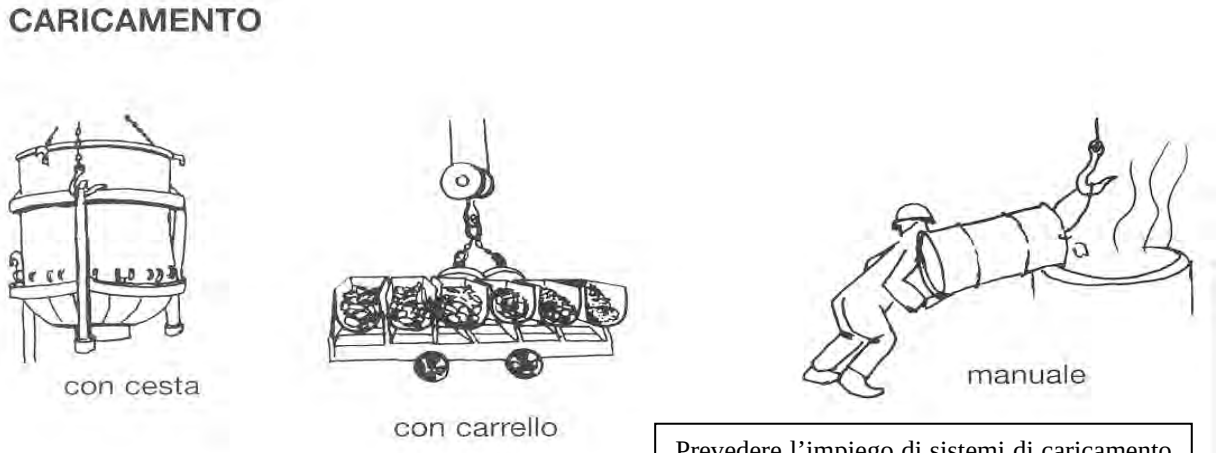
La prevenzione contro il rischio di incendio/esplosione può essere ottenuta con:

- adozione di idonee modalità di stoccaggio (deposito in contenitori ben chiusi, accorgimenti atti a contenere eventuali sgocciolamenti e sversamenti, locali separati e ben aerati e al riparo da fonti di calore)
- riduzione al minimo necessario dei quantitativi
- attuazione di misure adeguate al carico di incendio, quali ad esempio la compartimentazione dei locali con elementi resistenti al fuoco, presenza di aperture di aerazione permanente e disponibilità di adeguati mezzi estinguenti
- divieto di fumare e di utilizzare fiamme libere, apponendo la relativa segnaletica
- segnaletica di sicurezza (pericoli e divieti)
- procedure di sicurezza per lo stoccaggio e la manipolazione
- impiantistica elettrica a norma e idonea alla classificazione di pericolosità del deposito, in modo da non costituire possibilità di innesco
- informazione e formazione dei lavoratori sui rischi legati all'uso dei prodotti e sulle corrette procedure di gestione dell'emergenza.

Interventi

COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **Operazione specifica** **RISCHIO EVIDENZIATO**	**Preparazione della carica** **Caricamento del rottame** **I 2 ⚠ Schiacciamenti e intrappolamenti durante le fasi di confezionamento della cesta/carrello. Investimenti da parte del materiale**
Mansioni coinvolte	Addetti al parco rottame – addetti al forno
Fattori di rischio evidenziati	MOVIMENTAZIONE MECCANICA Insufficiente dotazione di mezzi per la movimentazione (51) Mezzi di trasporto non idonei (52) PROCEDURE ORGANIZZATIVE Modalità operative sbagliate (84) Uso incongruo di attrezzature (84)

Interventi:
Adeguamento sistemi di caricamento dei forni fusori (per esempio: nastro trasportatore per caricamento forno rotativo)
Impiego di attrezzature adeguate per la sistemazione del rottame nei carrelli di carico
Definizione di procedure operative



Prevedere l'impiego di attrezzatura idonee per l'assestamento del carico all'interno del carrello
Sostituzione dei carrelli con idonei sistemi di caricamento tramite nastro.

Prevedere l'impiego di sistemi di caricamento progettati e testati per lo specifico impiego.
Nel disegno esemplificativo della procedura, l'impiego di bidoni ha causato non pochi incidenti a causa soprattutto della rottura degli occhielli dove era inserito il gancio.

Preparazione delle cassette di caricamento di un forno rotativo con movimentazione manuale e con carroponte dei pezzi di rottame

Preparazione carica: tramogge vibranti per l'alimentazione di cassette

Rischi di natura igienico ambientale

Tabella 3.2.2. Stoccaggio materie prime. Preparazione carica
Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO	DANNO ATTESO	FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE
	Esposizione a rumore - durante l'impiego di carrelli elevatori - esposizione dovuta a fasi di caricamento - esposizione dovuta a transito nei reparti	Danni uditivi Danni extrauditivi	Manutenzione carrelli Manutenzione pavimentazione Separazione delle aree di lavoro Vigilare sull'impiego dei DPI
	Vibrazioni - impiego di carrelli elevatori	Traumi e alterazioni degenerative ai sistemi articolari Effetti sui nervi e sui muscoli	Pavimentazioni e manutenzione Inserimento di posizioni e sedili smorzanti

Fattore di rischio: Rumore
La principale fonte di esposizione a rumore in questa fase è costituita dall'impiego di carrelli elevatori diesel vecchi e non adeguatamente insonorizzati.
La rumorosità è molto influenzata anche dallo stato delle pavimentazioni, la presenza di buche e irregolarità aumenta le emissioni sonore. Misure effettuate in posizione di guida di carrelli diesel in buono stato di manutenzione hanno fornito valori di rumore di 79-82 dB(A), su carrelli vecchi sono stati misurati livelli sonori di 88-91 dB(A).
La guida di carrelli elettrici comporta esposizioni acustiche nell'intervallo 75-80 dB(A).
I carrellisti possono inoltre essere esposti al rumore di fondo presente nei reparti produttivi quando effettuano i trasporti interni.

Il principale intervento per il contenimento del rischio consiste nella buona manutenzione dei carrelli elevatori e delle pavimentazioni delle aree di carico e scarico, dei magazzini e delle aree di manovra.
Importante inoltre l'impiego di inserti auricolari o cuffie nelle eventuali fasi di lavoro a rumorosità superiore a 85 dB(A), secondo quanto previsto dal DLgs 277/91.

Fattore di rischio: Vibrazioni
La guida dei carrelli elevatori diesel comporta la trasmissione di vibrazioni al corpo dei conducenti, con conseguenti rischi di patologie osteoarticolari al rachide e agli arti superiori.
La principale fonte di vibrazioni è costituita dal motore del carrello, vi è inoltre l'apporto dovuto alle irregolarità del terreno.
La trasmissione delle vibrazioni all'addetto avviene attraverso il sedile. Il contenimento del rischio passa attraverso la scelta di mezzi di trasporto idonei con sedili ammortizzati, è necessaria una manutenzione delle sospensioni, la pavimentazione delle aree di manovra dei carrelli deve essere liscia e uniforme.

3.3. Preparazione metallo. Trattamenti metallo fuso

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE
Caricamento forno
Controllo delle fasi di fusione
Scorifica
Insufflazione ossigeno
Aggiunta additivi
Prelievo campioni
Controllo temperatura
Trattamento metallo fuso
Preriscaldo siviera

La tipologia del metallo caricato (rottame, residui da lavorazioni meccaniche, ricicli interni, semilavorati) influenza fortemente la scelta del forno fusorio che deve essere impiegato.
Ulteriore variabile fondamentale da considerare nella scelta del forno è la temperatura di colata: ghisa (1350-1400 °C), acciaio (1420-1700°C), leghe di rame (850-1050°C), leghe di alluminio (640-740°C), leghe di magnesio (620-680°C), leghe di zinco (400-430°C), leghe di piombo (280-350°C), stagno (230°C).
L'operazione di fusione prevede la liquefazione e il surriscaldamento del metallo tramite somministrazione di energia termica, con forni a combustibile o con forni elettrici. Si utilizzano:

- forni elettrici ad arco: principalmente per acciaio;
- forni elettrici a resistenza e a induzione: per metalli ferrosi e non ferrosi;
- forni a cubilotto, dove il metallo è a contatto del combustibile (coke) e dei prodotti di combustione: principalmente per ghisa;
- forni a riverbero e forni rotativi, alimentati di norma a metano oppure a gasolio, si sfrutta l'irraggiamento diretto delle fiamme e indiretto della volta: per leghe di alluminio e rame, ma anche per acciaio;
- forni a crogiolo, nei quali il metallo è separato dal combustibile, che in genere è gas metano: principalmente per i metalli non ferrosi basso bollenti.

Tabella 3.3.1. √ forno utilizzato per la fusione; ♦ forno utilizzato per il mantenimento del metallo fuso

	Forno a cubilotto	Forno ad arco elettrico	Forno a induzione a canale	Forno a induzione a crogiolo	Forno rotativo
Ghisa	√	√	♦	√ ♦	√
Acciaio		√		√	

Nelle fonderie di ghisa il metallo deve mantenere, durante il processo, una composizione e una temperatura sempre ben determinata. La carica è solitamente fusa nei forni a cubilotto o in quelli elettrici. Negli ultimi tempi ha acquistato sempre più impiego il forno a induzione, rispetto a quello a cubilotto.
Un altro tipo di forno che negli ultimi anni ha sostituito i forni cubilotti (in particolare quelli a vento freddo di medio - piccole dimensioni) è il forno rotativo.
Trovano sempre maggior diffusione, sistemi cosiddetti "duplex" nei quali un forno di attesa, normalmente di tipo elettrico a induzione, viene accoppiato a un forno di fusione tipo cubilotto o rotativo.
Nelle fonderie di acciaio, il metallo è fuso nei forni a induzione o in quelli ad arco elettrico. Questi ultimi hanno il vantaggio di poter usare anche scarti metallici di bassa qualità, poiché l'affinazione avviene all'interno del forno stesso.

Tabella 3.3.2. √ forno utilizzato per la fusione; ♦ forno utilizzato per il mantenimento del metallo fuso

	Forno a cubilotto	Forno ad arco elettrico	Forno a induzione a canale	Forno a induzione a crogiolo	Forno rotativo
Alluminio	√	√	√	√	♦
Magnesio					√
Rame	√ ♦		√		√
Piombo	√ ♦				√
Zinco	√ ♦				√

Nelle fonderie di metalli non ferrosi il tipo di forno utilizzato dipende sostanzialmente dalla dimensione della fonderia. Spesso le piccole fonderie producono differenti leghe e hanno una limitata capacità fusoria; la fusione è realizzata quindi con forni di piccola capacità quali quelli di tipo a crogiolo.
Nelle fonderie che utilizzano tecniche di produzione di getti mediante pressocolata, sovente il forno di fusione e di mantenimento della lega è integrato con la macchina di formatura.
Nel caso la fonderia necessiti di grandi capacità di fusione, o di una fusione centralizzata, vengono utilizzati forni a induzione, forni a suola o a tino e successivamente il metallo viene distribuito ai forni di attesa o ai crogioli di colata.
Nel territorio lombardo è presente un'unità produttiva che prepara il metallo fuso e trasporta con autocarro siviere per alimentare unità produttive di pressofusione che in questo modo non hanno fonderia.

Il profilo di rischio è fortemente caratterizzato dal tipo di forno che viene utilizzato. Nel Capitolo 4 vengono sottolineati anche input e output dei diversi tipi di forno e le specificità dell'impatto ambientale.

Le operazioni di caricamento del rottame nel forno fusorio, individuate nel precedente paragrafo, sono diverse a seconda del tipo di forno stesso:
- il forno elettrico è caricato tramite cesta precedentemente confezionata nell'area parco rottame;
- il forno a cubilotto è caricato tramite coclea/nastro trasportatore su cui sistema i pani con carrello o manualmente;
- il forno rotativo è caricato da parte dell'addetto parco rottame o dell'addetto al forno che prima, tramite pala meccanica e poi manualmente sistemano i pezzi accatastati in modo precario su carrello, che viene poi ribaltato in forno;
- il forno a crogiolo è caricato o manualmente, nel caso di piccoli forni a servizio di macchine conchigliatrici, o tramite bidoni, nel caso di grandi forni;
- il forno a riverbero è caricato con l'ausilio di carrelli elevatori che alimentano direttamente il forno o un cassone che viene ribaltato.

Figura 3.3.1. Carico dei pani di metallo su elevatore meccanico di forno a tino
Figura 3.3.2. Caricamento di forno a tino mediante elevatore meccanico

Diverse operazioni sono eseguite durante la fusione del metallo:
- aggiunta di scorificanti tramite pala o tramite sacchi;
- affinazione tramite insufflazione di ossigeno per decarburare ed eliminare gli elementi nocivi presenti nell'acciaio liquido;
- controllo della temperatura tramite termocoppia;
- prelievo di campioni per le analisi metallurgiche.

La scorifica serve ad asportare le impurità presenti nel metallo, a tal fine vengono aggiunte manualmente sostanze quali sali, metalli alcalino-terrosi; la scoria galleggia sulla superficie del metallo e viene rimossa manualmente mediante apposite raspe a manico lungo.
L'affinazione avviene aggiungendo manualmente ferroleghe o metalli..

Ultimate le operazioni di fusione, il metallo fuso viene avviato a forni di attesa, eventualmente per i trattamenti da effettuare sul metallo fuso, oppure è portato direttamente alla colata utilizzando siviere e versato nelle forme o negli stampi.

Figura 3.3.3. Spillaggio da cubilotto a siviera
Figura 3.3.4. Spillaggio da forno a riverbero a siviera su carrello

Figura 3.3.5. Alimentazione di forno a crogiolo di attesa tramite canale
Figura 3.3.6. Alimentazione di forno a crogiolo di colata tramite siviera

Trattamento metallo fuso

I processi di trattamento dei metalli sono specifici per il tipo di produzione.
In questa sede si citano il trattamento di sferoidizzazione della ghisa e di degasaggio dell'alluminio.
La ghisa liquida, prima della colata nelle forme, necessita di opportuni trattamenti allo scopo di ottenere specifiche strutture metallurgiche di solidificazione.
Alcuni di tali processi presentano una rilevanza dal punto di vista dell'ambiente di lavoro e dell'impatto ambientale. Tra i principali trattamenti si annoverano la desolforazione e la sferoidizzazione.
La desolforazione della ghisa può essere effettuata con l'aggiunta di sostanze come $CaCl_2$ o CaO. Il solfuro che si forma viene rimosso dal bagno liquido come scoria. Il processo utilizzato deve prevedere una adeguata agitazione del bagno, ottenuta per via meccanica o per insufflazione di un gas inerte.
La fabbricazione di getti a grafite sferoidale, comporta l'aggiunta al metallo liquido, di specifiche leghe a base di magnesio. Tale aggiunta può essere accompagnata da violente reazioni di ossidazione del Mg e nel processo vanno prese le precauzioni necessarie che da un lato ottimizzano la resa del magnesio e dall'altro limitano gli effetti della reazione esotermica di ossidazione del magnesio.

Il degasaggio serve a eliminare la presenza di idrogeno nella fusione; è effettuato con gas inerti, quali azoto o argon. Il flussaggio, destinato a rimuovere le impurezze solide dalla fase liquida, viene effettuato con cloro gassoso (tipicamente per le leghe di alluminio e leghe di magnesio) che è tossico per inalazione e irritante per contatto.

Figura 3.3.7. Trattamento di sferoidizzazzione della ghisa con magnesio
Figura 3.3.8. Ripristino della siviera con scaricatore ad asta e tuffante

Impianti, macchine, attrezzature

Attrezzature/Impianti/Macchine	Rischi lavorativi
Forni a cubilotto Forni elettrici Forni a crogiolo Forni rotativi	Vedi **scheda R1** Vedi **scheda R2** Vedi **scheda R3**
Siviera	Investimento da parte di materiale fuso

Mansioni della fase

Addetto	Posizione di lavoro	Operazione
Capo forno	A terra Cabina forno/ quadro comandi	Controlla le fasi di caricamento del forno esegue le aggiunte di additivi preleva i provini misura la temperatura del bagno
Addetto al forno	Area di carica Cabina Platea forno A terra dietro schermo	operazioni di preparazione carica controllo del processo di fusione effettua lo spillaggio nei forni di attesa e/o nelle siviere, effettua la scorifica del metallo fuso aggiunta additivi, affinazione, misura la temperatura del bagno Operazioni di preriscaldo siviera tramite lancia

Fattori di rischio

L'insieme di queste lavorazioni risulta particolarmente critico per quanto concerne:
- l'inquinamento da rumore;
- l'inquinamento da polveri metalliche;
- i flussi di materiali, mezzi e persone, che determinano interferenze problematiche;
- i rischi infortunistici.

In tutte le aziende il forno è collocato in adiacenza al parco rottame e alla zona di colata. Tuttavia è possibile osservare diversi lay-out (si veda scheda R5 nel paragrafo 3.12 riferito all'*Analisi rischi e interventi comuni a più fasi*) con situazioni "compatte" tipiche di alcune realtà "meno progettate" (zona forno in posizione baricentrica rispetto alle altre aree con maggiori problemi dal punto di vista dei flussi e delle esposizioni indebite, in particolare per quanto riguarda rumorosità e inquinamento da aerodispersi) e con soluzioni

“allungate” tipiche di insediamenti più razionali o di quelli che hanno subito interventi edilizi migliorativi dove questi problemi risultano più contenuti.
Le postazioni di controllo e comando del forno, in numerose entità produttive, non sono segregate, chiuse o separate.
Nell’area sono presenti depositi di rottame, additivi e staffe. Il pavimento è realizzato in cemento, ma sussistono insediamenti dove è in terreno livellato e battuto.
I forni fusori elettrici e rotativi sono sempre aspirati, con sistemi che prelevano i fumi primari, mentre i forni a crogiolo sono generalmente privi di qualsiasi sistema di captazione.
In prossimità della zona di fusione/colata si trova la postazione di preriscaldo della siviera che viene effettuata o tramite posizionamento manuale del cannello, o con bruciatore fissato tramite collare al bordo della siviera stessa. La postazione di lavoro non risulta segregata, al massimo protetta da schermi in metallo.

Rischi di natura infortunistica

Tabella 3.3.3. Preparazione metallo. Trattamento metallo fuso
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

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO →OPERAZIONE →MODALITA’	**DANNO ATTESO DANNO RILEVATO**	**INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI**
	→ Operazione di taglio del rottame → investimento da parte di schegge	Ferite	DPI mancanti DPI forniti ma non utilizzati
I 1 ⚠	→ transiti a terra nell’area di lavoro → urti, inciampi, scivolamenti	Lesioni traumatiche Distorsioni	Vedi infortunio I 1 Fase Trasferimenti
I 3 ⚠	→ operazioni alla porta del forno → investimento da materiale ustionante dopo esplosione	Ustioni da calore	Sistemi monitoraggio forni Utensili e attrezzature umide DPI carenti o non utilizzati
I 4 ⚠	→ operazioni sulla porta del forno → investimento da materiale ustionante	Ustioni da calore	Mancanza di schermi DPI mancanti o inadeguati
	→ Rifacimento refrattario forno cubilotto → schiacciamento con materiale refrattario	Lesioni traumatiche Ferite	DPI mancanti o inadeguati Procedure operative
	Mezzi di trasporto Trasporto di metallo fuso (da forno a impianto trattamento)	Investimenti persone Lesioni dovute a scontri Eventi mortali	Organizzazione viabilità. Segnaletica Limitazione velocità Manutenzione mezzi e strutture Formazione
	Movimentazioni manuali - pani di metallo in carica - movimentazione materozze - movimentazioni additivi	Schiacciamenti Tagli, abrasioni Lesioni scheletriche	Uso di sistemi meccanici Idoneità Modalità corrette di movimentazione
	Incendio ed esplosioni (precursore Infortuni I3 e I4)	Ustioni da calore Lesioni di varia natura	Impiantistica a norma Manutenzione impianti Procedure di carica e conduzione forno

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Numero	Legge/ Articolo	
2	547/10	protezione delle aperture nel suolo
1	626/4	obblighi del datore di lavoro, del dirigente, del preposto
1	626/37	informazione in merito all'utilizzo delle attrezzature da lavoro
1	547/4	obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti

1	547/385	proiezione delle gambe rispetto alla proiezione di materiale incandescente
1	547/182	posti di manovra degli apparecchi di sollevamento e di trasporto
1	547/263	carenti protezioni rispetto ai materiali incandescenti
1	547/374	carente manutenzione delle strutture e degli impianti

Fattore di rischio. Mezzi di trasporto

Ci si riferisce ai rischi connessi all'impiego di carrelli elevatori elettrici o diesel per alimentare il metallo nei forni fusori. Si veda quanto precedentemente esposto per la fase "Stoccaggio materie prime. Preparazione carica".

Per trasportare il metallo spillato in siviera fino postazione di trattamento sono prevalentemente utilizzati carrelli elevatori adeguatamente attrezzati. Oltre ai rischi tipici già affrontati, bisogna considerare il rischio aggiuntivo dovuto al trasporto di metallo fuso, che verrà affrontato in maniera specifica con la fase di "Colata".

Fattore di rischio. Movimentazione manuale, fatica

In alcuni casi i pani di metallo vengono posti manualmente in cassonetti, con i quali poi mediante carrello elevatore si alimenta il forno fusorio. Nel caso di piccoli forni i pani di metallo vengono posti direttamente in forno manualmente. I pani metallici raggiungono pesi rilevanti (10-20 kg). Vengono movimentati manualmente anche gli scarti di fusione (materozze o getti non conformi) il cui peso è variabile, ma può superare i 30 kg.

Vi sono quindi rischi connessi all'eccessivo carico di lavoro fisico, con possibili conseguenze sull'apparato muscolo-scheletrico, in particolare affezioni sia acute che croniche della colonna vertebrale.

In caso di caduta a terra dei pani vi sono rischi di lesioni traumatiche, soprattutto agli arti inferiori ma anche alle mani, inoltre c'è pericolo di tagli e abrasioni alle mani per eventuale presenza di bave taglienti.

Si veda quanto precedentemente esposto per la fase "Stoccaggio materie prime. Preparazione carica".

Fattore di rischio. Incendio ed esplosione

Le principali fonti di pericolo sono le seguenti.

1. Caricamento in forno di materiale bagnato o sporco di olio (esplosione fisica)

L'inglobamento di acqua nel materiale fuso dà luogo a violenta reazione esplosiva, dovuta all'espansione del vapore acqueo e anche, in alcune condizioni, all'ossidazione dell'idrogeno prodotto dalla riduzione dell'acqua. Se la quantità d'acqua in gioco è rilevante il fenomeno è distruttivo, con cedimento del forno; le conseguenze per gli addetti nelle vicinanze e sugli impianti possono essere molto gravi.

Le soluzioni attuabili per evitare questo rischio sono:

- Stoccaggio del metallo da fondere in aree asciutte e protette da precipitazioni atmosferiche.
- Essiccazione e preriscaldo del metallo prima della fusione, questo è particolarmente importante in caso la materia prima sia costituita da rottame.
- Informazione del personale sui pericoli derivanti da introduzione di metallo bagnato o sporco di oli nel forno.

2. Presenza di forni con bruciatori a gas combustibile e linee di adduzione (esplosione chimica)

Il rischio è legato sia al bruciatore che regola il riscaldamento del forno sia al complesso di tubazioni utilizzate per l'adduzione del gas all'apparecchiatura utilizzatrice.

Possono verificarsi accumuli di gas, conseguenti allo spegnimento del bruciatore oppure alla perdita dalle tubazioni che, in concentrazioni pericolose e con innesco, generano esplosione o incendio.

Nel primo caso, per ridurre il rischio è necessario:

- utilizzo di apparecchiature recanti la marcatura CE relativa alla conformità alle norme tecniche che regolano la sicurezza delle apparecchiature a gas

- applicazione, per analogia agli impianti termici di riscaldamento, dei principi di sicurezza contenuti nel D.M. 12/04/1996 (approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi)
- installazione sui forni di dispositivi di sicurezza necessari a prevenire fuoriuscite di combustibile, surriscaldamenti, incendi, esplosioni
- installazione di sistema automatico di accensione a norma, con controllo atto a evitare l'innesco ritardato che potrebbe determinare una esplosione
- controllo del funzionamento del bruciatore, specialmente nella operazione iniziale di riscaldo della carica, facendo attenzione che qualche pezzo non vada ad ostruire
- installazione di rivelatori automatici di gas (tarati a una opportuna concentrazione frazione del limite inferiore di infiammabilità del gas utilizzato), collegati al sistema di allarme e a elettrovalvole del tipo normalmente chiuse (in mancanza della alimentazione elettrica) installate sulle tubazioni del gas; tutto ciò per limitare la formazione di miscele esplosive all'interno del forno
- installazione di sistemi che, per elevata concentrazione di gas, interrompano l'erogazione del gas a bruciatore spento (ad esempio tramite sensori di temperatura)
- chiudere, quando l'apparecchiatura non è in utilizzo, il rubinetto di alimentazione del gas;
- regolare esecuzione di collaudi e verifiche periodiche di componenti e apparecchiature
- disporre di manuali operativi
- adeguata formazione degli addetti alla conduzione del forno sulla corretta gestione durante il normale funzionamento (con istituzione di apposita procedura), sia sulle procedure di emergenza (con indicazione in particolare del divieto di erogare acqua in caso di incendio in direzione dei forni).
- istituire una procedura di registrazione dei guasti e degli incidenti, anche evitati, con relative valutazioni ed eventuali interventi correttivi.

Per quanto riguarda invece il secondo aspetto, gli impianti di adduzione del combustibile possono comportare rischi di fughe di gas; gli obiettivi di sicurezza da perseguire sono:

- evitare rilasci di prodotto causati da errori di progettazione, costruzione o utilizzo;
- consentire in caso di rilascio una rapida intercettazione della linea;
- consentire in caso di rilascio una agevole diluizione e/o recupero del prodotto rilasciato;
- limitare la possibilità di inneschi in corrispondenza dei centri di pericolo dell'impianto.

Le principali misure di prevenzione da adottare sono di conseguenza le seguenti:

- progettazione, esercizio, manutenzione dell'impianto secondo la normativa vigente (in particolare: per gli impianti Legge 46/90; per le reti di distribuzione gas metano il D.M. 24/11/1984; per deposito e distribuzione GPL il DM 14/05/2004; infine, non per ordine di importanza, si citano le norme UNI-CIG).
- effettuare verifiche e manutenzione periodica su tutto l'impianto alimentazione gas.
- collocazione dei centri di pericolo (valvole, flangiature, ecc.) in ambienti ventilati e lontano da fonti di accensione.
- corretto posizionamento e segnalazione delle valvole di intercettazione;
- segnalazione delle tubazioni con colore e cartellonistica identificativa
- istruzioni al personale su come comportarsi per la messa in sicurezza dell'impianto
- regolamentare i "permessi di lavoro" sia in caso di interventi di ditte esterne che di servizi interni.

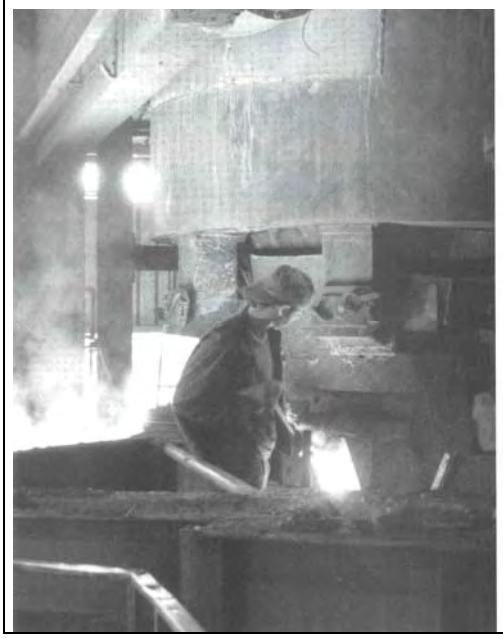
Interventi

COMPARTO	**FONDERIA**
Fase di lavorazione **Tipologia di rischio**	**Lavorazioni al forno a cubilotto** **R1**
Mansioni coinvolte	Addetti al forno
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Posizioni di lavoro inadeguata Presenza di ingombri e ostacoli (modalità incongrue di stoccaggio dei materiali) Pavimentazione sconnessa o sdrucciolevole Illuminazione insufficiente IMPIANTI E MACCHINE Configurazione impiantistica vetusta Componenti degli impianti mal realizzati PROCEDURE OPERATIVE Informazione rispetto ai rischi carente/assente Procedure mancanti/carenti MEZZI DI PROTEZIONE PERSONALE Mezzi forniti, ma non adeguati

Interventi:
Compatibilmente con il ciclo tecnologico, considerando i vantaggi e gli svantaggi schematizzati precedentemente, valutare la opportunità di sostituire il forno fusorio.
Modificare il lay-out.
Separare le aree di lavoro e prevedere delle segregazioni/separazioni delle posizioni di caricamento e conduzione del forno (per esempio adottare cabine insonorizzate e climatizzate al fine di ridurre l'esposizione a rumore e polveri).
Sostituire/migliorare la tecnologia dell'impianto vaglio e pesatura del rottame di carica.
Migliorare il canale di colata.
Predisposizione di metodi adeguati per la movimentazione e il caricamento delle impastatrici per la preparazione delle pigiate, tali da ridurre il contatto e la dispersione di polveri in aria.
Definizione di specifiche procedure operative anche per il passaggio delle consegne durante il cambio turno.
Formazione/informazione sui rischi specifici.
Fornire adeguati DPI ad evitare:

- il contatto cutaneo durante le fasi di rifacimento delle parti esterne del cubilotto;
- l'inalazione di polveri durante la fase di demolizione dei refrattari (casco con presa d'aria esterna);
- il contatto l'investimento con materiale fuso.

Schemi, disegni, fotografie



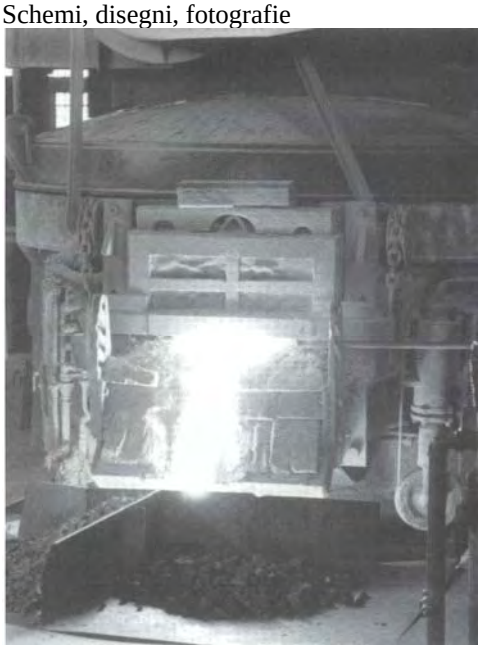
Spillaggio di ghisa da forno a cubilotto con siviera sostenuta da carrello

Pulizia del canale di spillaggio di forno a cubilotto

COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **Tipologia di rischio**	**Lavorazioni al forno elettrico** **R2**
Mansioni coinvolte	Addetti al forno
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Posizione di lavoro spesso inadeguata come collocazione e come spazi. Interferenza tra flussi materiali/mezzi/persone. Pavimentazione sconnessa o sdrucciolevole. Illuminazione insufficiente. CONDIZIONI AMBIENTALI Polveri aerodisperse IMPIANTI E MACCHINE Configurazione impiantistica vetusta. Posizione di lavoro inadeguata, quasi sempre priva di una cabina di comando. Assenza di idonei dispositivi di comunicazione tra operatori a terra e operatori in quota. PROCEDURE OPERATIVE Procedure mancanti/carenti. Mancanza di coordinamento fra gli interventi. MEZZI DI PROTEZIONE PERSONALE Mezzi forniti, ma spesso carenti o inidonei.

Interventi:
Miglioramento dei sistemi di aspirazione a servizio del forno fusorio (aspirazioni fumi primari e secondari contestualmente alla segregazione dell'area al fine di ridurre l'inquinamento indebito da polveri e rumore derivante da questa lavorazione).
Prevedere la separazione/segregazione dell'area di lavoro (installazione di pareti fonoassorbenti).
Prevedere delle postazioni di lavoro protette (cabina conduzione forno).
Definire i flussi/depositi dei materiali e dei mezzi.
Migliorare la pavimentazione dell'area di lavoro in modo da evitare i rischi causati dai scivolamenti e dagli inciampi.
Dotare gli operatori a terra ed in quota di idonei sistemi di comunicazione.
Fornire idonei DPI al fine di evitare il rischio da investimento con materiale fuso.

Schemi, disegni, fotografie



Spillaggio di acciaio da forno elettrico a canale (tipico delle installazioni di fonderia) in siviera posta in fossa e sostenuta da carroponte
Controllo dell'operazione e aggiunte di ferroleghe di calmatura

Scorifica dalla porta mediante limitata inclinazione del forno

COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **Tipologia di rischio**	**Lavorazioni al forno a crogiolo** **R3**
Mansioni coinvolte	Addetti al forno
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Interferenza tra flussi materiali/mezzi/persone. Pavimentazione sconnessa o sdrucciolevole. Illuminazione insufficiente. CONDIZIONI AMBIENTALI Polveri aerodisperse. IMPIANTI E MACCHINE Posizione di lavoro non protetta in termini di aspirazione localizzata. MOVIMENTAZIONE MECCANICA Sistemi di sollevamento non sicuri (spesso auto costruiti) PROCEDURE OPERATIVE Procedure mancanti/carenti. Formazione/Informazione sui rischi specifici. MEZZI DI PROTEZIONE PERSONALE Mezzi forniti, ma spesso carenti o inidonei.

Interventi:
Miglioramento dei sistemi di aspirazione a servizio del forno adottando delle cappe mobili in grado di presidiare sia la fase di fusione che quella di spillaggio.
Razionalizzare i flussi e i depositi dei materiali.
Utilizzare nelle operazioni di caricamento del forno sistemi idonei e certificati per l'impiego specifico.
Fornire idonei DPI al fine di evitare il rischio da investimento con materiale fuso.

Schemi, disegni, fotografie

Due forni a crogiolo per la preparazione di leghe non ferrose (in primo piano le staffe delle forme in sabbie refrattarie)

Forno a crogiolo utilizzato come forno di colata per leghe non ferrose con alimentazione tramite tazza del metallo allo stampo

COMPARTO **Fase di lavorazione** **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**FONDERIA** **Fusione in forno a crogiolo (produzione acciaio)** **Termine affinazione** **I 3 Esplosione da vapore per perdita circuito di raffreddamento bobina**
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Investimento da parte di materiale ustionante in seguito a esplosione Nella fase preliminare allo spillaggio viene effettuato con pirometro a immersione un rilievo di temperatura del bagno e un prelievo di acciaio per l'analisi chimica. Durante l'ultima erogazione della corrente per raggiungere la T di spillaggio si ha interruzione dell'alimentazione, poiché il sistema di controllo dell'isolamento del forno indica una situazione di ridotto isolamento, cioè di emergenza. Dal coperchio precedentemente sollevato per i prelievi, si determinano successive proiezioni di metallo fuso che investono gli addetti in platea. Addetto ai forni, capoturno, manutentore
Osservazioni Discussione 	Il forno a induzione può essere caricato con rottami vari e ghisa in pani oppure tramite travaso di acciaio liquido effettuato con siviera ribaltata con carroponte. Il forno è costituito da un crogiolo, realizzato in materiale refrattario, all'interno del quale si effettua la fusione. Il materiale refrattario, sottoposto a usura, viene periodicamente ricostituito tramite pigiata refrattaria che viene sinterizzata. Il crogiolo è circondato da spire metalliche percorse da corrente alternata, che costituiscono la bobina di induzione. Le spire sono realizzate da tubi in rame entro cui viene fatta circolare acqua di raffreddamento per evitare la fusione delle spire. Dopo l'incidente la pigiata refrattaria che costituisce lo strato di usura presentava un consumo uniforme con l'eccezione di un'area limitata di completo degrado Metallo fuoriuscito esternamente al crogiolo e lesione delle spire della bobina
Fattori di rischio evidenziati	Fattori di rischio evidenziati - Strumentazione di rilievo della temperatura dell'acqua di raffreddamento e dello stato di isolamento del circuito elettrico poco sensibili rispetto all'anomalia - Infiltrazione di acqua dalla bobina lesionata da tempo all'interno del crogiolo e del refrattario: guasto non visibile e non rilevato - Il calibro utilizzato per rilevare periodicamente l'usura del refrattario non è in grado di apprezzare consumi irregolari e/o eccentrici - Usura localizzata dovuta all'impatto del getto di acciaio liquido caricato per travaso - Lavorazioni dell'ultimo periodo con temperature di spillaggio più elevate - Area di usura maggiormente sollecitata dalla circolazione dell'acciaio all'interno del crogiolo indotta dal campo magnetico - Erogazione elettrica sbilanciata
Interventi	Provvedimenti funzionali a ridurre le conseguenze: - eliminazione comandi accensione in posizioni esterne alle cabine - allontanamento delle posizioni di manovra e inserimento di schermi - adozione di indumenti di lavoro con caratteristiche ignifughe - dotazione di protezioni specifiche (grembiuli, cappucci, visiere) Provvedimenti rivolti a ridurre la probabilità di accadimento (→ corretta valutazione rischio esplosioni da vapore): - nuova strumentazione accurata per il controllo dell'usura del refrattario - nuovi dispositivi in grado di controllare in misura precoce l'andamento dell'isolamento elettrico fra bagno e spire della bobina, cioè di segnalare le condizioni di grave pericolo

COMPARTO **Fase di lavorazione** **Operazione specifica** TIPOLOGIA INFORTUNIO	**FONDERIA** **Fusione in forno/ Trattamento metallo fuso** **Operazioni alla porta del forno/ Affinazione** **I 3 ⚠ Investimento da parte di materiale ustionante dopo esplosione** **I 4 ⚠ Investimento da parte di materiale ustionante**
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Il personale può essere colpito da schizzi di metallo fuso soprattutto nelle fasi di caricamento manuale dei piccoli forni a crogiolo, spillaggio in siviera da forno, scorifica forno, movimentazione siviere Addetti carica forno Addetti forno Addetti colata
Osservazioni Discussione	Il rischio ustioni può derivare anche dalla introduzione in forno di metallo bagnato o sporco di grassi-olio, la reazione violenta da luogo a schizzi di lega fusa. Vi sono infine i rischi di contatto accidentale con parti ad alta temperatura, quali le pareti degli impianti fusori, siviere, attrezzature di lavoro
Interventi	- Stoccaggio del metallo in aree asciutte e protette da precipitazioni atmosferiche, essiccazione - preriscaldo del metallo prima del carico - Impiego di sistemi di caricamento automatico dei forni. - Porre attenzione a non aggiungere al bagno sostanze che possono dare luogo a reazioni con schizzi di metallo, in particolare i materiali aggiunti devono essere assolutamente asciutti, esenti da grassi e oli. - Utilizzo di utensili con manico lungo così da non avvicinarsi troppo ai bagni - Verificare la possibilità di installare schermi di protezione tra la siviera e l'addetto - Informazione del personale sui pericoli derivanti da introduzione di metallo da fondere o altre attrezzature bagnate o sporche di grassi nel metallo fuso - Informazione di carattere generale sui rischi da ustioni. - Dotazione del personale di abbigliamento a manica lunga e pantaloni lunghi in tessuto resistente al calore (es. cotone-kevlar), guanti protettivi anticalore, elmetto resistente a schizzi di metallo, visiera protettiva termoriflettente, scarpe di sicurezza resistenti al calore a sfilamento rapido, ghette resistenti al calore. - Coibentazione delle parti calde degli impianti che si trovano nelle aree di permanenza del personale. - Segnaletica di sicurezza a indicare la presenza di parti a elevata temperatura

Schemi, disegni, fotografie

Spillaggio di ghisa in siviera tramite ribaltamento di un forno elettrico a crogiolo

Successiva scorifica condotta con raspa manovrata a mano dalla siviera alla paiola di raccolta

Rischi di natura igienico ambientale

Tabella 3.3.4. Preparazione metallo. Trattamento metallo fuso
Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO	DANNO ATTESO	FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE
	Inquinanti aerodispersi → durante caricamento, fusione e colata (possono essere escluse esposizioni indebite in quanto il forno costituisce la principale sorgente)	Bronchite cronica, Pneumoconiosi Irritazione vie respiratorie e occhi	Pulizia rottame Aspirazioni localizzate Ventilazione generale Accurata copertura coibentazioni Procedure e informazione per interventi di manutenzione Separazione delle aree di lavoro Idonei DPI per operazioni specifiche Frequente pulizia delle zone di accumulo
	Inquinanti aerodispersi → durante trattamenti metallo fuso (possono essere escluse esposizioni indebite in quanto il forno costituisce la principale sorgente)	Irritazione vie respiratorie e occhi	Sostituzione cloro gassoso Aspirazioni localizzate Stoccaggi rigorosi Idonei DPI per operazioni specifiche
A1	Esposizione a rumore durante le fasi di caricamento del forno e le fasi iniziali di fusione (in particolare: forno ad arco)	Danni uditivi Danni extrauditivi	Parziale separazione dell'area Definizione di idonee procedure operative durante il caricamento della cesta Vigilare sull'impiego dei DPI
A8	Stress e affaticamento da calore → fasi di demolizione del cubilotto → conduzione del cubilotto e colata in siviera → fase di colata in siviera da forno elettrico	Aggravamento problematiche cardiocircolatorie, digestive e renali	Uso di attrezzi specifici Lay-out dell'impianto Aspirazioni e ventilazione generale Coibentazione e schermatura Organizzazione esposizione e pause Adozione di DPI specifici
	Esposizione a correnti e sbalzi termici - posizioni di lavoro esterne esposte ad agenti atmosferici - posizioni in reparti interessati da correnti d'aria	Alterazioni degenerative tessuti periarticolari Malattie da raffreddamento	Chiusura delle strutture coperte Organizzazione posizioni di lavoro Inserimento di postazioni protette Inserimento di sistemi di riscaldamento radiante
	Radiazioni infrarosse e ultraviolette - controllo superfici incandescenti - controllo materiale fuso - operazioni di scorifica - operazioni di travaso - impiego cannelli e lance ossigeno	Processi di invecchiamento dell'occhio Cataratta Danneggiamento della retina	Inserimento di schermi Adozione di DPI specifici
	Campi elettromagnetici a bassa frequenza → fasi di caricamento e governo forni induzione	Effetti termici sull'organismo	Segnalazione e interdizione Controllo accesso ad aree pericolose

A8: si veda al Capitolo 3.12 "Analisi rischi e interventi comuni a più fasi"

Fattore di rischio. Inquinanti aerodispersi (fasi: caricamento, fusione, colata)

La fase di fusione comporta sviluppo di inquinanti aerei costituiti dai sottoprodotti di combusione quali NO_x, CO, SO_2 , vapori metallici e polveri. Ai fini del rischio in ambiente di lavoro assumono rilevanza fumi metallici e polveri.

Nel caso la carica da fondere provenga da attività di recupero e non sia pulita per la presenza di vernici, residui plastici, residui di grassi oli, si ha diffusione di solventi organici volatili di vario genere quali aldeidi, acidi carbossilici, idrocarburi aromatici e alifatici; la presenza di materie plastiche clorurate causa la formazione di acido cloridrico e /o composti organici clorurati che possono essere altamente tossici. Questi aspetti sono trattati nel Capitolo 2 "Rischi riferiti a tutto il comparto".

Le coibentazioni degli impianti possono contenere manufatti (materassini, lane) a base di fibre vetrose o di fibre ceramiche refrattarie. Si tratta di materiali irritanti per contatto e pericolosi per inalazione; in particolare alcune tipologie di fibre ceramiche refrattarie sono classificate cancerogene per inalazione.
Gli interventi attuabili per limitare al minimo la diffusione degli inquinanti sopra indicati sono i seguenti:

- In caso di utilizzo di metallo da recupero questo deve essere selezionato evitando per quanto possibile la fusione di pezzi verniciati, plastificati, sporchi di grassi o oli; in particolare non introdurre in forno materiali con parti in PVC.
- I forni fusori devono essere presidiati da aspirazioni localizzate, che permettano l'estrazione sia degli inquinanti aerei che del calore. Importante è una significativa ventilazione generale degli ambienti. La progettazione delle aspirazioni localizzate sugli impianti e generali di reparto deve essere accurata al fine di garantire l'equilibrio aeraulico degli ambienti.
- I materiali coibentanti a base di lane minerali devono sempre segregati con adeguate ricoperture (es. lamierino metallico) per evitare la dispersione di fibre nell'ambiente; lo stesso fine deve essere perseguito durante eventuali interventi di manutenzione. I manutentori devono essere dotati di maschere facciali e tute in tyvek; è importante la corretta informazione del personale e la definizione di specifica procedura di lavoro in sicurezza.
- Il personale deve essere dotato di idonei DPI (mascherine facciali) per le eventuali operazione con maggiore esposizione a polveri, fumi, quali pulizie e fasi di scorifica al forno. In particolare le maschere (consigliabili di classe FFP2S) devono garantire protezione da polveri e fumi metallici.
- Il personale interno ed esterno deve essere informato dei rischi da esposizione a inquinanti aerodispersi, delle corrette procedure per ridurne la diffusione, del corretto utilizzo dei DPI forniti.

Figura 3.3.9. Cappa di aspirazione posta a servizio di un forno a riverbero
Figura 3.3.10. Forno fusorio a tino per leghe di alluminio con condotto espulsione fumi aspirati

Fattore di rischio. Inquinanti aerodispersi (fasi: trattamento metallo fuso)
Durante i trattamenti di scorifica, affinazione, degasaggio gli addetti possono essere esposti a polveri, fumi, gas di varia natura.

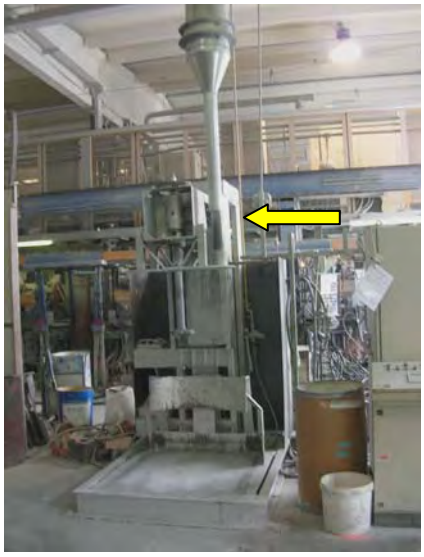
Scorifica - flussaggio
Vengono aggiunte manualmente mediante paletta e poi disperse nella fusione mediante agitatore, polveri a base di cloruri, fluoruri, additivi a base di alcali, con conseguente diffusione di polveri irritanti.

Affinazione
Il rischio deriva dall'impiego di sodio metallico che (frase di rischio R14/15) reagisce violentemente con acqua liberando idrogeno, gas estremamente infiammabile. Il sodio non si infiamma comunque nell'aria sotto i 115°C; se tritato in una polvere abbastanza fine, il sodio si incendia spontaneamente nell'acqua; reagisce

inoltre con sostanze ossidanti, acidi e la sua ossidazione si innesca facilmente anche all'aria. I suoi vapori sono fortemente irritanti e ad alte concentrazioni sono ustionanti per le mucose.
Per limitare il rischio di incendio è buona norma:
- porre il sodio in appositi contenitori per evitare il contatto con l'aria e l'umidità;
- segnalare con cartello il pericolo di incendio e il divieto di utilizzo di acqua per spegnere incendi;
- formare gli operatori sul pericolo associato.

Degasaggio
Viene effettuato con gas non pericolosi quali azoto o argon, ma anche con cloro gassoso che è tossico per inalazione e irritante per contatto.
Gli interventi attuabili per limitare l'esposizione degli addetti sono i seguenti:
- Le postazioni di trattamento metallo fuso devono essere presidiate da impianti di aspirazione localizzati.
- Il personale deve essere dotato di maschere filtranti per polveri da impiegare nella fasi con possibile esposizione.
- Verificare la possibilità di non utilizzare cloro gassoso (gas tossico soggetto al R.D. 147/27) per il degasaggio. In caso questo non sia possibile, devono essere adottate idonee misure per il suo stoccaggio e impiego in sicurezza. Lo stoccaggio deve avvenire in locale fresco ed adeguatamente aerato, lontano da fonti di ignizione, al riparto da urti, senza presenza di materiali infiammabili e/o riducenti. Le linee di trasporto del gas devono essere controllate periodicamente. Nel piano di emergenza aziendale deve essere prevista l'eventuale fuga accidentale di gas. Informare il personale sulle azioni di emergenza da adottare in caso di fuga di cloro, effettuare esercitazioni periodiche in tal senso.
- Informazione e formazione del personale sui rischi di esposizione a gas , fumi, polveri e sui rischi di manipolazione del sodio metallico.

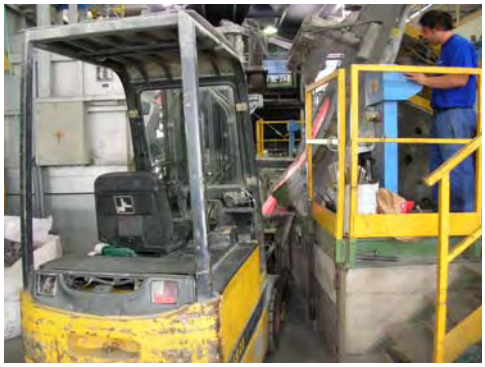
Figura 3.3.11. Trattamento di sferoidizzazione della ghisa con magnesio presidiato con cappa girevole
Figura 3.3.12. Postazione di degasaggio. Indicato il sistema di copertura della siviera dotato di tubazione di Aspirazione di fumi e polveri. Figura 3.3.13. Postazione di degasaggio. Affinazione presidiata da cappa



Fattore di rischio. Stress e affaticamento da calore. Correnti e sbalzi di temperatura
La presenza degli impianti fusori può determinare condizioni microclimatiche sfavorevoli per temperature elevate soprattutto in periodo estivo: si veda anche Scheda A8 nel paragrafo 3.12 "Analisi rischi e interventi comuni a più fasi". Le aspirazioni localizzate sui forni e la ventilazione di reparto consentono di disperdere il calore convettivo, ma non la componente di calore radiante che si irradia dalle strutture metalliche calde e anche dal metallo fuso durante i travasi dal forno e i trattamenti del metallo fuso.
Si sottolinea l'importanza di fare uso di altri utensili con manico lungo (raspe per scorifica, tazze per aggiunta scorificanti), così da non avvicinarsi in misura minore al bagno metallico.

Il disagio è fortemente accresciuto da interventi in condizioni di "asimmetria termica", ad esempio quando l'addetto opera di fronte a impianti caldi con forte calore radiante, ma con la contemporanea esposizione a correnti d'aria fredda in entrata da portoni o altre aperture, che lo colpiscono alla schiena.
Il personale può anche essere soggetto a forti sbalzi termici, specie nella stagione fredda, quando passa dalla zona fusoria ad aree esterne o in locali interni non riscaldati.
Le conseguenze negative di condizioni microclimatiche sfavorevoli sono di vario genere, quali lo stress da calore con conseguente calo del livello di rendimento di attenzione e sicurezza, patologie respiratorie e osteoarticolari, effetti negativi da interazione con altri fattori di nocività quali agenti chimici.

Figura 3.3.14. Spillaggio da forno a riverbero in siviera (il quadro di comando è posto a distanza di sicurezza)
Figura 3.3.15. Forno a riverbero con porta di carico parzialmente aperta. A destra il sistema di caricamento mobile



Gli interventi attuabili per controllare questo fattore di rischio sono :
- Aspirazioni o camini a ventilazione naturale posti a presidio dei forni al fine di evacuare il calore dall'ambiente lavorativo.
- Adeguata ventilazione generale, in relazione alle dimensioni dei capannoni e alla concentrazione di fonti di calore.
- Coibentazione e schermatura delle fonti di calore radiante che sono principalmente le pareti dei forni.
- Posizionamento degli impianti in modo da evitare situazioni di asimmetria termica con esposizione del personale sia a forte calore radiante che a correnti d'aria fredda; a tal fine è importante lo studio dei flussi d'aria in fase di progettazione dei locali produttivi.
- Organizzazione del lavoro che riduca al minimo la permanenza del personale nelle aree ad alta temperatura; a tal fine è particolarmente importante l'automazione dei processi di caricamento forni.
- Ridurre al minimo i trasferimenti rapidi del personale da aree calde ad aree a bassa temperatura; in caso fosse necessario dotare il personale di abbigliamento adeguato.
- Garantire adeguate pause di riposo in ambienti moderati per gli addetti che operano in zone calde, mettere a disposizione bevande fresche.
- Durante gli interventi con rilevante esposizione a calore radiante il personale deve far uso di abbigliamento a manica lunga e pantaloni lunghi in tessuto resistente al calore (es. cotone-kevlar), guanti protettivi, elmetto resistente a schizzi di metallo, visiera protettiva termoriflettente, scarpe di sicurezza resistenti al calore a sfilamento rapido, ghette resistenti al calore.
- Informare il personale sui rischi relativi al lavoro in condizioni microclimatiche sfavorevoli e sulle misure preventive da attuare.

<u>Fattore di rischio. Campi elettromagnetici a bassa frequenza</u>
Per la fusione di piccole quantità di leghe vengono utilizzati forni a induzione a crogiolo.
I forni a induzione operano su frequenza da 50 a 300 Hz, per piccole fusioni si utilizzano forni ad alta frequenza fino a 10 kHz.
Il caricamento di questi forni è effettuato generalmente a mano, il personale è esposto al campo elettromagnetico indotto dalle spire in cui passa la corrente elettrica.
Gli effetti per la salute dei lavoratori sono ancora oggetto di approfondimento negli ambienti scientifici internazionali; al momento attuale sono ben definiti gli effetti "termici" sull'organismo. Con la Direttiva

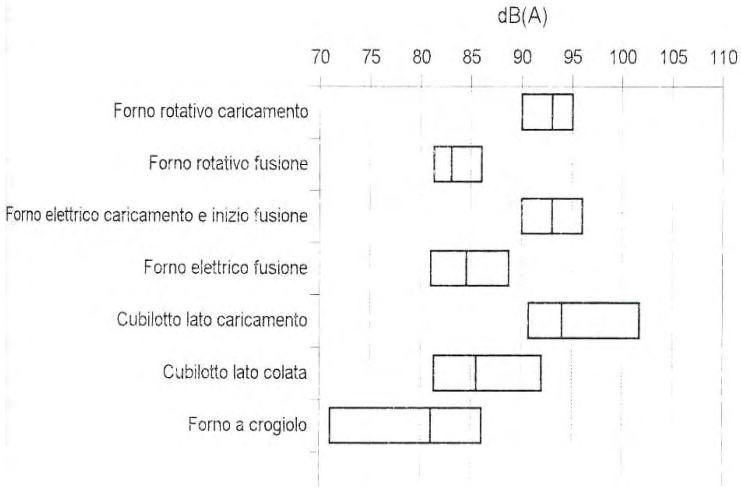
CEE/CEEA/CE n° 40 del 29/04/2004 sono stati definiti a livello europeo i limiti di accettabilità per esposizione dei lavoratori a CEM; in particolare la Direttiva stabilisce due tipi di limiti: i “valori limite di esposizione” e i “valori di azione” così definiti:

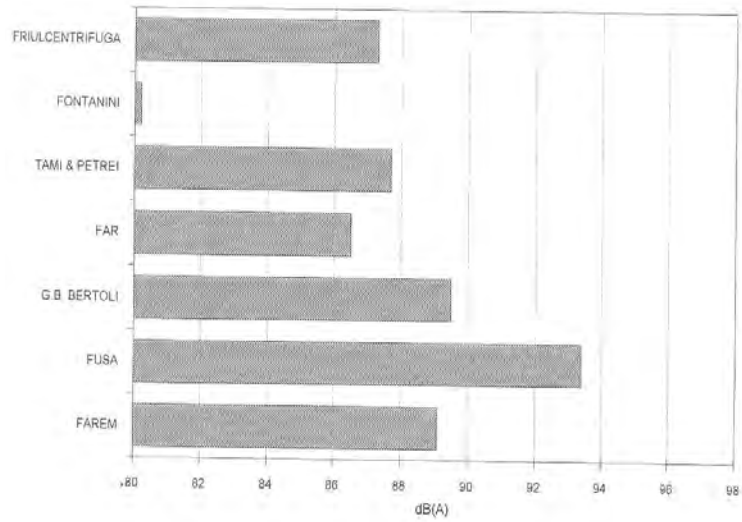
1- «valori limite di esposizione»: limiti all'esposizione ai campi elettromagnetici basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici siano protetti contro tutti gli effetti nocivi per la salute conosciuti;
3. «valori di azione»: in base all’entità dei parametri direttamente misurabili (intensità di campo elettrico, intensità di campo magnetico, induzione magnetica e densità di potenza), si determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nella direttiva. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione;
4. quindi ottemperando a questa Direttiva, che dove essere recepita nella normativa italiana, dovrà essere valutata e/o misurata l’esposizione dei lavoratori e in base ai dati ottenuti adottate idonee misure per contenerla entro i limiti previsti;
5. in base alla valutazione del rischio, i luoghi di lavoro in cui i lavoratori possono essere esposti a campi elettromagnetici che superino i valori di azione, dovranno essere segnalate e interdette, senza però introdurre rischi per la sicurezza.

E’ inoltre da prevedere idonea informazione dei lavoratori sui rischi e specifica sorveglianza sanitaria.

COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **Operazione specifica** **RISCHIO EVIDENZIATO**	**Preparazione del Fuso** **Caricamento del rottame e inizio fusione** **A1 Esposizione a rumore durante il caricamento del rottame e la fusione**
Mansioni coinvolte	Addetti al forno
Fattori di rischio evidenziati	IMPIANTI E MACCHINE Mancanza di separazioni anche parziali Postazione di lavoro non protetta PROCEDURE ORGANIZZATIVE Modalità operative non definite con precisione

Interventi:
Rivestire con gomma resistente all'abrasione le pareti interne dei cassoni di carico
Definire una procedura che preveda l'apertura della cesta o il rilascio del magnete da una altezza prossima al forno sicuramente ridurrebbe tale rumorosità.
Postazioni di lavoro protette
Una buona manutenzione degli impianti: di particolare importanza è la scelta, al momento dell'acquisto, di impianti e macchine con le minori emissioni sonore





Le fasi di caricamento del rottame sono le più rumorose assieme alla fase iniziale di fusione nel forno elettrico.
In particolare, l'elevata rumorosità della fase di caricamento è attribuibile al fatto che il carico viene rilasciato da altezze elevate.
Per il cubilotto le fasi critiche si individuano nella movimentazione del rottame con pala meccanica dal parco rottame alle tramogge, nelle operazioni di pesatura, nelle operazioni di pesatura e caricamento dell'elevatore a tazze (urti, sbattimenti tra parti metalliche) eseguite con scarsa attenzione, né alcun presidio (pareti rivestite in materiali fonoassorbenti) atto ad attenuare gli urti, nell'insufflazione dell'aria di combustione.
I livelli più contenuti di rumorosità del forno a crogiolo sono riconducibili principalmente alle modeste quantità di materiale caricato, alla sua pezzatura, al limitato impiego di sfridi e al graduale caricamento effettuato per lo più manualmente.
Quanto detto trova conferma nei valori medi di esposizione personale quotidiana al rumore rilevato per gli addetti del comparto udinese: valori più elevati negli addetti al forno elettrico e a cubilotto; valori più bassi per gli addetti al forno a crogiolo; in situazione intermedia gli addetti al forno rotativo, dove la breve ma rumorosa fase di caricamento tramite carrello incide poco.
Per il resto la rumorosità è riconducibile agli impianti di ventilazione e ai bruciatori del gas con valori che, misurati in varie fonderie, risultano mediamente compresi tra 80 e 85 dB(A).

3.4. Preparazione anime

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE
Approvvigionamento resine
Preparazione impasti
Riempimento cassa d'anima
Estrazione anima
Sbavatura/ Finitura
Verniciatura

L'anima si ottiene costipando la sabbia e gli additivi in un idoneo recipiente, noto con il nome di *cassa d'anima*, che ricalca esattamente la forma geometrica delle parti del manufatto che dovranno rimanere cave.
Le sabbie e gli additivi (leganti) sono miscelati nelle molazze e poi, tramite opportuni sistemi di adduzione, vengono compattati all'interno della cassa.

Di seguito sinteticamente sono riportati i metodi più comuni di produzione delle anime.
Manuale a resina: la produzione è manuale, su banco, con metodiche molto simili a quelle della formatura a resina con l'unica differenza che, invece di riempire la staffa, qui viene riempita la cassa d'anima.
*Ashland (*processo a freddo *"cold-box")*: in questo processo si usa sabbia silicea miscelata, tramite mescolatore automatico, con resine fenoliche e poliisocianati. L'insieme dei componenti è compattato per mezzo di aria compressa utilizzando una macchina specifica "*spara anime*". Una volta che la cassa d'anima è stata riempita, l'indurimento è ottenuto mediante l'insufflazione di catalizzatori in fase gassosa a base di ammine alifatiche.
*Shell-moulding (*processo a caldo *"hot-box")*: in questo processo le materie prime e gli additivi (sabbie prerivestiste con resine fenoliche: la percentuale della resina varia in funzione del prodotto che si vuole ottenere), lubrificanti e catalizzatori sono compattati all'interno della cassa mediante macchina spara anime. Le superfici calde della cassa d'anime (circa 250°) sciolgono il prerivestimento delle terre favorendo il conseguente incollaggio dei singoli granuli fino all'indurimento totale della massa. Una volta indurita, l'anima è estratta dallo stampo mediante idonei estrattori.
Insufflazione di CO_2: dopo aver stipato nello stampo la miscela sabbia di fonderia e additivi (silicati alcalini), l'indurimento è ottenuto attraverso l'insufflazione di anidride carbonica.

Per certi prodotti (per esempio, acciai speciali) le anime sono verniciate per migliorare la resistenza superficiale durante la colata e la solidificazione.
L'anima, una volta estratta dalla cassa che la conteneva, è rifinita manualmente per togliere eventuali sbavature e viene stoccata in attesa del suo impiego in formatura..

In questi ultimi anni la produzione interna di anime si è molto ridotta a favore di un sempre più largo impiego di manufatti acquistati da attività esterne.

Figura 3.4.1. Approvvigionamento sabbie per miscelatore macchina spara anime
Figura 3.4.2. Rifinitura con raspe manuali di anime preparate con processo a caldo

Impianti, macchine, attrezzature

Attrezzature/Impianti/Macchine	Rischi lavorativi
Silos	
Molazze	esposizione a polveri contatto con organi in movimento
Nastri trasportatori	esposizione a polveri contatto con organi in movimento
Spara anime	Rumore esposizione a fumi/gas/vapori
Impianto vaporizzazione CO_2	

Mansioni della fase

Addetto	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto animisteria	A terra	riempimento con terre delle casse d'anima precedentemente preverniciate con vernici e distaccanti compattazione delle terre con pestello pneumatico o tramite macchina insufflazione CO_2 estrazione e rifinitura

Rischi Infortunistici

Tabella 3.4.1.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

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO → OPERAZIONE → MODALITA'	DANNO ATTESO DANNO RILEVATO	INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI
R5	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
I 1 ⚠	→ Trasferimenti a terra in reparto → Caduta/ scivolamento in piano (su graniglia e sabbia)	Lesioni traumatiche	Si veda Fase Trasferimenti Manutenzione delle macchine Pulizia della pavimentazione Definizione aree stoccaggio e passaggio
A9	Ambienti scarsamente illuminati → Inciampi/ urti/ traumi durante il movimento	Lesioni traumatiche	Adeguamento illuminazione artificiale Manutenzione delle superfici illuminanti
	→ Estrazione anima da cassa d'anima → Investimento da vapori di distaccante	Ustioni chimiche Danno agli occhi Irritazione vie respiratorie	Utilizzo prodotti meno aggressivi Procedure operative Adozione e impiego di idonei DPI

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

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Nessuna evidenza

Rischi igienico ambientali

Tabella 3.4.2. Preparazione anime
Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

	IDENTIFICAZIONE RISCHI	DANNO ATTESO DANNO RILEVATO	INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI
A7	Rischi correlati alle esposizioni indebite da polveri e fumi metallici	Pneumoconiosi da polveri	Ridefinizione lay-out Separazione delle aree di lavoro Implementare gli impianti di aspirazione
	Vapori di sostanze organiche Nelle operazioni di preparazione anime e finitura manuale	Irritazione e bruciori vie respiratorie e occhi	Aspirazione localizzata
A10	Rumorosità → sfiati circuiti pneumatici delle macchine → esposizione indebite	Danni uditivi Danni extra uditivi	Ridefinizione lay-out Separazione delle aree di lavoro Insonorizzazione degli impianti

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

3.5. Preparazione terre

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE
Recupero e riciclo terre
Frantumazione, vagliatura, separazione parti metalliche
Miscelazione con molazza
Trasporto attraverso nastri trasportatori

Le sabbie nuove arrivano allo stabilimento veicolate da camion-cisterna, e tramite trasporto pneumatico vengono caricate nei silos di raccolta posti esternamente ai reparti produttivi.
Le terre di recupero, provenienti dalle operazioni di distaffatura e raccolte inferiormente alle posizioni di formatura, prima dello stoccaggio in sili, vengono rigenerate direttamente da impianto collocato in stabilimento oppure previo trattamento effettuato presso ditta esterna.

L'impianto terre è costituito da:
- silos di raccolta delle sabbie vergini e delle terre di recupero provenienti dagli impianti di distaffaggio;
- griglie vibranti, rompizzolla, deferrizzatore, depolveratori della sabbia, raffreddatori e depolverazione delle emissioni;
- impianto di molazzatura destinato alla miscelazione dei materiali e all'eliminare di eventuali grumi che si possono formare durante l'amalgama dei diversi prodotti: la sabbia nuova e quella rigenerata vengono miscelate assieme agli additivi (nero minerale, bentonite, amidine, premiscelati delle precedenti) e all'acqua;
- quadro di controllo dalla quale si gestisce in automatico l'intero processo di lavorazione delle terre;
- sistema di nastri trasportatori dedicati al rifornimento delle terre alle postazioni di formatura delle linee automatiche e delle postazioni manuali: in genere i nastri trasportatori si sviluppano a quota elevata, non sono canalizzati e risulta consistente l'inquinamento aerodisperso nelle sottostanti postazioni di lavoro, determinato dalla caduta e dispersione delle terre;
- sistema di tramogge e nastri trasportatori o coclee dedicato al recupero delle terre provenienti dall'impianto di distaffatura, che di norma sono collocate in cunicoli inferiori al piano di lavoro. Le dispersioni di polveri da questa raccolta sono penalizzate dalla presenza dei prodotti di decomposizione termica, che derivano dal riscaldamento subito durante la colata e il raffreddamento e comportano pesanti problemi connessi con la pulizia e la manutenzione dei cunicoli e dei nastri.

Figura 3.5.1. Impianto preparazione terre a verde. Molazza, deferrizzatore, impianto rompi zolle
Figura 3.5.2. Impianto preparazione terre. Condotti di aspirazione dei nastri di raccolta e trattamento terre

Nel caso della formatura chimica, la sabbia è miscelata tramite un impianto mescolatore a coclea assieme agli additivi (resine fenoliche, esteri, ecc.); l'impasto così ottenuto è fatto cadere sul modello per la successiva operazione di formatura.

Impianti, macchine, attrezzature

Attrezzature/Impianti/Macchine	Rischi lavorativi
Silos	Polverosità nel caso di caricamento dei sili non presidiato da aspirazione
Molazze	esposizione a polveri contatto con organi in movimento
Sistemi di vagliatura	Rumorosità Esposizione a polvere Contatto con organi in movimento
Nastri trasportatori	esposizione a polveri contatto con organi in movimento

Mansioni della fase

Addetto	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto Impianto terre	A terra	controlla il caricamento dei silos di stoccaggio; controlla la movimentazione delle terre di recupero e il loro stoccaggio nei silos; esegue operazioni di pulizia nastri trasportatori e condotti; controlla operazioni invio terre dai silos alle postazioni di lavoro carica gli additivi nella molazza; controlla la molazza

Fattore di rischio. Impianti e macchine
Si rimanda a quanto indicato trattando la Fase di *Colata*.

Fattore di rischio. Inquinanti aerodispersi
Il trasporto e la vagliatura delle terre dà luogo a diffusione di polveri costituite prevalentemente dalle sabbie, ma anche da residui delle resine e altri componenti di formatura. Si tratta di polveri eterogenee, che possono contenere silice libera cristallina (in caso di impiego di sabbie silicee per la formatura) e altre sostanze pericolose quali gli idrocarburi policiclici aromatici. Le terre di formatura non silicee, subiscano un progressivo arricchimento in silice dovuto all'impiego di terra silicea per la realizzazione delle anime.
La diffusione di polveri aerodisperse può essere contenuta in seguenti interventi:
- aspirazioni localizzate sui punti critici quali punti di caduta delle terre, impianti di vagliatura e comunque delle posizioni in cui il materiale è sottoposto a significativa sollecitazione meccanica;
- pulizie periodiche di reparto e degli impianti al fine di evitare accumuli di polveri; per la pulizia è opportuno l'impiego di mezzi aspirapolvere così da ridurre l'esposizione del personale addetto;
- installazione di canalizzazioni fisse destinate al convogliamento delle terre durante le operazioni di pulizia, per agevolare i sistemi di aspirazione e rendere più sicure le operazioni.

E' necessario che il personale sia dotato di maschere facciali per polveri, tute in tyvek, guanti da impiegare durante gli interventi con esposizione a polvere. Il personale deve essere informato sui rischi da esposizione a polvere e misure di tutela da adottare, deve essere garantito controllo sanitario specifico.

Figura3.5.3 . Figura 3.5.4. Impianto preparazione terre a verde. Dispersione di polvere e vapori dai nastri

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-muolding*, 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 (SiO_2) è una delle terre più comuni e una delle più usate, anche per il suo basso costo. La cromite ($FeO.Cr_2O_3$) 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 ($ZrSiO_4$) 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 sformatura.

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 carroponte 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 carroponte 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 carroponte 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 carroponte 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 carroponte a servizio della formatura a macchina è comandato: da un operatore a terra oppure da un gruista dedicato a questa mansione. Spesso, lo stesso carroponte 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 **Vedi scheda R4**
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

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO **→ OPERAZIONE** **→ MODALITA'**	**DANNO ATTESO** **DANNO RILEVATO**	**INTERVENTI DI PREVENZIONE** **FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI**
I 5 ⚠	→ formatura automatica in linea → schiacciamento tra parti fisse della macchina e protezioni	Lesioni traumatiche Amputazioni	Procedure carenti Mancanza di schermi
I 6 ⚠	→ movimentazione staffe → caduta sugli impianti, urto, schiacciamento	Contusioni Ferite	Introduzione di mezzi movimentazione Revisione flussi delle staffe Comunicazione fra gli operatori
I 7	→ 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
I 1 ⚠	→ transiti a terra nell'area di lavoro → urti, inciampi	Lesioni traumatiche Distorsioni	Vedi infortunio I 1 Fase Trasferimenti Presenza di depositi
R5	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
A9	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

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO	**DANNO ATTESO**	**FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI** **INTERVENTI DI PREVENZIONE**
A7	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
A2 **A10**	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 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.

COMPARTO **Fase di lavorazione** **Tipologia di rischio**	**FONDERIA** **Formatura** **R4. Macchina Formatrice a vibroscossa**
Mansioni coinvolte	Addetti alla macchina formatrice
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI 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. CONDIZIONI AMBIENTALI Polveri aerodisperse. IMPIANTI E MACCHINE 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. MOVIMENTAZIONE MECCANICA 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. PROCEDURE OPERATIVE Formazione/Informazione sui rischi specifici. Procedure mancanti/carenti. MEZZI DI PROTEZIONE PERSONALE Mezzi forniti; talvolta carenti e spessissimo non impiegati.

<u>Interventi:</u>
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.
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
Separazione tra le aree di lavoro.
Rendere protette le zone di accesso agli impianti.
Prevedere una costante manutenzione e non limitarsi a quelle straordinarie durante la sosta della produzione.
Migliorare l'illuminazione dell'ambiente di lavoro (pulizia superfici finestrate, impianto illuminazione artificiale).
Informazione/Formazione specifica degli operatori sui rischi presenti in questa lavorazione.

Schemi, disegni, fotografie

COMPARTO **Fase di lavorazione** **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**FONDERIA** **Formatura automatica** **Lubrificazione delle conchiglie della macchina di formatura** **I 5** ⚠
Modalità di accadimento	Schiacciamento tra parti fisse della macchina e protezioni Prima dell’utilizzo, eseguita con un sistema automatico, (il sistema è costituito da un carrello con a bordo un carrellino che scorre su due guide ed effettua la lubrificazione con moto alternativo), l’operatore posiziona il carrello, con a bordo il sistema spruzzatore, in linea con la conchiglia e imposta il ciclo di spruzzate. L’operatore aveva posizionato il carrellino in linea con la conchiglia che era posizionata sui rulli, aveva bloccato le ruote con un cuneo e aveva programmato 25 cicli di lubrificazione. La conchiglia viene posizionata sui rulli e viene fatta ruotare. Mentre ruota, la lancia spruzzatrice, che è a bordo del carrello, con moto alternativo effettua la lubrificazione. Dopo un certo tempo l’operatore aveva notato che il carrellino era a fine corsa cioè a riposo, e controllando il conta ciclo aveva letto il numero 25. Aveva pensato che l’operazione fosse terminata e pertanto si accingeva a spostare il carrello. Per spostarlo doveva togliere il cuneo da sotto la ruota e per farlo aveva introdotto la mano all’interno delle guide del carrello. Il carrellino si riavviava per riprendere e finire il ciclo, causando lo schiacciamento dell’avambraccio dell’operatore.
Mansioni coinvolte	L’operatore è addetto al reparto colata cilindri orizzontale e svolge la mansione di colatore e provvede anche alla lubrificazione
Osservazioni Discussione	Si trattava di operazione ordinaria, quindi veniva eseguita giornalmente Carrellino costruito artigianalmente e con pochi requisiti di idoneità Era abitudine inserire la mano all’interno delle guide per rimuovere il cuneo, anziché rimuovere il cuneo dall’esterno delle guide Prassi consolidata: abitudine a non bloccare la macchina attraverso l’interruzione dell’alimentazione e affidare il blocco del carrellino ad un semplice conta cicli;
Fattori di rischio evidenziati	operazione di rimozione del cuneo effettuata con carrello ad impianto attivo; mancanza di procedure specifiche; mancanza di schermi;
Interventi	adeguata la parte elettrica con installazione a bordo del carrello di un quadro con pulsanti di marcia e arresto e pulsante di arresto e di emergenza; istituite procedure specifiche; installato schermo per impedire l’accessibilità alla zona di movimento pericoloso del carrellino;
Schemi, disegni, fotografie	

COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**Formatura a macchina** **Movimentazione delle staffe** **I 6** ⚠
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Intrappolamento e inciampo durante la movimentazione delle staffe Addetti alla preparazione delle forme
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Presenza di ostacoli e ingombri IMPIANTI E MACCHINE Inadeguatezza della tecnologia in uso (non tutti gli impianti hanno le vie a rulli) Assenza di idonei dispositivi di comunicazione tra gli operatori MOVIMENTAZIONE MECCANICA Modalità di sollevamento e trasporto non sicure Sistemi di movimentazione condotti a mano PROCEDURE ORGANIZZATIVE 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

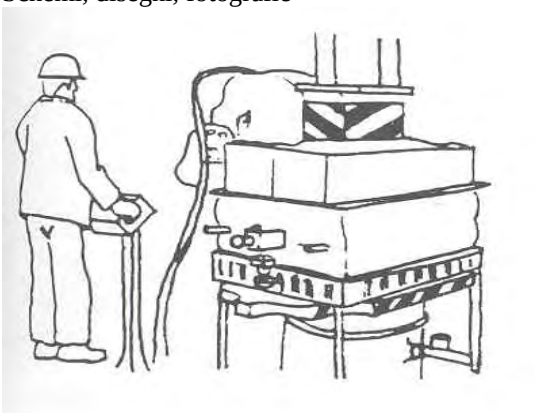
Razionalizzazione dei depositi
Collocazione di una via a rulli a facilitare la movimentazione delle staffe.
Accoppiamento delle staffe eseguito da due operatori

COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**Formatura con macchina a vibro scossa** **Preparazione delle forme** **I 7 Posizione di lavoro inadeguata come collocazione e spazio**
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Caduta dal pulpito di comando della macchina formatrice 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
<u>Interventi:</u> 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.	

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

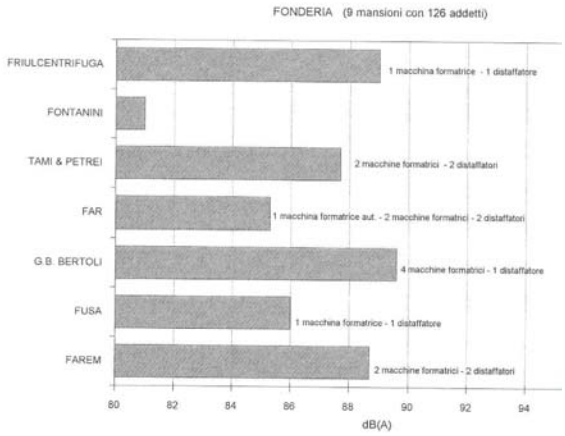
Schemi, disegni, fotografie

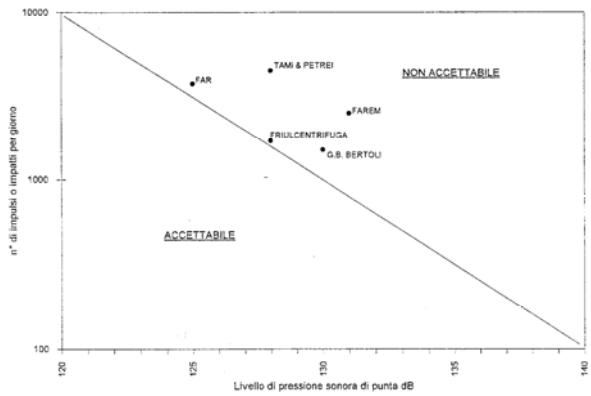


Le principali sorgenti nell'area fonderia sono costituite dalle macchine formatrici e dai distaffatori presenti in tutte le aziende del comparto.
Le macchine formatrici a vibroscossa presentano livelli elevati di rumorosità; la consistente variabilità osservata nell'indagine, 84-107 dB(A), è inoltre 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.





3.7. Colata

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE
Posizionamento siviera e operazioni preliminari
Colata in forma
Colata in conchiglia

Colata in forme da demolire

Il metallo è travasato utilizzando una siviera che lo trasferisce nell'area di colata o utilizzando uno specifico *forno di attesa* o *di colata*. In alternativa, l'operazione di colata può essere effettuata senza siviera e senza forno di attesa, convogliando, tramite un idoneo canale, il prodotto fuso fino alle staffe.

Le dimensioni delle siviere variano: nel caso di forno elettrico ad arco sono più grandi, sono movimentate con carroponte (e risulta fondamentale il perfetto coordinamento tra gruista e colatore che tramite un'asta a immersione o un cassetto gestisce l'apertura del foro di colata); nel caso di forno a crogiolo le siviere sono di capacità ridotta e vengono spinte manualmente lungo rotaie sospese o su carrelli a terra.

Il travaso manuale del metallo dalla siviera alle forme avviene tramite:

- inclinazione comandata direttamente a mano utilizzando una leva fissa;
- inclinazione comandata a mano ruotando un volante che trasmette il moto alla siviera con un riduttore;
- apposita tazza (o mestolo), sistema impiegato prevalentemente sulle macchine di pressofusione in alternativa a sistemi meccanizzati di travaso.

Colato il metallo ha inizio il raffreddamento del getto, che richiede tempi differenti in funzione della massa e della geometria.

Figura 3.7.1. A sinistra: forme dopo colata. A destra forme pronte per la colata. L'addetto alla colata percorre il corridoio ed è esposto ai prodotti di degradazione dalle forme durante il raffreddamento
Figura 3.7.2. Colata in forme refrattarie allineate dopo formatura automatica in linea a carosello

Figura 3.7.3. Colata in forme refrattarie effettuata con siviera sospesa a carroponte
Figura 3.7.4. Colata in forme refrattarie tramite rotazione manuale della siviera con volante e riduttore

Colata in forme permanenti
La colata in forme permanenti può svilupparsi secondo diverse tecniche.

Colata a gravità. Il liquido è colato in stampi metallici permanenti (macchine di *conchigliatura*), in cui possono essere inserite anime in sabbia e resina. La colata avviene generalmente mediante braccio meccanico che preleva il liquido da un forno di attesa; l'operazione può anche essere svolta manualmente con impiego di apposita tazza. Una volta solidificato il metallo, lo stampo si apre e il getto viene estratto manualmente o tramite manipolatore. Al fine di favorire il distacco del metallo dallo stampo tra una colata e l'altra viene applicato manualmente del distaccante in polvere o liquido mediante sistemi a spruzzo. I pezzi in uscita dalla macchina vengono prelevati dall'addetto alla macchina e posti in cassoni a bordo macchina.

Colata a bassa pressione. Molto simile alla precedente tecnica: in questo caso il metallo è iniettato nello stampo mediante un gas in bassa pressione. Si ottengono finiture superficiali molto elevate; questa tecnica è utilizzata soprattutto per i prodotti in alluminio, in particolare nel settore automobilistico e dei veicoli in genere.

Colata centrifuga: Si applica per produrre pezzi cilindrici o simmetrici rispetto a un asse longitudinale. Con questa tecnica si riescono a ottenere elevate proprietà meccaniche del pezzo non ottenibili con gli altri metodi di colata.

Colata in conchiglia ad alta pressione (pressocolata). Il metallo liquido è iniettato in pressione nella conchiglia; ciò richiede l'uso di macchine e impianti ausiliari di notevole costo. Tale processo viene impiegato solamente per produzioni in grandi serie, laddove è possibile realizzare getti a basso costo unitario, di notevole finitura superficiale, elevate caratteristiche meccaniche e tolleranze assai ristrette, tali da ridurre al minimo le lavorazioni meccaniche successive. La colata a pressione, diversamente che per i metalli non ferrosi, non viene utilizzata per i getti di ghisa e di acciaio.
In alcuni casi alle macchine di colata sono asserviti robot e altri dispositivi meccanici per la movimentazione del metallo fuso, dei getti solidificati e anche per la smaterozzatura dei getti (si veda fase successiva).

Figura 3.7.5. Colata con tazza in macchina conchigliatrice
Figura 3.7.6. Prelievo manuale con tazza del metallo da crogiolo

Impianti, macchine, attrezzature

Attrezzature/Impianti/Macchine	Rischi lavorativi
Siviera	Investimento con materiale fuso durante la fase di colata e di preriscaldo con lancia
Carroponte	Coordinamento tra operatore/i a terra e gruista

Mansione della fase

Addetto	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto colatore	Postazione fissa (cabina) Fra le linee di colata	Sorveglianza/ manovra del travaso in linee a carosello Trasferimento della siviera. Travaso del liquido Ripristino del refrattario (siviera, becco, canali di colata)
Addetto macchina conchigliatrice	Presso la macchina	Controllo operazioni automatizzate Prelievo del metallo Estrazione del getto, accumulo in cassoni Applicazione del distaccante

Fattori di rischio infortunistico

Tabella 3.7.1. Colata. 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

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO **→ OPERAZIONE** **→ MODALITA'**	**DANNO ATTESO** **DANNO RILEVATO**	**INTERVENTI DI PREVENZIONE** **FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI**
I 8 ⚠	→ operazione di colata in staffe, in centrifuga, in pressofusione → investimento da materiale ustionante	Ustioni da calore Lesioni oculari	Schermi senza manutenzione Coordinamento fra colatore e gruista Procedure non applicate Dispositivi Personali idonei
	→ Preriscaldo della siviera → investimento da parte di materiale fuso	Ustioni da calore Lesioni traumatiche	Definizioni di idonee postazioni di lavoro segregate e lontane dal passaggio di materiali/persone/mezzi
	→ colata in siviera e colata in staffe → inciampi e urti	Ferite e contusioni	Transiti di colata ordinati e sgombri Manutenzione pavimentazione Definire delle aree di deposito Definire le linee di flusso dei materiali
	→ Rifacimento canale di colata o sostituzione cassetto siviera → schiacciamento con materiale refrattario	Lesioni traumatiche	DPI mancanti o inadeguati Procedure operative
	Mezzi di trasporto metallo fuso	Ustioni da calore Investimenti persone Eventi mortali	Organizzazione viabilità. Segnaletica Limitazione velocità. Formazione Esclusione depositi di materiali combustibili o infiammabili
	Contatto con metallo fuso e con parti ad elevata temperatura	Ustioni da calore	Sistemi automatizzati di colata Attrezzature idonee e pulite Coibentazione delle strutture Dispositivi individuali di protezione
	Incendio ed esplosione	Ustioni da calore	Presenza di materiale combustibile o infiammabile vicino ai percorsi Condizioni tubazioni rigide e flessibili Procedure nell'impiego di fiamme libere
	Macchine e attrezzature di colata	Lesioni traumatiche Amputazioni Eventi mortali	Spazi idonei, sgombri e puliti Macchine segregate Zona pericolosa protetta Procedure di impiego e di manutenzione

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Numero	Legge/ Articolo	
2	547/374	carente manutenzione delle strutture e degli impianti
2	547/72	dispositivo di blocco con il funzionamento dei dispositivi di protezione
1	547/43	protezione dei manovellismi di trasmissione del moto
1	547/68	protezione degli organi lavoratori e delle zone di operazione delle macchine

Fattore di rischio. Mezzi di trasporto metallo fuso

Le siviere con il metallo fuso provenienti dai forni o dalla postazione di trattamento, possono essere trasportate con carrello elevatore elettrico alle successive fasi di colata o stampaggio.
In questo caso, oltre ai rischi tipici già affrontati, bisogna considerare il rischio aggiuntivo dovuto al trasporto di metallo fuso. Errate manovre o anche solo brusche frenate del mezzo possono determinare sversamenti del metallo liquido con rischio di ustioni per il personale presente nell'area e per il conduttore del mezzo, inoltre vi è il rischio di innesco di incendio in caso il metallo venga a contatto con materiali combustibili.

Le precauzioni adottabili per limitare questi rischi, oltre a quelle generali già indicate precedentemente (si veda Fase "*Stoccaggio materie prime*") sono:

- Le postazioni di trattamento devono essere il più vicino possibile ai forni, al fine di ridurre al minimo il tragitto delle siviere con metallo fuso.
- Il riempimento delle siviere non deve essere eccessivo, così da lasciare un margine di movimento del metallo liquido all'interno senza che questo fuoriesca.
- Verificare la possibilità di dotare le siviere di coperchio durante il trasporto metallo.
- Le aree di movimentazione delle siviere devono essere segnalate, con divieto di accesso ai non addetti.
- Nella aree di movimentazione siviere non stoccare materiale combustibile e o infiammabile. Eventuali impianti elettrici devono essere posizionati in modo tale da non essere raggiunti da sversamenti accidentali di metallo fuso.
- I carrelli devono procedere a passo d'uomo; la siviera deve essere tenuta bassa; deve essere definita procedura di sicurezza per la conduzione dei carrelli con siviera contenente metallo fuso.
- I carrellisti devono ricevere specifica formazione.
- Verificare l'opportunità di proteggere la postazione di guida del carrellista con vetro anticalore resistente a schizzi di metallo fuso.

Figura 3.7.7. Trasporto di siviera alla zona di colata con carrello elevatore

Fattore di rischio. Ustioni

Il personale è esposto a rischi di ustioni primariamente per contatto accidentale con metallo fuso e secondariamente per contatto con parti ad alta temperatura di macchine e altre attrezzature di lavoro.
Schizzi di metallo fuso possono essere dovuti a spandimenti accidentali dalle siviere durante il trasporto alla postazione di colata (vedi. *Fattore di rischio. Mezzi di trasporto metallo fuso*), ma anche nella fase di colata dalla siviera nelle forme transitorie (staffe) o nella colata manuale in conchiglia.
La colata dalla siviera nelle staffe avviene generalmente con ausilio di carroponte o paranco, a volte con carrello elevatore. E' quindi importante che l'addetto alla movimentazione sia adeguatamente addestrato.
La colata manuale in conchiglia è effettuata prelevando il metallo fuso dal forni di attesa con apposita tazza e riversandolo poi nella conchiglia. Questa modalità di colata è stata progressivamente sostituita generalmente

da sistemi automatizzati con braccio robotizzato, che permettono di evitare rischi di ustioni in quanto non si ha più manipolazione di metallo fuso.
Misure di sicurezza da adottare per ridurre il rischio di contatto accidentale con metallo fuso
- L'area di colata deve esser di dimensioni idonee e priva di ingombri
- Le tazze devono essere in buono stato e dotate di manico non cavo e di adeguata lunghezza
- Le tazze devono essere esenti di residui di oli o acqua per evitare reazioni che possano dar luogo a schizzi di metallo fuso
- Addestramento e informazione del personale
- Dotazione del personale di abbigliamento a manica lunga e pantaloni lunghi in tessuto resistente al calore, guanti protettivi, elmetto resistente a schizzi di metallo con visiera protettiva, scarpe di sicurezza resistenti al calore a sfilamento rapido, ghette resistenti al calore.

Riduzione del rischio di ustione per contatto con parti calde di macchine e attrezzature
- Coibentare o segregare le parti ad alta temperatura di macchine e impianti nelle aree di permanenza del personale
- Segnaletica di sicurezza a indicare la presenza di parti a elevata temperatura
- Usare abbigliamento a manica e pantalone lungo in tessuto resistente al calore e guanti anticalore.

Fattore di rischio. Incendio ed esplosione

1. Perdite accidentali di metallo fuso
Eventuali perdite o schizzi di metallo fuso durante il trasporto alle postazione di colata e durante la fase di travaso possono innescare materiali combustibili presenti nelle vicinanze.
E' quindi necessario che i percorsi di transito delle siviere con metallo fuso e le stesse aree di colata siano sgombre di materiali combustibili o infiammabili.

2.Utilizzo di fiamme libere
La presenza di fiamme libere è in genere legata all'operazione di riscaldamento delle siviere; il gas combustibile arriva alla fiaccola tramite sistema di tubazioni fisse e flessibili; la presenza di fiamme può costituire una sorgente di innesco quando siano presenti materiali combustibili o infiammabili; altro rischio è quello di fuga di gas infiammabili legata perdite dalle tubazioni di alimentazione (per usura o rottura di quelle flessibili o perdite da quelle fisse o ancora per spegnimento accidentale della fiamma.
Il rischio di incidente può ulteriormente aumentare se le fiamme non risultano presidiate.
Per prevenire i rischi è opportuno:
- utilizzare sistemi di accensione semiautomatica (accensione piezoelettrica) in modo da poter spegnere la fiamma ogni qualvolta si finisce di utilizzarla per poi riaccenderla in sicurezza, limitando i tempi di accensione
- tenere a debita distanza il materiale combustibile e le sostanze infiammabili
- installare dispositivi di sicurezza contro le fughe di gas che, grazie a una termocoppia, impedisca la fuoriuscita accidentale del gas qualora la fiamma si dovesse spegnere, evitando così il rischio della formazione di miscele esplosive
- controllare periodicamente l'assenza di deterioramenti dei tubi flessibili che collegano il rubinetto della tubazione fissa del gas alla fiaccola.
- chiudere il rubinetto della tubazione fissa ogni qual volta si finisce di utilizzare la fiaccola
- segnalare con cartello la posizione e la funzione delle leve per l'intercettazione del gas
- evitare di tenere accese fiamme per scaldare l'ambiente di lavoro nella stagione fredda.

Per quanto riguarda l'impianto di adduzione gas valgono le stesse considerazioni esposte nel capitolo relativo alla "*Fase Preparazione metallo*".

Fattore di rischio. Macchine e attrezzature
Nella fase di colata vengono utilizzate macchine di colata in conchiglia per gravità, di pressocolata, di colata a bassa a pressione, di centrifugazione; in alcuni casi a queste macchine sono asserviti robot e altri dispositivi meccanici per la movimentazione del metallo fuso e dei getti solidificati.
Si tratta di impianti che presentano organi meccanici in movimento, potenziale fonte di rischio di lesioni traumatiche gravi.

Il mantenimento di condizioni di sicurezza passa primariamente attraverso l'impiego di macchine rispondenti alle norme di sicurezza, in primo luogo il DPR 547/55 e il DPR 459/96 (recepimento della Direttiva macchine); quindi le macchine devono essere marcate CE e in caso siano state prodotte prima del 1996 devono essere conformi al DPR 547/55.
Di seguito si riportano le principali prescrizioni per l'uso in sicurezza delle macchine (elenco non esaustivo da utilizzare come *lista di controllo* per tutte le tipologie in questione).

Strutture e spazi
- Le macchine devono essere installate in spazi di idonee dimensioni e dotati di idonea illuminazione.
- Le macchine e gli spazi operativi circostanti devono essere tenuti puliti e sgombri da materiali che possono ostacolare le funzioni di controllo e di intervento degli addetti.

Impianti, macchine, attrezzature
- Tutti gli organi mobili che possono comportare pericolo devono essere opportunamente segregati e non accessibili.
- Non devono mai essere rimossi i dispositivi di protezione e di sicurezza delle macchine (schermi, barriere, sistemi di blocco del funzionamento, sistemi di blocco per contatto, pulsanti di stop di emergenza).
- Definire un programma di controlli periodici dell'efficienza dei dispositivi di sicurezza delle macchine.
- La segnaletica di sicurezza delle macchine deve essere in buono stato e tenuta pulita e ben visibile.

Procedure operative
- Gli addetti alle macchine devono essere addestrati al loro impiego, secondo le indicazioni riportate nei manuali d'uso e manutenzione e/o specifiche procedure di sicurezza.
- Gli interventi di manutenzione devono essere svolti solo da personale specializzato.
- Non si devono compiere registrazioni o riparazioni su macchine in moto, nei casi questo non fosse possibile attuare idonee misure di sicurezza alternative.
- Prima degli interventi di manutenzione le macchine devono essere fermate, devono essere predisposti cartelli di avviso sui quadri di comando per evitare l'avviamento intempestivo. Per evitare del tutto questo rischio il manutentore che interviene in postazioni particolarmente pericolose (es. interno di macchine di pressocolata, interno isole di colata in conchiglia servite da robot), la chiave di avvio dal quadro di comando, va tolta e custodita fino a fine intervento.
- Definire un programma di manutenzione preventiva delle macchine (l'efficienza oltre a garantire una migliore produttività è funzionale anche alla sicurezza).

Figura 3.7.8. Macchina di colata in conchiglia: la pedana è dotata di sensori di pressione che in presenza di persona fermano gli organi meccanici in movimento
Figura 3.7.9. Isola di pressocolata robotizzata: barriere di sicurezza a protezione dell'area d'azione del robot

Rischi igienico ambientali

Tabella 3.7.2. Colata. Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO	DANNO ATTESO	FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE
A7	Polveri aerodisperse e fumi metallici → colata → raffreddamento delle forme → ricaduta da aree forno e distaffatura	Bronchite cronica, Pneumoconiosi da polveri Irritazione vie respiratorie e occhi	Scelta dei leganti Sistemi di aspirazione localizzata Ventilazione generale Dispositivi individuali di protezione
A10	Esposizione a rumore → motori delle macchine → impianti di ventilazione → soffiaggi per la pulizia delle forme esposizioni indebite, da area forno (se forno elettrico ad arco) e da distaffatore	Danni uditivi Danni extrauditivi	Scelta macchine all'installazione Manutenzione macchine Vigilare sull'impiego dei DPI
A8	Stress e affaticamento da calore Sbalzi termici → fasi di travaso e di colata fasi di estrazione del getto	Aggravamento problematiche cardiocircolatorie, digestive e renali	Aspirazione e ventilazione generale Studio del lay-out e dei depositi Coibentazioni e schermatura calore radiante Evitare trasferimenti rapidi
	Radiazioni infrarosse e ultraviolette → controllo superfici incandescenti → operazioni di scorifica → operazioni di travaso → impiego cannelli e lance ossigeno	Processi invecchiamento dell'occhio Cataratta Danneggiamento retina	Inserimento di schermi Adozione di DPI specifici

A7, A8, A10: si veda anche al Capitolo 3.12 "Analisi rischi e interventi comuni a più fasi"

Fattore di rischio. Inquinanti aerodispersi

Le fasi di colata e di raffreddamento dei getti (nelle produzioni con formatura in sabbia) e di colata ed estrazione (nelle produzioni con colata in conchiglia o a pressione) possono generare vapori dovuti all'effetto di combustione e di degradazione termica delle sostanze chimiche presenti nella forma (leganti, catalizzatori e distaccanti). La diffusione di inquinanti aerodispersi è differente a seconda che la colata del metallo avvenga in forme di solo acciaio (es. conchiglie di pressocolata), piuttosto che in forme realizzate in sabbia-resina e/o contenenti anime in sabbia-resina.

Colata in forme di solo acciaio (pressocolata)
In questa fase produttiva, si possono diffondere vapori metallici dai forni di attesa posti a bordo macchina, i prodotti di combustione del metano (in particolare ossidi di azoto) normalmente utilizzato per alimentare i forni d'attesa, aerosol di prodotti distaccanti utilizzati per evitare l'adesione del metallo sulle conchiglie.
I prodotti distaccanti sono generalmente dispersioni acquose o oleose di polimeri sintetici, con presenza in alcuni casi di grafite colloidale e altri additivi.

Colata in forme con sabbie e anime legate con resine
Gli inquinanti che si diffondono in questo caso sono i seguenti:
- Vapori metallici dai forni di attesa
- Prodotti di combustione del metano di solito utilizzato per alimentare i forni di attesa
- Prodotti distaccanti liquidi o in polvere come il talco
- Fibre minerali dai materassini di materiale coibentante utilizzati per i forni di attesa, o posti a pavimento in zona di colata, per evitare che cadute a terra di gocce di metallo fuso diano luogo a schizzi
- Sostanze chimiche derivanti dal degrado termico delle resine e altri leganti utilizzati nelle terre e anime, in seguito alla colata di metallo fuso.
-

La Tabella 3.7.3 fornisce una valutazione qualitativa delle principali emissioni correlate ai diversi tipi di leganti.

Tabella 3.7.3. Prodotti di combustione e di degradazione termica derivanti da colata e raffreddamento dei getti

Sistema e tipo di legante	Sostanze emesse
Terra a verde - Argilla - Nero minerale - Acqua	Materiale particolato – fuliggine dalla combustione del nero minerale CO, CO_2 SOV
A guscio (shell) - Resina fenolo-formaldeide	Materiale particolato - fuliggine da combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO_2 Fenolo, cresolo, xilenolo Ammoniaca, aldeidi, benzene
Alcalino – fenolico - Resina a base di resolo , fenolica alcalina – formaldeide - Indurimento con gas - autoindurente	Materiale particolato - fuliggine da combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO_2 Formaldeide Fenolo, cresolo, xilenolo Composti aromatici
Fenolico-uretano - indurimento con gas (cold box) - autoindurente	Materiale particolato - fuliggine da combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO_2 Formaldeide Fenolo, cresolo, xilenolo Composti aromatici Anilina, naftalene, ammoniaca
Furanico Resine a base di: - Fenolo - Urea - Alcol furfurilico Formaldeide	Materiale particolato - fuliggine da combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO_2 Fenolo, cresolo, xilenolo Formaldeide Composti aromatici SO_2, ammoniaca, anilina
Hot box (cassa d'anima calda) Resine a base di: - Fenolo - Urea - Alcol furfurilico - Formaldeide	Materiale particolato - fuliggine da combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO_2 NO_x Fenolo, cresolo, xilenolo Formaldeide Composti aromatici Ammoniaca, anilina
Sabbia-olio Olio di lino e destrine	Materiale particolato - fuliggine da combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO_2 Butadiene Acroleina, chetoni
Processi con CO_2 Silicato di sodio	CO, CO_2
Silicati con esteri Silicato di sodio	CO, CO_2 Alcani, acetone, acido acetico Acroleina

Gli interventi attuabili per limitare l'esposizione degli addetti sono i seguenti:

- Aspirazioni localizzate a presidio dei forni di attesa
- Aspirazioni localizzate a presidio delle macchine di colata o sulle postazioni di colata in staffa.
- Ventilazione generale di reparto idonea a garantire un sufficiente ricambio d'aria.
- Scelta di prodotti (resine, catalizzatori, distaccanti) con le migliori caratteristiche tossicologiche.
- Utilizzo di tappetini coibentanti in lana minerale non a base di fibre ceramiche refrattarie; in ogni caso verificare le schede di sicurezza ed evitare l'impiego di fibre minerali cancerogene.
- In caso di impiego di talco come distaccante verificare che il contenuto di quarzo e di asbesto residuo sia almeno inferiore a 1%.
- Informazione e formazione del personale sui rischi di esposizione e sulle misure precauzionali da adottare.
- Il personale deve essere dotato di maschere filtranti per polveri e SOV da impiegare nella fasi con possibile esposizione.

Figura 3.7.10. Macchina conchigliatrice. Applicazione di polvere di talco su stampo in conchiglia

Figura 3.7.11. Isola di stampaggio in conchiglia posta sotto aspirazione, le bandelle in plastica consentono un efficace convogliamento del flusso d'aria. Figura 3.7.12. Cappa di aspirazione a servizio di isola di pressocolata

Fattore di rischio. Rumore

In area di colata la rumorosità è variabile a seconda del tipo di impianti utilizzati. Vi è una rumorosità di fondo dovuta agli impianti di ventilazione e di aspirazione localizzata e ai motori elettrici della macchine; a questa rumorosità di fondo si sommano emissioni sonore discontinue quali soffiaggi con aria compressa per pulizia di pezzi e stampi, mezzi di trasporti interni, allarmi e segnalazioni acustiche degli impianti, operazioni di sabbiatura a ghiaccio secco delle conchiglie; queste ultime estremamente rumorose con valori di rumore per l'addetto anche superiori a 100 dB(A).

Dati rilevati in vari stabilimenti su reparti di colata in conchiglia per gravità, a bassa pressione e presso colata, hanno evidenziato valori di esposizione acustica media giornaliera che si collocano tra 85 e 87 dB(A).

Di particolare importanza è la scelta, al momento dell'acquisto, di impianti e macchine con le minori emissioni sonore. La manutenzione degli impianti, si pensa in particolare alle macchine di pressocolata, contribuisce anche al contenimento della rumorosità.

Fattore di rischio. Stress da calore. Sbalzi di temperatura

La fase di colata è generalmente caratterizzata da condizioni microclimatiche sfavorevoli per temperature elevate determinate dalla presenza di rilevanti fonti di calore quali i forni di attesa, le macchine di colata, i depositi di getti metallici appena estratti dalle conchiglie e quindi ancora caldi. Inoltre la componente di calore radiante emesso dalle superfici metalliche calde influenza notevolmente la condizione microclimatica.
Il disagio può essere accresciuto dal fatto che il personale operante alle macchine di colata svolge mansioni di movimentazione manuale dei getti (estrazione dalle macchine, deposito su pallet o in casse, piccole finiture, ecc..), che comportano un dispendio metabolico importante. Da considerare inoltre che il lavoro alle macchine di colata richiede in genere una permanenza continuativa degli addetti per tutto il tempo di lavoro.

Come già detto per quanto per la fase fusoria il disagio è fortemente accresciuto da interventi in condizioni di "asimmetria termica", ad esempio quando l'addetto opera di fronte a impianti caldi con forte calore radiante, ma con la contemporanea esposizione a correnti d'aria fredda (in periodo invernale) in entrata da portoni o altre aperture, che lo colpiscono alla schiena.
Il personale può anche essere soggetto a forti sbalzi termici, specie nella stagione fredda, quando passa dalla zona fusoria ad aree esterne o in locali interni non riscaldati.

Gli interventi attuabili per controllare questo fattore di rischio sono:

- Aspirazioni forzate poste a presidio dei forni di attesa e delle macchine di colata al fine di evacuare il calore dall'ambiente lavorativo.
- Adeguata ventilazione generale, in relazione alle dimensioni dei capannoni e alla concentrazione di fonti di calore.
- Coibentazione e schermatura delle fonti di calore radiante che sono principalmente le pareti dei forni di attesa e le superfici delle macchine di colata.
- Posizionamento degli impianti in modo da evitare situazioni di asimmetria termica con esposizione del personale sia a forte calore radiante che a correnti d'aria fredda; a tal fine è importante lo studio dei flussi d'aria in fase di progettazione dei locali produttivi.
- Evitare, per quanto possibile, lo stoccaggio temporaneo di grosse quantità di getti ancora caldi in prossimità delle postazioni di lavoro degli addetti alle macchine di colata; questi stoccaggi sono infatti una forte fonte di calore radiante. Per ridurre l'irraggiamento si può prevedere di porre i pezzi in casse con pareti metalliche chiuse, anzichè su pallets.
- Organizzazione del lavoro che riduca al minimo la permanenza del personale nelle aree ad alta temperatura; a tal fine è particolarmente importante l'automazione dei processi.
- Ridurre al minimo i trasferimenti rapidi del personale da aree calde ad aree a bassa temperatura; in caso fosse necessario dotare il personale di abbigliamento adeguato.
- Garantire adeguate pause di riposo in ambienti moderati per gli addetti che operano in zone calde, mettere a disposizione bevande fresche.
- Informare il personale sui rischi relativi al lavoro in condizioni microclimatiche sfavorevoli e sulle misure preventive da attuare.

COMPARTO **Fase di lavorazione** **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**FONDERIA** **Colata centrifuga** **Centrifugazione della ghisa in macchina conchigliatrice centrifuga** **I 8** ⚠
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Investimento da parte di metallo fuso L'operatore sostava, come normalmente, frontalmente alla macchina, alla distanza di circa 2 m, in attesa che finisse il ciclo per estrarre il getto. La rottura del sistema di trattenuta a ganci del disco di chiusura dello stampo o un'iniziale installazione manuale difettosa del disco stesso unitamente alla presenza di sistemi di chiusura (sportelli) della macchina in funzione inidonei consentiva alla ghisa incandescente in forte rotazione di fuoriuscire e investire l'addetto ustionandolo. Un operatore con mansione di fonditore
Osservazioni Discussione	Sulla centrifuga i sistemi in uso per il di bloccaggio del disco a chiusura dello stampo potevano essere di due di due tipi. Uno a ganci l'altro, più sicuro con dadi e bulloni. La parte frontale della macchina disponeva di due sportelli. Sul primo erano montate due piccole siviere, sul secondo le canaline di collegamento e di alimentazione agli stampi. In produzione veniva chiuso solo la sportello interno quello delle canaline. Il sistema di chiusura dei due sportelli era semplicemente a chiavistello. I fori d'introduzione delle canaline sullo sportello interno erano stati modificati e allargati per esigenze produttive dalla ditta. Questa macchina, alquanto vetusta e particolare, produce esclusivamente cilindri di ghisa. Il ciclo durava da pochi minuti a un quarto d'ora, secondo la dimensione dei pezzi. In pratica la macchina poteva funzionare a difesa aperta
Fattori di rischio evidenziati	Complessiva inadeguatezza della tecnologia in uso Protezione degli organi in movimento inadeguata Posizione di lavoro senza condizioni di sicurezza Inadeguato fissaggio dei pezzi in lavorazione
Interventi	Sul portello interno sono state ridotte del 30% le aperture attraverso le quali si inseriscono i canali di alimentazione della ghisa fusa limitando gli spazi di accesso agli interni delle centrifuga. Sul medesimo portello, a ulteriore segregazione della zona di rotazione degli stampi, è stata installata una chiusura a ghigliottina, collegata con un automatismo di movimentazione orizzontale e regolata da un temporizzatore regolabile sulla durata della centrifugazione. Esso è costituito da una lastra metallica posta sulle aperture sopraccitate e scorrevole su guide. Il portello è stato inoltre dotato di un microinterruttore che dà il consenso all'apertura solo a centrifuga ferma e non permette il riavvio fino alla completa richiusura del portello stesso

3.8. Distaffatura. Sterratura

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE
Distaffatura
Asportazione boccame e materozze (smaterozzatura)
Movimentazione getti
Evacuazione boccame
Sterratura
Sabbiatura e/o granigliatura

Terminata la solidificazione del metallo, le forme inserite nelle staffe devono essere demolite per potere estrarre il getto.
Nelle linee a carosello con trasferimento lungo vie a rulli le staffe vengono convogliate alla postazione di distaffatura della linea. Negli altri casi vengono trasferite, di solito con carrello elevatore o carroponte, al piano vibrante di distaffatura. Il sistema di caricamento del distaffatore può essere:

- manuale: le staffe, movimentate tramite carro ponte da un operatore a terra, sono collocate sul piano vibrante per le operazioni di separazione;
- semiautomatico: le staffe sono collocate sulla griglia vibrante mediante una via a rulli collegata con l'area di colata. L'operatore a terra, tramite carroponte o piccolo carrello, preleva getti e staffe alla fine delle operazioni. Questa soluzione impiantistica favorisce gli interventi di incapsulamento e insonorizzazione con la conseguente riduzione dell'impatto acustico;
- automatico: in questo caso, un robot/manipolatore preleva le staffe e le posiziona sulla griglia vibrante.

L'operazione di demolizione è eseguita meccanicamente mediante scuotitori a griglia, costituiti da griglie orizzontali sulle quali vengono appoggiate le staffe. Attraverso l'azione di scuotimento del piano vibrante si ha la separazione tra le terre e il getto che rimane sulla griglia stessa. In alcuni casi è richiesto l'impiego di martello pneumatico per liberare il getto dai residui terra.
Il getto metallico liberato dalla terra viene posto a terra oppure in casse o bancali. Getti di peso elevato vengono prelevati con carrello o altri sistemi meccanizzati.

Le terre di risulta cadono sul vaglio del distaffatore; da qui vengono convogliate all'impianto di recupero terre: passano attraverso un separatore magnetico per la separazione delle parti metalliche, poi attraverso un setaccio, un rompizolle (talvolta una molazza) e infine sono convogliate ai silos di stoccaggio o inviate esternamente alle operazioni di lavaggio.
In alternativa la distaffatura di getti di non elevate dimensioni può essere realizzata tramite tamburo rotante: le forme, dopo colata e solidificazione del getto, vengono introdotte in testa a un tamburo che durante la rotazione garantisce la rottura delle forme e la cui inclinazione fa avanzare i getti distaffati.

Figura 3.8.1. Raccolta e impilamento manuale dei getti dal nastro in uscita dal distaffatore
Figura 3.8.2. Raccolta con forca dei getti da distaffatore a griglia vibrante e stoccaggio del getto in carrello e delle materozze in cassone

Figura 3.8.3. Estrazione del getto dal distaffatore tramite paranco (e forza muscolare)
Figura 3.8.4. Raccolta del getto da distaffatore a griglia vibrante con pala gommata

Dopo la distaffatura, viene effettuata la *smaterozzatura*, che consiste nel distacco delle parti eccedenti dei getti (canali di colata, alimentatori di colata, ecc.), note come materozze.
Le operazioni di smaterozzatura possono essere eseguite:

- direttamente sulla griglia del distaffatore o all'uscita del tamburo distaffatore, agendo manualmente con mazza, martello o con cunei idraulici (*apron*) o pneumatici, generalmente sostenuti da paranchi a carico bilanciato;
- su banchi grigliati dotati di aspirazione dal basso e in grado di ruotare in modo tale da favorire l'ergonomia della lavorazione, agendo con mazza o con cannello. Le postazioni di lavoro sono separate. In alcune, il banco di lavoro è caricato esternamente e poi, tramite binario, viene collocato all'interno della postazione di lavoro che risulta segregata (miglioramento dell'efficacia dell'aspirazione e dell'insonorizzazione);
- su cavalletti in aree delimitate ma prive di qualsiasi barriera di insonorizzazione e di qualsiasi sistema di captazione dei fumi prodotti dalla lavorazione. In queste postazioni di lavoro la pavimentazione è generalmente in terreno battuto;
- a terra, in prossimità del distaffatore.

L'area smaterozzatura in tutti i tipi di lay-out è vicina al distaffatore e ai forni per il trattamento termico.
Indipendentemente dai tipi di lay-out aziendali (compatto, periferico, allungato), questa è una delle aree più critiche dal punto di vista dei flussi e dei depositi di materiali lavorati o da lavorare.
La pavimentazione delle postazioni di lavoro di quest'area di lavoro sono in cemento a eccezione della zona di distaffatura e della zona di smaterozzatura, che di solito sono in terreno battuto.

Figura 3.8.5. Smaterozzatura dei getti effettuata con mazza
Figura 3.8.6. Posizionamento dei getti su banco per effettuare il taglio materozze

Per alcuni getti si rende necessaria una ulteriore rimozione dei residui di sabbia dalla forma (*sterratura* o pulitura), normalmente utilizzando una granigliatrice, che consente di ottenere una pulizia non accurata, ma

che rende visibile la superficie del getto per potere operare le successive le lavorazioni di asportazione delle bave di colata. Anche nel caso di colata in conchiglia per gravità, i getti devono essere liberati dalle anime in sabbia e resina: questa operazione è di solito eseguita in apposite macchine sterratrici e vibranti.

Impianti, macchine, attrezzature

Impianti, Macchine, Attrezzature	Rischi lavorativi
Impianti di sabbiatura e granigliatura	intrappolamento /schiacciamento durante sistemazione dei getti sui trespoli
Distaffatore a griglia vibrante	esposizione a rumore - esposizione ad aerodispersi intrappolamenti durante la movimentazione delle staffe
Tamburo distaffatore	Esposizione a rumore (riduzione rispetto a distaffatore) Esposizione ad aerodispersi (riduzione rispetto a distaffatore)
Martelli pneumatici	Vibrazioni mano-braccio
Carroponte	Difficoltà nel coordinamento tra operatore/i a terra e gruista

Mansioni della fase

Addetto	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto alla distaffatura	A terra	movimenta le staffe dall'area di colata al distaffatore gestisce le fasi di distaffatura movimenta le staffe vuote verso la via rulli o le apposite aree di stoccaggio movimenta i getti verso le fasi di smaterozzatura
Addetto smaterozzatura	a terra	movimenta getti con paranco; taglia le materozze con il cannello e con il martello pneumatico
Addetto al sabbiatura/granigliatura	a terra	movimenta getti con paranco o carroponte gestione impianto
Gruista	A terra (con pulsantiera) Cabina carroponte	movimenta staffe da area colata al distaffatore movimenta i getti dal distaffatore alla smaterozzatura

Rischio infortunistico

Tabella 3.8.1. Distaffatura. Sterratura.
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

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO → OPERAZIONE → MODALITA'	DANNO ATTESO DANNO RILEVATO	INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI
⚠	→ rimozione di incaglio al distaffatore → Investito dal getto sulla griglia	Ferite lacero-contuse Fratture	Mancanza di coordinamento fra gruista e operatore a terra Definizione di procedure operative
I 9	→ Movimentazione staffe dalla zona di colata al distaffatore → Intrappolamento degli arti superiori	Ferite Lesioni	Mancanza di coordinamento fra gruista e operatore a terra Definizione di procedure operative
I 10 ⚠ **R5**	→ Movimentazione dei getti → Urto/ caduta in operazioni di imbrago, disimbrago, sganciamento carico	Lesioni traumatiche Amputazioni Ferite	Definizione dei depositi e dei percorsi Manutenzione e pulizia della pavimentazione
⚠	→ Taglio materozze con cannello → Caduta di getti o materozze	Lesioni traumatiche Fratture	
	Movimentazioni manuali	Schiacciamenti Lesioni traumatiche Tagli e abrasioni	Idoneità personale addetto Adozione di sistemi meccanizzati Modalità corrette di movimentazione Guanti protettivi e scarpe infortunistiche

	Macchine e attrezzature	Lesioni traumatiche Schiacciamenti	Conformità delle macchine Evitare l'uso di seghe a nastro
	Utensili manuali		
	Contatto con getti a elevata temperatura	Ustioni da calore	Tempi per raffreddamento getti Dispositivi individuali di protezione

R5: si veda anche al Capitolo 3.12 "Analisi rischi e interventi comuni a più fasi"

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Nessuna evidenza

Fattore di rischio. Movimentazione manuale

Rischi connessi alla movimentazione manuale dei pezzi in lavorazione si evidenziano in operazioni quali prelievo pezzi da casse o pallets, taglio materozze e riposizionamento degli stessi in casse o pallets, carico scarico dei pezzi nelle granigliatrici.

I rischi sono quelli dovuti alla movimentazione di carichi pesanti a volte anche con posture incongrue. Vi sono inoltre i rischi di lesioni traumatiche, soprattutto agli arti inferiori, ma anche alle mani per caduta dei getti e rischi di tagli e abrasioni alle mani per eventuale presenza di bave taglienti.

Il personale deve esser dotato di guanti protettivi e scarpe antinfortunistiche con puntale rigido.

Per la prevenzione di patologie muscolo-scheletriche da sforzo, si raccomanda di evitare la movimentazione di pesi superiori a 30 kg, come indicato dal DLgs 626/94, privilegiando l'uso di mezzi meccanici; se questo non fosse possibile il carico deve essere movimentato contemporaneamente da più addetti.

Il personale adibito a tali mansioni deve essere fisicamente idoneo (controllo sanitario specifico) e deve essere informato dei rischi e delle corrette modalità di movimentazione manuale dei carichi.

Figura 3.8.7. Movimentazione dei getti con carrelli e delle materozze con cassoni trasferiti da carrello elevatore
Figura 3.8.8. Movimentazione di getti con sollevatore meccanico
Figura 3.8.9. Movimentazione dei getti con carroponte e attrezzature di sollevamento (di varia forma)

Fattore di rischio. Macchine e attrezzature

Per la smaterozzatura sono utilizzate macchine quali troncatrici, seghe a nastro, a volte anche utensili manuali quali martelli. In ambito industriale, nel caso di produzione di pezzi in serie, la smaterozzatura (unitamente alla sbavatura) vengono effettuate su isole di lavoro robotizzate.

I rischi per gli addetti a queste macchine sono quelli di lesioni traumatiche, soprattutto alle mani, in caso di contatto accidentale con le lame e i dischi di taglio delle macchine, traumi in caso di presa, trascinamento, schiacciamento da parte degli organi meccanici mobili delle isole robotizzate, rischi di proiezione di parti metalliche o di schegge con danni agli occhi o altri parti del corpo.

A questo proposito si veda quanto già indicato per questo fattore di rischio alla "*Fase Colata*", a cui aggiungere le ulteriori indicazioni:

- nella smaterozzatura evitare, per quanto possibile, l'impiego di macchine pericolose come la sega a nastro; a tal fine in aziende del settore si è ricorso all'automazione di questa fase.
- nell'impiego della sega nastro il personale non deve fare uso di guanti che potrebbero essere presi e trascinati dalla lama.

Figura 3.8.10. Cabina insonorizzata in cui è inserita isola di smaterozzatura e sbavatura getti
Figura 3.8.11. Granigliatrice in cabina insonorizzata. Macchina caricata e scaricata con nastro trasportatore

Figura 3.8.12. Isola robotizzata di sterratura, smaterozzatura, sbavatura dotata di nastro trasportatore per alimentare i getti da lavorare. Fotografia scattata durante intervento di manutenzione (segregazione aperta).
Figura 3.8.13. Macchina sterratrice per getti in ghisa. Intervento di disincaglio della colcea

Fattore di rischio. Utensili manuali

- Informare il personale sui rischi e sulle corrette modalità di impiego degli utensili.
- Definire procedure di sicurezza scritte.
- Utilizzare solo utensili in buono stato di efficienza. Il personale addetto deve effettuare controlli in tal senso.
- Gli utensili in relazione alla tipologia e pericolosità devono essere utilizzati in spazi adeguati; ad esempio la smerigliatura deve essere presidiata da aspirazioni, deve avvenire lontano da materiali infiammabili, le emissioni sonore non devono interessare altri lavoratori, gli utensili elettrici non devono essere impiegati in ambienti umidi.
- Sostituire i cavi elettrici degli attrezzi quando usurati, prevedere controlli periodici dei cavi flessibili di alimentazione.

- Utilizzare se possibile utensili con doppio isolamento o con isolamento rinforzato o in alternativa accertarsi che lo strumento disponga di messa a terra.
- Nel caso di lavori in luoghi bagnati, molto umidi, o in presenza di grandi masse metalliche, utilizzare utensili elettrici alimentati da sistemi a bassa tensione
- Utilizzare sempre i mezzi di protezione personale previsti in relazione al tipo di rischio determinato dall'utensile impiegato (es. elmetto, guanti protettivi, occhiali o schermi facciali, mascherine antipolvere, protettori auricolari, scarpe antinfortunistiche a puntale rigido).
- Gli addetti devono portare indumenti di lavoro adatti (tuta di lavoro), non portare indumenti ampi e con maniche larghe. In caso di capelli lunghi tenerli raccolti.
- Assicurarsi di avere lo spazio necessario all'uso degli attrezzi e di non rischiare di danneggiare altri lavoratori operanti nelle vicinanze.
- Nell'impiego delle smerigliatrici, prima di iniziare il lavoro, accertarsi che il pezzo da lavorare sia ben fissato e non si sposti.

Fattore di rischio. Contatto con getti a elevata temperatura
Rischio di ustioni, specialmente alle mani, nel caso di distaffatura di getti ancora caldi.
E' quindi opportuno che i getti siano lasciati raffreddare anche per ridurre la possibile esposizione a fumi e vapori.
In casi di manipolazione di getti e forme ancora calde il personale deve fare uso di guanti protettivi, abbigliamento a manica e pantalone lungo.

Rischi igienico ambientali

Gli impianti di distaffatura sono installati a cavallo della zona di colata e della zona di finitura.
Le dimensioni di questi macchinari variano in funzione delle tipologie produttive, e non è raro trovarne di dimensioni diverse all'interno dello stesso insediamento produttivo destinate a linee distinte. Solo in un limitato numero di entità produttive i distaffatori sono segregati e insonorizzati rispetto all'area circostante.
Queste lavorazioni sono particolarmente rumorose. In piccola parte possono essere contenute qualora l'operatore a terra sia in grado di gestire al meglio le fasi di contatto fra griglia del distaffatore e staffa. Un parziale miglioramento si può ottenere inserendo elementi gommosi/legnosi nel piano vibrante in modo da smorzare le fasi di contatto metallo/metallo.

Tabella 3.8.2. Distaffatura. Sterratura. Sintesi dei rischi igienico-ambientali

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO	**DANNO ATTESO DANNO RILEVATO**	**INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI**
A3 A7	Esposizione a inquinanti aerodispersi → Distaffatura → Sterratura	Bronchite cronica, Pneumoconiosi da polveri Irritazione vie respiratorie e occhi	Segreagazione del distaffatore Aspirazione Operazione con getti raffreddati Maschere filtranti
A4 A10	Esposizione a rumore → Fasi di distaffatura → Impiego utensili vibranti	Danni uditivi Danni extra uditivi	Segregazione degli impianti Rivestimento dei cassoni con materiale resistente all'usura Dispositivi individuali di protezione
	Vibrazioni → impiego di strumenti vibranti	Traumi e alterazioni degenerative ai sistemi articolari Morbo di Raynaud	Vedi Fase Finitura
A8	Stress Termico → fasi di distaffatura getti ancora caldi	Aggravamento problematiche cardiocircolatorie, digestive, renali	Formazione - Informazione DPI

A7, A8, A10: si veda anche al Capitolo 3.12 "Analisi rischi e interventi comuni a più fasi"

Fattore di rischio. Inquinanti aerodispersi

La fase di sterratura determina diffusione di polveri costituite prevalentemente dalle sabbie, ma anche da residui delle resine e altri componenti di formatura. Si tratta quindi di polveri eterogenee ma che possono contenere silice libera cristallina e altre sostanze pericolose quali gli idrocarburi policiclici aromatici.

Se la sterratura viene eseguita con staffe ancora calde può essere rilevante la dispersione aerea di fumi e vapori, la cui composizione varia in relazione al tipo di formatura (si veda anche "*Fase Colata*").

La soluzione più efficace per evitare la dispersione di inquinanti aerei è la segregazione della distaffatrice in cabina fonoisolante presidiata da aspirazione. Finita la vibrazione l'addetto attendere e intervenire all'interno della cabina solo dopo che le polveri aerodisperse sono state evacuate dall'aspirazione.

E' importante che la distaffatura avvenga dopo il raffreddamento dei getti al fine di ridurre al minimo la diffusione di fumi e vapori.

Il personale deve essere dotato di mascherine facciali idonee alla filtrazione di polvere e fumi (consigliabili di classe FFP2S), deve essere informato dei rischi da esposizione ad inquinanti aerodispersi, delle corrette procedure per ridurne la diffusione, del corretto utilizzo dei DPI forniti.

Fattore di rischio. Rumore

La distaffatura con griglia vibrante (Figura 3.8.14) comporta esposizione a elevata rumorosità, con valori, in prossimità della macchina superiori a 90 dB(A): si veda anche successiva scheda. A4.

Le emissioni sonore della griglia vibrante possono essere efficacemente attenuate con la sua segregazione all'interno di cabina fonoisolante; in genere queste cabine sono dotate di aspirazione che le mette in depressione evitando cosi anche la diffusione di polveri e fumi nell'ambiente lavorativo. E' importante che le porte della cabina siano sempre chiuse durante il funzionamento della griglia vibrante.

Le macchine automatiche sono anch'esse rumorose, in base a rilievi effettuati espongono l'addetto a valori di Leq superiori a 95 dB(A): è quindi opportuna la segregazione in cabina fonoisolante dotata di sportello per il carico e scarico dei getti.

Rumorosità rilevante è causata anche dagli urti dei pezzi nel momento in cui sono posti in casse metalliche; a tal fine è consigliabile rivestire l'interno delle casse con strato di gomma resistente all'abrasione.

Le macchine di smaterozzatura (seghe a nastro, troncatrici, circolari) sono in genere forti fonti di rumore; rilievi eseguiti in fonderie di alluminio hanno evidenziato valori di esposizione acustica media del personale compresi tra 89 e 93 dB(A). La rumorosità può essere ridotta efficacemente con l'impiego di isole robotizzate segregate in cabine fonoisolanti e dotate di sistemi di carico e scarico automatico dei pezzi.

Figura 3.8.14. Griglia vibrante di distaffatore presidiata da aspirazione
Figura 3.8.15. Macchina sterratrice robotizzata posta in cabina insonorizzata

Rilevamenti ambientali in prossimità di granigliatrici in buono stato di efficienza hanno evidenziato valori di rumore intorno a 80 dB(A), quindi livelli non particolarmente elevati.

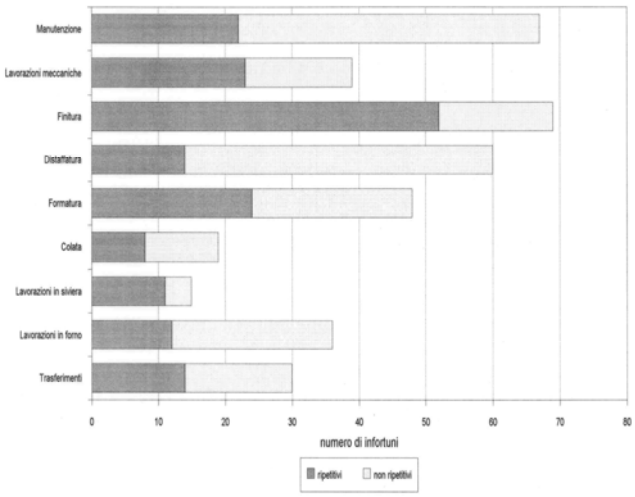
COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**Distaffatura** **Movimentazione staffe dalla zona di colata al distaffatore** **I 9** ⚠
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Intrappolamento degli arti superiori Addetti alla movimentazione delle staffe e gruista
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Posizione di lavoro inadeguata come collocazione e come spazi: le postazioni di smaterozzatura sono generalmente collocate in prossimità delle vie di passaggio dal distaffatore verso l'area finitura CONDIZIONI AMBIENTALI Polveri aerodisperse IMPIANTI E MACCHINE Assenza di idonei sistemi di comunicazione fra gli operatori MOVIMENTAZIONE MECCANICA Modalità di sollevamento non sicure PROCEDURE OPERATIVE Mancanza di coordinamento tra gli addetti Modalità operative sbagliate/ non chiare perché ritenute semplici

Interventi:
Definire delle procedure operative tra gli operatori a terra e i gruisti.
Dotare gli operatori di eventuali sistemi di comunicazione.
Liberare le postazioni di lavoro da eventuali ingombri che potrebbero diventare fonti d'infortunio durante le summenzionate movimentazioni.

Schemi, disegni, fotografie

La foto esemplifica una situazione ricorrente nelle lavorazioni al distaffatore dove, oltre alla non semplice movimentazione tramite carroponte delle staffe, l'operatore è costretto a spostarsi in spazi angusti e/o ingombri di depositi.
L'indagine infortuni eseguita nella aziende del comparto considerato ha evidenziato che le lavorazioni al distaffatore sono tra quelle che hanno avuto più infortuni. In particolare, circa il 25% di questi infortuni sono avvenuti con fasi e modalità ripetitive riconducibili a :

- urto/caduta in operazioni di imbrago e sganciamento del carico;
- caduta oggetti in lavorazione.



COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**Demolizione delle forme** **Movimentazione dei getti** **I 10** ⚠
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Urto/ caduta in operazioni di imbrago, disimbrago, sganciamento carico Addetti alla movimentazione delle staffe
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Interferenza fra linee di flusso dei materiali. Ridefinizione del lay-out Razionalizzazione dei depositi Posizione di lavoro inadeguata come spazi, talvolta anche come collocazione Presenza di ingombri (depositi di staffe, ostacoli da superare quali parapetti a difesa della via a rulli a servizio della colata) Pavimentazione sconnessa o sdrucciolevole. Illuminazione insufficiente CONDIZIONI AMBIENTALI Polveri aerodisperse. Presenza, soprattutto se collocati in prossimità dei forni di trattamenti termici, di un certo stress termico. IMPIANTI E MACCHINE Inadeguatezza della tecnologia in uso Assenza di idonei sistemi di comunicazione fra gli operatori MOVIMENTAZIONE MECCANICA Modalità di sollevamento non sicure. MANUTENZIONE Componenti mantenuti in servizio senza un adeguato programma di manutenzione Manutenzione della pavimentazione effettuate con scarsa periodicità PROCEDURE OPERATIVE Mancanza di coordinamento tra gli addetti Procedure mancanti/carenti. Formazione/Informazione sui rischi specifici. MEZZI DI PROTEZIONE PERSONALE Mezzi forniti, ma non impiegati

<u>Interventi:</u>
Ridefinizione del lay-out e separazione delle lavorazioni
Razionalizzazione dei depositi e dei flussi
Automatizzazione della lavorazione attraverso dei robot-manipolatori
Automatizzazione parziale della lavorazione con inserimento del distaffatore in linea con la via rulli di colata.
Definizione di procedure operative tra gruista ed operatori a terra
Concordare procedure operative tra gli operatori a terra e quelli in quota durante la movimentazione delle staffe.
Formazione/Informazione sui rischi specifici. Impiego DPI

A sinistra sono esemplificati i problemi ricorrenti connessi con il distaffatore:
Mancanza di segregazione
Impianto di aspirazione insufficiente (mancanza di paratie laterali per la captazione)
Pavimentazione sconnessa
Depositi

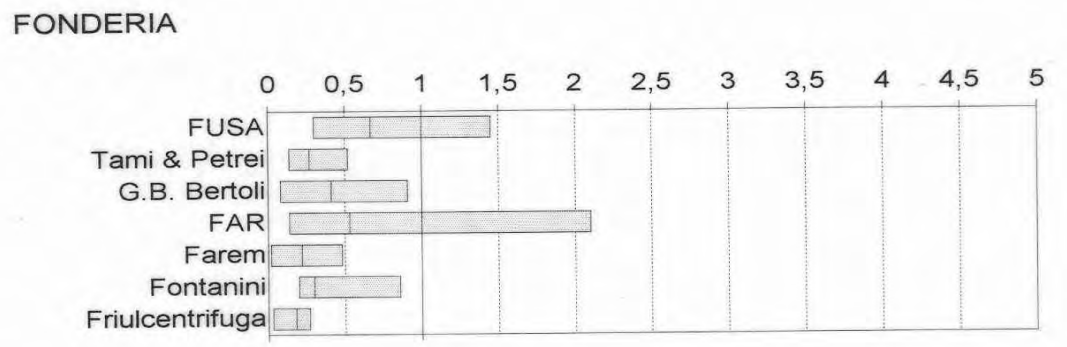
Inserimento di un /manipolatore che prende le staffe dalla zona di colata e le colloca sul piano del distaffatore.
Miglioramento delle potenzialità di captazione con l'installazione di paratie laterali aspirate.
Razionalizzazione dei depositi, e conseguente eliminazione nella zona di sovrapposizione di flussi

COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **RISCHIO EVIDENZIATO**	**Distaffatura** **A3 Esposizione a polveri**
Mansioni coinvolte	Addetti alla movimentazione delle staffe e gruista (quando opera in cabina aperta)
Fattori di rischio evidenziati	CONDIZIONI AMBIENTALI Polveri aerodisperse IMPIANTI E MACCHINE Impianti di aspirazione mal realizzati (mancanza di paratie laterali, impianti di aspirazione sottodimensionati) MANUTENZIONE Scarsa manutenzione dell'impianto di aspirazione PROCEDURE OPERATIVE Mancanza di coordinamento tra gli addetti

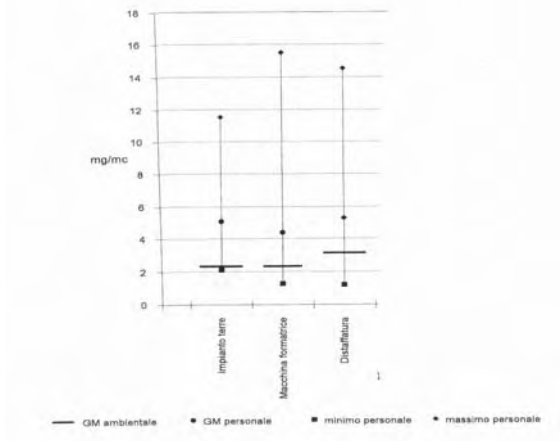
<u>Interventi:</u>
Automatizzazione delle operazioni al distaffatore prevedendo:

- l'impiego di manipolatori robotizzati;
- l'inserimento di una via a rulli per la movimentazione delle staffe con l'inserimento, in linea, del distaffatore (questo tipo di intervento favorisce la segregazione della macchina stessa con benefici sia in termini di miglioramento dell'aspirazione delle polveri che di contenimento del rumore).

Insonorizzazione/segregazione dell'impianto
Segregazione, anche parziale, dell'impianto in modo da migliorare la captazione delle polveri.
Migliorare l'impianto di aspirazione a servizio del distaffatore (paratie laterali, paratie superiori, portate).
Manutenzione degli impianti



Nella figura riassuntiva sono stati riportati i valori degli indici di rischio medio, minimo e massimo relativamente alla polverosità (PNOC) nelle diverse realtà studiate, limitatamente all'area fonderia.
Gli elevati scostamenti rispetto al valore medio sono da attribuire in buona parte all'inefficienza dell'impianto di aspirazione a servizio dei rispettivi distaffatori. I valori più bassi sono stati riscontrati in quelle entità in cui il distaffatore era usato saltuariamente o in quella in cui questi era segregato e in linea con la via rulli di colata.



E' interessante osservare come sia ampio l'intervallo di escursione dell'esposizione a polverosità dell'addetto al distaffatore rispetto al valore medio ambientale (tratto continuo)

COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **RISCHIO EVIDENZIATO**	**Distaffatura** **A4 Esposizione a rumore**
Mansioni coinvolte	Addetti alla movimentazione delle staffe e gruista (quando opera in cabina aperta)
Fattori di rischio evidenziati	IMPIANTI E MACCHINE Componenti degli impianti mal realizzati (prevedere che le griglie vibranti abbiano degli inserti gommosi, o di altri materiali, tali da ridurre la rumorosità durante le fasi di contatto metallo/metallo) Mancanza di schermi/insonorizzazioni PROCEDURE OPERATIVE Prevedere delle specifiche procedure operative atte a ridurre il più possibile le fasi di contatto metallo griglia – metallo getto

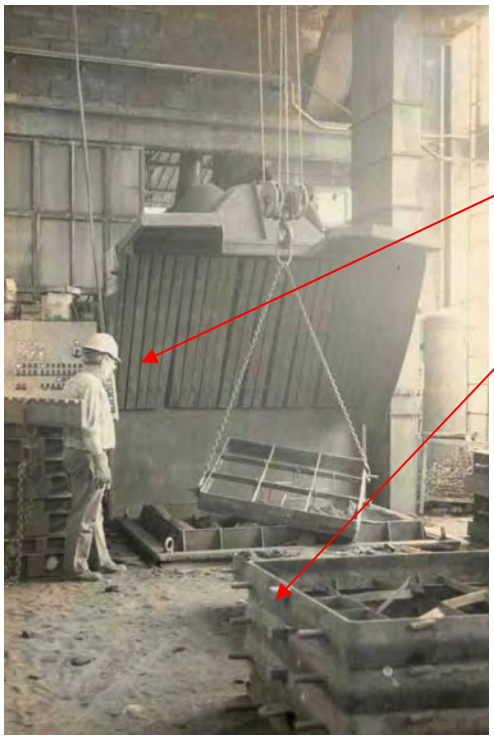
Discussione

I livelli equivalenti misurati per gli addetti al distaffatore risultano elevati con punte fino a 101 db(A); si possono congiuntamente osservare esposizioni a valori contenuti, da ricondursi anche all'adozione, in alcune aziende, di corrette procedure operative e all'installazione di idonei inserti in materiale assorbente (per esempio resine poliammidiche) sulla griglia vibrante.

Interventi:

Insonorizzare per quanto possibile l'impianto
Inserire tra le griglie dei materiali non metallici che riducano la rumorosità durante le fasi di scuotimento
Miglioramento/sostituzione della tecnologia in uso

Schemi, disegni, fotografie



Mancanza di segregazioni utili a contenere le emissioni rumorose.

La foto illustra il momento più delicato della lavorazione, quello durante il quale si ha il contatto metallico tra la staffa e la griglia vibrante.
E' possibile ridurre, almeno parzialmente, l'emissione rumorosa mediante l'inserimento tra le fessure della griglia d'inserti in gomma o in legno.

3.9. Finitura

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE
Molatura
Scriccatura (con cannello, con elettrodo)
Saldatura
Controllo visivo, punzonatura
Controllo strumentale
Formazione bancali, imballo
Movimentazioni a magazzino

Il getto distaffato e privato delle materozze, eventualmente ripulito da residui di sabbia di formatura, viene sottoposto a un'operazione di finitura meccanica volta alla rimozione delle bave e alla riparazione di eventuali imprecisioni dovute a errori durante la colata.
Le lavorazioni di finitura sono svolte:
manualmente, con attrezzi portatili quali mola, fresa, scalpello (*sbavatura, scalpellatura*) o con attrezzi sostenuti da attrezzature e manovrati manualmente, quali mole a pendolo (*molatura*), in particolare nel caso di getti di elevate dimensioni o di serie limitate;

Figura 3.9.1. Impianti di molatura a banco, granigliatrici per la precedente fase di sterratura
Figura 3.9.2. Impianti di molatura a banco, operazioni di movimentazione manuale dei getti

con l'ausilio di elettrodi o di cannello (*scriccatura*), quando la durezza del materiale rende problematica la lavorazione di asportazione per abrasione, come nel caso di acciai legati;

Figura 3.9.3. Figura 3.9.4. Operazioni di criccatura effettuate con cannello

con l'ausilio di isole di lavorazioni automatizzate, dove vengono realizzate la movimentazione dei pezzi in alimentazione all'utensile, la lavorazione di asportazione, lo scarico dei getti; a questo proposito per quanta riguarda la sbavatura, si cerca di fare in modo che le bave si formino in parti del pezzo facilmente accessibili, in modo da ridurre i tempi di lavorazione: si vedano le immagini riportate nel precedente Capitolo *Distaffatura. Sterratura*.

In numerose unità produttive queste lavorazioni sono conferite all'esterno dell'unità produttiva.

I controlli di produzione possono limitarsi esclusivamente a operazioni di semplice controllo visivo delle superfici e dimensionali.
In alcune attività, con l'obiettivo di certificare i prodotti e conservare documentazione in merito alla produzione, sono previsti controlli strumentali di varia natura (prove meccaniche resistenziali, controlli con liquidi penetranti, controlli con campi magnetici, controlli radiografici, ecc.).
Il personale addetto preleva i pezzi da controllare sia durante le fasi intermedie di produzione, che a fine ciclo. I controlli sono effettuati sia nei reparti produttivi (controlli visivi, dimensionali) che in laboratori specifici.
I risultati dei controlli sono raccolti, elaborati e archiviati in forma cartacea e con modalità informatizzate.
In alcuni casi si procede al riporto di materiale tramite elettrodo o filo (*saldatura*), per realizzare riparazioni con materiale di apporto, nel caso l'impegno delle riparazioni sia motivato dal valore del getto.

Figura 3.9.5. Postazione di finitura con banco aspirato
Figura 3.9.6. Postazione di controllo a raggi X

A lavorazioni ultimate, il getto segue due diversi percorsi: ulteriori lavorazioni meccaniche o di trattamento termico, realizzate in impianti presenti nell'unità produttiva o in altri stabilimenti; imballaggio, stoccaggio e vendita.

Impianti, macchine, attrezzature

Impianti, Macchine, Attrezzature	Rischi lavorativi
Utensili manuali elettrici e pneumatici (mole, frese)	Tagli e abrasioni Fratture e lesioni causate dalla movimentazione dei getti su piani di lavoro non idonei Lesioni agli occhi per proiezione di schegge Rischi di elettrocuzione (utensili elettrici)
Smerigliatrici e mole a pendolo	Esposizione a rumore Esposizione a fumi metallici Investimenti da parte di parti metalliche
Martelli e scalpelli pneumatici	Esposizione a rumore Esposizione a vibrazioni mano/braccio
Elettrodi per scriccatura Saldatrici a filo	Esposizioni a fumi metallici Esposizione a gas di saldatura

Mansioni della fase

Addetto	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto sbavatura/molatura	in box a terra	esegue le lavorazioni di smerigliatura con smerigliatrice portatile o con mola a pendolo; esegue scalpellatura con martello pneumatico; movimenta i getti o con carro ponte o con paranchi movimenta il banco di lavoro
Addetto controllo	In varie posizioni e reparti Su banco In laboratorio o reparto prove	Effettua controlli visivi di conformità superficiale e dimensionali Utilizza varie attrezzature per controlli strumentali
Addetto scriccatura	in box a terra	esegue asporto di materiale con elettrodi a grafite effettua operazioni di scalpellatura con martello o scalpello pneumatico; movimenta i getti o con carro ponte o con paranchi; esegue delle saldature su alcune parti dei getti pulite; movimenta banco di lavoro
Addetto magazzino	a terra	movimentazione pallets e cassoni con carroponte confezionamento pallets e cassoni con carroponte
Gruista	cabina carroponte	movimenta getti dal distaffatore alle postazioni di lavoro e dalla finitura al magazzino prodotto finito

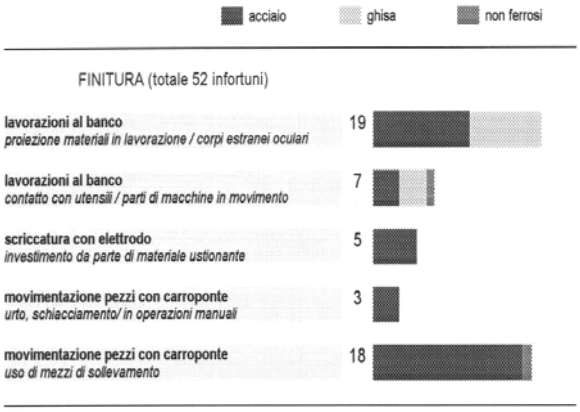
Rischio infortunistico

Tabella 3.9.1. Finitura. Sintesi dei rischi di natura infortunistica: identificazione, danni, interventi 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

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO **→ OPERAZIONE** **→ MODALITA'**	**DANNO ATTESO** **DANNO RILEVATO**	**INTERVENTI DI PREVENZIONE** **FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI**
I 11 ⚠	→ posizionamento del getto con paranco → schiacciamento nelle operazioni di messa in tiro dei getti sul banco di lavoro (operazioni di rotazione e spostamento)	Lesioni traumatiche Ferite lacero contuse	Realizzazione di piani di lavoro idonei alle lavorazione ed alle dimensioni dei getti Sistemi di aggancio idonei Coordinamento operatore a terra e gruista Definire delle procedure operative
I 12 ⚠	→ lavorazioni al banco con utensili manuali → contatto con utensile o parte di macchina in movimento	Ferite lacero-contuse	Lavorazioni automatizzate Procedure operative
I 13 ⚠	→ movimentazione dei getti con carroponte → investimento da parte di getto che si sgancia	Lesioni traumatiche Ferite lacero contuse	Definizione degli stoccaggi e depositi Sistemi di aggancio idonei Definire delle procedure operative
⚠ **Rn**	→ controllo visivo → lesioni in operazioni di movimentazione manuale	Lesioni traumatiche Fratture	Definizione aree di stoccaggio e percorsi Ridefinizione del lay-out Razionalizzazione dei flussi e dei depositi
⚠	→ lavorazioni al banco con utensili manuali → proiezione di schegge da getti in lavorazione	Lesioni oculari	Adeguamento dei dispositivi di protezione oculare Adozione di casco e visiera
⚠	→ scriccatura con elettrodo → investimento da parte di materiale ustionante	Ustioni da calore	Procedure operative Dispositivi di protezione personale
	Movimentazioni manuali	Schiacciamenti Lesioni traumatiche Tagli e abrasioni	Idoneità personale addetto Adozione di sistemi meccanizzati Modalità corrette di movimentazione Guanti protettivi e scarpe infortunistiche
	Macchine e attrezzature	Lesioni traumatiche Schiacciamenti	Conformità delle macchine
	Utensili manuali		Vedi Fase precedente
	Incendio ed esplosione (finitura getti leghe alluminio e magnesio)	Ustioni da calore	

Tabella 3.9.2. Finitura. Gli infortuni più frequenti rilevati con l'indagine del comparto udinese riferiti alle diverse tipologie dei getti



Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Numero	Legge/ Articolo	
2	547/181	protezione del capo per caduta materiali dall'alto o per contatti pericolosi
1	547/4	obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti
1	626/35	obblighi del datore di lavoro in merito all'uso delle attrezzature da lavoro

Fattore di rischio. Movimentazione manuale

In molti casi, i piani di appoggio dove sono eseguite queste lavorazioni, sono realizzati senza tenere conto delle caratteristiche geometriche dei pezzi da lavorare. Tale inadeguatezza é stata fonte di molti infortuni sia durante la movimentazione dei getti, che durante il fissaggio manuale sul piano di lavoro.

Inoltre vanno considerati ulteriori aspetti:

- fase di finitura eseguita con l'impiego di utensili manuali pesanti;
- spostamento di casse o pallets con trasferitori condotti a mano.

Le lesioni traumatiche risultano frequenti soprattutto agli arti inferiori, ma anche alle mani a causa della caduta dei getti, nonché tagli e abrasioni alle mani per eventuale presenza di bave taglienti.

Il personale deve essere dotato di guanti protettivi e scarpe antinfortunistiche con puntale rigido.

Nel caso di movimentazione di carichi pesanti (per esempio, movimentazione ripetuta di carichi superiori a 10 kg), l'impiego di sistemi quali bracci meccanici nelle postazione di carico e di scarico delle macchine consente di contenere la fatica fisica e anche di ridurre il rischio infortuni da caduta dei pezzi.

Anche le azioni di traino e di spinta dei pallets o casse, in particolare con pavimentazioni irregolari, sono fortemente agevolate dall'uso di mezzi meccanici (carrelli elevatori, transpallet elettrici).

Si veda quanto già indicato nella Fase "*Stoccaggio Materie Prime. Preparazione carica*".

Fattore di rischio. Macchine e attrezzature

La finitura manuale con mole fisse, smerigliatrici, frese elettriche o pneumatiche espone gli addetti al rischio di tagli, abrasioni, danni agli occhi per proiezione di schegge.

Vi sono inoltre i rischi di elettrocuzione dovuti all'impiego di utensili elettrici.

Si veda quanto già indicato nella precedente Fase "*Smaterozzatura. Sterratura*".

Fattore di rischio. Incendio ed esplosione

Nel caso di lavorazione di leghe di alluminio e di magnesio, le operazioni di sbavatura e smerigliatura comportano produzione di polvere che, sotto forma di particelle finemente disperse, possono formare miscele esplosive in aria; si tenga conto che concentrazioni pericolose si possono determinare all'interno dei condotti di aspirazione e delle sezioni filtranti (l'ordine di grandezza del limite inferiore per la formazione di miscele esplosive è di 35-40 g/m^3).

Per limitare il rischio occorre:
- realizzare postazioni di lavoro cabinate, dove non siano presenti sostanze infiammabili;
- realizzare impianto elettrico del reparto e dell'impianto di aspirazione idoneo rispetto alla categoria delle polveri (norma EN 50281-3);
- utilizzare attrezzature elettriche idonee;
- impedire il contatto delle sorgenti di innesco legate alle lavorazioni di sbavatura (proiezione di schegge incandescenti) con le polveri derivanti dalla finitura;
- evitare la formazione di cariche elettrostatiche con connessione equipotenziale dei vari componenti e messa a terra del sistema di aspirazione;
- presidiare le operazioni con impianto di aspirazione (localizzata sugli utensili) e abbattimento (correttamente progettato) per evitare l'accumulo di polveri infiammabili;
- eseguire operazioni frequenti di pulizia (riducendo al minimo il sollevamento e la diffusione delle polveri e usando attrezzature elettriche aspiranti idonee), onde prevenire ed evitare la formazione di depositi di polvere;
- evitare condizioni di umidità che potrebbero produrre reazioni fortemente esotermiche;
- effettuare formazione e informazione al personale addetto;
- definire procedure di sicurezza per le operazioni di pulizia del reparto e degli impianti;
- fare rispettare il divieto di fumare e di usare fiamme libere;
- non usare mezzi di spegnimento ad acqua, a schiuma e ad anidride carbonica;
- in caso di sversamento, raccogliere la polvere in contenitori coperti e asciutti.

Rischi igienico ambientali

La pavimentazione delle postazioni di lavoro di quest'area sono in cemento; si riscontrano estese eccezioni dove le adiacenti aree di trattamenti termici e di smaterozzatura vengono mantenute in terreno battuto.
Negli insediamenti produttivi in cui c'è il gruista , questi opera all'interno di una cabina protetta.
In generale, le segregazioni dei box, destinate a ridurre le esposizioni indebite per gli addetti del reparto, possono essere sintetizzate come indicato:
- box singoli realizzati in muratura: isolamento acustico realizzato mediante rivestimento delle pareti con materiale fonoassorbente; impianto di aspirazione a parete (cappa frontale); talvolta, banco di lavoro aspirato (griglia con aspirazione dal basso); presenza di binario che permette l'uscita del banco di lavoro dal box in modo da facilitare le operazioni di carico e di scarico dei pezzi; movimentazione dei getti quando realizzato tramite carroponte;
- box con compartimenti mobili: isolamento acustico realizzato mediante pareti metalliche mobili rivestite con materiale fonoassorbente; impianto di aspirazione fumi a parete (cappa frontale) o tramite sistema estensibile e posizionabile; banco di lavoro fisso; caricamento del singolo getto con l'aiuto di paranco.

Quando si passa da lay-out di tipo compatto a lay-out di tipo allungato, decrescono le problematiche correlate ai depositi e ai flussi: si veda la Scheda R5 riferita ai rischi che derivano dalla diversa configurazione dei lay-out, inserita nel Capitolo 3.12 "*Analisi rischi e interventi comuni a più fasi*".

Fattore di rischio. Radiazioni ionizzanti
Il rischio è relativo all'impiego di apparecchiatura a raggi X per il controllo radiografico dei getti.
In caso di possesso di queste apparecchiature c'è l'obbligo di denuncia delle stesse ad ASL e alla Prefettura. Deve essere nominato un Esperto Qualificato, come previsto dal DLgs 230/1995, che provvederà ad adottare le misure di controllo e protezione previste:
- eseguire la valutazione di radioprotezione;
- effettuare la valutazione della dose individuale assorbita dai lavoratori potenzialmente esposti.;
- comunicare al Datore di lavoro la classificazione delle aree e dei lavoratori potenzialmente esposti, la frequenza delle valutazioni periodiche, la valutazione delle dosi ricevute e impegnate dai lavoratori esposti, gli interventi ritenuti necessari per controllare il rischio;
- comunicare al Medico Competente delle dosi ricevute e impegnate dai lavoratori, sia in caso di normale esercizio, che in caso di eventuali esposizioni eccezionali;
- effettuare tutti gli altri interventi previsti dall'art. 79 del DLgs 230/1995.

I lavoratori devono essere informati dei rischi e delle misure protettive adottate.

Fattore di rischio. Vibrazioni
Gli addetti sono esposti a vibrazioni al sistema mano-braccio connesse all'impiego di smerigliatrici e frese manuali.
Le vibrazioni prodotte da questi utensili sono di media frequenza (da 1 a 20 Hz) e di alta frequenza. Le vibrazioni possono indurre lesioni osteoarticolari, vascolari, disturbi neurologici al sistema mano-braccio; gli effetti negativi delle vibrazioni sono accentuati in caso di lavoro a basse temperature e con carichi pesanti.

Gli interventi attuabili per ridurre il rischio di esposizione a vibrazioni sono i seguenti.
- valutazione quantitativa della esposizione a vibrazioni. A tal fine sono disponibili le prescrizioni dettate dalla Direttiva 2002/44/CE; i limiti stabiliti per il sistema mano braccio per un periodo di riferimento di 8 h sono di 2,5 m/sec^2 (valore di azione) e di 5 m/sec^2 (valore limite di esposizione). In base ai risultati della valutazione sono da adottare idonee misure di tutela.
- Impiego di utensili idonei, progettati per contenere la trasmissione di vibrazioni al sistema mano-braccio. Il peso degli utensili deve essere il più contenuto possibile, in caso gli utensili siano pesanti è opportuno dotarli di appositi sostegni (per esempio con sistemi di sostegno bilanciati).
- Utilizzo di guanti antivibranti.
- Riduzione dei tempi di impiego delle attrezzature fonti di vibrazioni.
- Informazione sul rischio al personale e delle misure di protezione da adottare.

Tabella 3.9.3. Finitura
Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO	**DANNO ATTESO**	**FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE**
A5 **A7**	Polveri aerodisperse e fumi metallici → operazioni di finitura → scriccatura con elettrodo e con cannello	Bronchite cronica, Pneumoconiosi da polveri Irritazione vie respiratorie e occhi	Separazione delle aree di lavoro Separare con box le postazioni di lavoro Inserire isole automatizzate di finitura Inserire sistemi di aspirazione localizzata progettati tenendo conto delle diverse tipologie dei getti e delle specifiche necessità di movimentazione Frequente pulizia delle zone di accumulo Adozione dei DPI più evoluti
A6 **A10**	Esposizione a rumore → durante tutte le principali operazioni di questa fase di lavorazione → urti dei getti durante il deposito in cassoni	Danni uditivi Danni extrauditivi	Separazione delle aree Segregazione delle postazioni Segregazione delle macchine in cabine insonorizzate (operazioni automatizzate) Scelta degli utensili Rivestimento con elastomeri dei cassoni di raccolta
	Vibrazioni → impiego di mole e frese manuali → impiego di mole pendolari → lavorazioni con martelli e scalpelli pneumatici	Traumi e alterazioni degenerative ai sistemi articolari Morbo di Raynaud Effetti sui nervi e sui muscoli	Valutare la sostituzione delle attrezzature di lavoro con altre che producono meno vibrazioni. Impiego di guanti antivibranti Isolamento delle strutture vibranti Inserimento di posizioni e sedili smorzanti Riduzione della durata dell'esposizione
	Radiazioni ionizzanti → controllo getti mediante raggi X		Valutazione dell'esposizione Implimentazione delle misure indicate da Esperto Qualificato
	Radiazioni infrarosse e ultraviolette → impiego cannelli ed elettrodi per scriccatura	Processi di invecchiamento dell'occhio Cataratta Danneggiamento della retina	Inserimento di schermi Adozione di DPI specifici

A7, A10: si veda anche al Capitolo 3.12 "Analisi rischi e interventi comuni a più fasi"

COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **Operazione specifica** **RISCHIO EVIDENZIATO**	**Finitura dei getti** **Movimentazione e lavorazione dei getti** **I 11 ⚠ Schiacciamento/ intrappolamento durante movimentazione dei getti**
Mansioni coinvolte	coinvolti anche addetti alla smaterozzatura Addetti alla finitura coinvolti anche addetti ai trattamenti termici
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Posizione di lavoro inadeguata come collocazione e come spazio: le aree di alimentazione alle operazioni di finitura sono collocate in prossimità delle vie di passaggio dal distaffatore verso l'area finitura IMPIANTI E MACCHINE Componenti (intendendo tali i banchi di lavoro) mal realizzati e dotati di inadeguati sistemi di fissaggio dei pezzi in lavorazione. In alcune entità sono stati installati dei banchi pneumatici che permettono, con regolazione tramite pedale, elevazione/ abbassamento/ rotazione del pezzo e il suo fissaggio. Possibilità di inserire banchi fissi rotanti ed aspirati, banchi fissi con adeguati sistemi di fissaggio dei pezzi in lavorazione. Chiaramente queste soluzioni diventano più facilmente realizzabili in entità che hanno una produzione standard, sia in termini di dimensioni, che di geometria del prodotto, dove è possibile progettare anche la automazione di tutta la lavorazione MOVIMENTAZIONE MECCANICA Movimentazioni gravose realizzate manualmente, specialmente nell'aggiustamento dei getti sui piani di lavoro. Modalità di sollevamento non sicure Attrezzature di sollevamento spesso non idonee (funi e ganci). MEZZI DI PROTEZIONE PERSONALE Mezzi forniti, ma non adeguati. mezzi non forniti.

<u>Interventi:</u>
Adeguamento del banco di lavoro.
Valutare la possibilità di automatizzarlo al fine di agevolare ergonomicamente certe lavorazioni.
Scelta di idonei sistemi di imbrago.
Scelta di idonei sistemi di fissaggio dei getti al banco di lavoro. Permangono, a causa della notevole variabilità della geometria dei getti da rifinire, i problemi connessi con il loro fissaggio e l'ergonometria della lavorazione. Solo un'entità, dove vengono prodotti pezzi di geometrie definite e costanti, ha dotato le postazioni di portapezzi pneumatici regolabili in altezza e ruotabili
Fornire idonei DPI

Postazione di lavoro critica per:
banco di lavoro, adeguato a seconda delle dimensioni dei pezzi da lavorare; quando vengono utilizzati supporti in legno, questi sono fissati alla struttura con semplici morsetti che, durante la lavorazione di pezzi ingombranti, possono essere facilmente spostati e dare origine a situazioni di pericolo

Situazione bonificata anche in termini di aspirazione con cabina dotata di ampie paratie laterali.
La movimentazione dei pezzi con carroponte condiziona la distanza della postazione di lavoro rispetto alla cabina: si osserva la movimentazione dei pezzi grazie alla sagomatura della paratia superiore che permette l'entrata delle catene

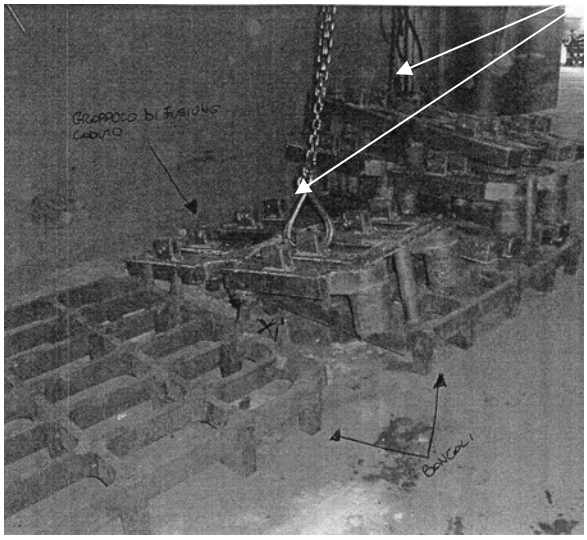
COMPARTO **Fase di lavorazione** **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**FONDERIA** **Finitura dei getti** **Movimentazione di un getto finito** **I 12 ⚠ Contatto con utensile (mola) ancora in rotazione**
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Malgrado la mola girasse ancora, l'addetto andava a imbracare il pezzo lavorato ferendosi al polso. Addetti finitura
Osservazioni Discussione	L'infortunio si inserisce in un'attività lavorativa ripetitiva e da eseguire in tempi rapidi, che prevede frequenti e continue manipolazioni di getti in sequenza, alternata al breve impiego di utensile manuale. Nell'infortunio esaminato la mola era protetta con una cuffia per la parte non interessata alla lavorazione: rimane comunque un rischio residuo che gioca un ruolo importante: quando, finita la lavorazione del pezzo, la mola si sposta fuori dalla sagoma di quest'ultimo, la porzione lavoratrice dell'utensile rimane scoperta e, tenuto conto della sua notevole inerzia, rappresenta un pericolo
Fattori di rischio evidenziati	Configurazione del banco di lavoro (può giocare un ruolo importante con questa specifica attività ripetuta) Modalità operative sbagliate (procedure non definite perché elementari) in lavoro con caratteristiche di ripetitività
Interventi	

Schemi, disegni, fotografie

In questo caso la mola, al termine dell'impiego, viene appoggiata a terra per potere procedere all'imbragatura del getto per la sua movimentazione nella posizione di finitura

COMPARTO **Fase di lavorazione** **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**FONDERIA** **Finitura dei getti** **Movimentazione tramite carroponte per trasferimento su bancale al successivo forno di trattamento termico** **I 13** ⚠
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Un getto si sgancia dal gancio e investe l'addetto Nel collocare su un bancale a griglia un getto proveniente dall'impianto di distaffatura, questi si sganciava (erano impiegati dei ganci aperti perché non potevasi ricorre ad altri viste le caratteristiche dell'acciaio prodotto e la notevole variabilità della geometria delle fusioni) e cadeva sul lavoratore che non ha potuto retrocedere vista al presenza proprio dietro a lui di un altro a bancale grigliato Addetto finitura
Osservazioni Discussione	La ditta aveva provveduto alla valutazione dei rischi per la specifica fase lavorativa, prevedendo nell'impossibilità di impiegare mezzi di sollevamento diversi dal carroponte, il divieto all'operatore di rimanere in posizioni (ostacoli, depositi) che non permettano la via di fuga in caso di sganciamento o rovesciamento getti
Fattori di rischio evidenziati	Presenza di ingombri e ostacoli Modalità incongrue di stoccaggio dei materiali nei pressi delle zone di manovra. Pavimentazione sconnessa o sdrucciolevole. Illuminazione insufficiente
Interventi	Definizione dei stoccaggi e dei depositi. Ridefinizione del Lay-out. Operare secondo le procedure previste nella valutazione dei rischi.

Schemi, disegni, fotografie



Commenti a schemi, disegni, fotografie

Nella foto s'illustra come la zona di lavoro sia ingombra di depositi con la presenza di bancali grigliati pieni, altri semipieni e altri ancora vuoti tutti collocati nell'area di lavoro dell'operatore

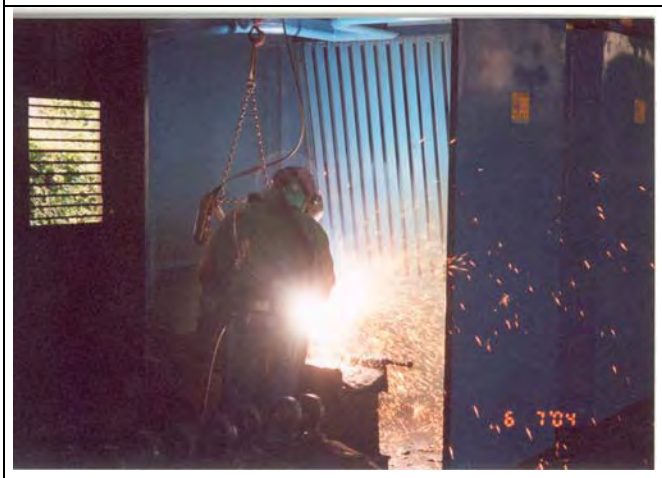
COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **Operazione specifica** **RISCHIO EVIDENZIATO**	**Finitura del getto** **Taglio con cannello, scriccatura, molatura** **A5 Esposizione a fumi e polveri aerodisperse**
Mansioni coinvolte	Addetti alla finitura
Fattori di rischio evidenziati	CONDIZIONI AMBIENTALI Polveri aerodisperse IMPIANTI E MACCHINE Parti degli impianti di aspirazione non realizzati correttamente. In alcuni casi, l'efficacia della captazione degli inquinanti diminuiva notevolmente all'allontanarsi dal ventilatore, ben di più di quello attribuibile alle sole perdite di carico. Mancanza di schermi che migliorino la captazione degli inquinanti. MANUTENZIONE Manutenzione degli impianti di aspirazione eseguita sporadicamente. MEZZI DI PROTEZIONE Forniti, ma talvolta inadeguati

<u>Interventi:</u>
Prevedere l'adozione di piani di lavora aspirati.
Adottare schermi in modo da aumentare l'efficacia dei sistemi di aspirazione.
Manutenzione ordinaria degli impianti di aspirazione.
Dotare di idonei DPI gli addetti (grembiule, ghette, guanti, cappuccio), in particolare per l'attività di scriccatura

Schemi, disegni, fotografie

<u>Operazione di scriccatura/ saldatura/ molatura</u>
prima della bonifica:
- cabina di aspirazione dimensionalmente insufficiente;
- barriere laterali insufficienti;
- postazione di lavoro distante;
- scarsa manutenzione degli impianti.

I campioni personali hanno evidenziato dei valori di PNOC che oscillano tra 18,5 mg/m³ e 58 mg/ m³. Questi alti valori, abbinati all'inefficienza dell'impianto di aspirazione si ripercuotono anche nei valori di inquinamento ambientale che oscillano tra 5 mg/m³ e 7,5 mg/m³



Situazione bonificata:
- cabina di aspirazione nuova, di dimensioni tali da contenere la postazione di lavoro;
- paratie laterali e superiori a migliorare la captazione dei fumi;
- paratia superiore sagomata a garantire una migliore movimentazione dei pezzi tramite il carro ponte

I campionamenti personali, eseguite sugli stessi operatori prima della bonifica, hanno evidenziato valori di polveri totali tra 7,0 mg/m³ e 11,3 mg/m³. I campionamenti ambientali hanno evidenziato valore medio di 1,0mg/m³

	Situazione ottimane: - box chiuso e insonorizzato; - banco di lavoro ruotabile, aspirato da sotto (piano di lavoro grigliato); - parete terminale del box aspirata; - piano di lavoro che si muove su rotaia in modo agevolare il caricamento tramite carroponte dei getti da rifinire; - depositi definiti.
   	<u>Postazione di lavoro per mola pendolare</u> Situazione critica per: - banco di lavoro insufficiente e tunnel di aspirazione di geometria limitata - la movimentazione dei pezzi con carroponte condiziona la distanza della postazione di lavoro rispetto alla cabina di aspirazione Nella foto è riportata la situazione bonificata in termini di: - aspirazione con cabina nuova e dotata di ampie paratie laterali, - miglioramento della movimentazione dei pezzi grazie alla sagomatura della paratia superiore che permette l'entrata delle catene utilizzate per la movimentazione dei getti Permangono, a causa della notevole variabilità della geometria dei getti da rifinire, i problemi connessi con il loro fissaggio e l'ergonomia della lavorazione. Solo in azienda, dove vengono prodotti pezzi di geometrie definite e costanti, le postazioni sono state dotate di portapezzi pneumatici regolabili in altezza e ruotabili.

COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **Operazione specifica** **RISCHIO EVIDENZIATO**	**Finitura getti** **Finitura con mola pendolare** **A6 Esposizione a rumore**
Mansioni coinvolte	Addetti alla finitura
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Posizioni di lavoro inadeguate. In molti casi le postazioni di lavoro sono prive di qualsiasi segregazione e insonorizzazione. Tale inadeguatezza si ripercuote in termini di esposizione indebita sia sulle postazioni vicine, e anche su quelle più distanti Anche il lay-out dell'attività influisce in misura importante in merito all'esposizione a rumorosità indebita

Discussione

L'area è configurata con caratteristiche omogeee in tutte le entità produttive indagate; le esposizioni personali degli addetti sono correlabili alla tipologia di lavorazioni che si eseguono (sbavatura, scriccatura, saldatura e smaterozzatura). Le lavorazioni dell'area finitura sono le più rumorose della fonderia e anche quelle che si protraggono per più tempo in maniera continuativa. In tutte le entità del comparto sono eseguite in postazioni singole segregate e insonorizzate che presentano il vantaggio di limitare le esposizioni indebite.

La segregazione insieme all'utilizzo di dischi silenziati, dove tecnicamente accettabile, sono le uniche bonifiche possibili per questo tipo di lavorazione

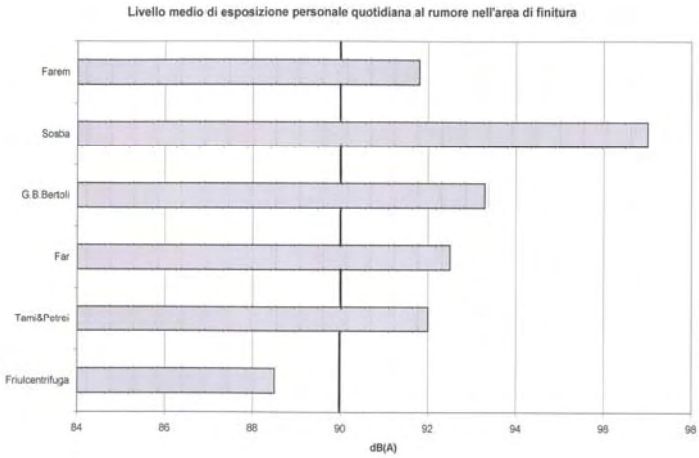
Interventi:

Ridefinizione del lay-out.

Prevedere la segregazione/insonorizzazione, anche parziale (ad esempio con pareti mobili), delle postazioni di lavoro.

Prevedere, compatibilmente con il ciclo tecnologico, l'impiego di dischi silenziati (limite: durata)

Schemi, disegni, fotografie



Nell'istogramma sono stati riportati i livelli medi di esposizione personale quotidiana per gli addetti alla finitura del comparto udinese. Come si può vedere, a eccezione di una realtà dove tale lavorazione è sporadica, in tutte le unità produttive si ha un consistente superamento del livello di 90dB(A)

Postazione di finitura con mola a pendolo

La postazione prevede una paratia insonorizzante solo da un lato, mentre i restanti tre lati sono liberi.

3.10. Trattamenti termici. Lavorazioni meccaniche

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE
Caricamento e scaricamento forni
Trattamento termico
Verniciatura
Lavorazione alle macchine utensili
Lavorazioni con utensili manovrati a mano
Assemblaggio
Controlli dopo assemblaggio (per esempio, controllo a pressione idraulica)

La lavorazione di trattamento termico, a seconda del tipo di prodotto, può essere effettuata prima o dopo la smaterozzatura. I getti singoli, oppure caricati su carrelli tramite carroponte, vengono inseriti nei forni di trattamento, dai quali vengono estratti alla fine del ciclo di lavorazione.
In generale, i trattamenti termici applicati in fonderia per leghe di ghisa sono principalmente quello di ricottura, di bonifica e di tempra, con riscaldamento del getto fino a un massimo di 900-930°C per alcuni trattamenti, seguiti da raffreddamenti effettuati in forno, in aria, in vasca con diverse e specifiche velocità.
Per l'alluminio i trattamenti termici richiesti differiscono a seconda del metodo di colata utilizzato. Per le colate in terra, a gravità e a bassa pressione, può essere fatto qualsiasi tipo di trattamento termico (ricottura, invecchiamento artificiale, precipitazione, ecc.); i riscaldamenti arrivano tipicamente fino a 200°C. Per i getti pressocolati, invece, i trattamenti termici non sono normalmente previsti.

Figura 3.10.1. Trattamenti termici. Forno a metano: il sistema di caricamento è completamente segregato

Alcuni getti (per esempio caldaie, radiatori) vengono avviati a successive operazioni di lavorazione meccanica, di montaggio, di finitura, di collaudo, di verniciatura. Si tratta di lavorazioni tipiche dell'attività metalmeccanica, caratterizzate da un profilo di rischio specifico.

Figura 3.10.2. Figura 3.10.3. Linea di tornitura, montaggio e prova idraulica

Figura 3.10.4. Rudimentale postazione di deposito vernici e verniciatura
Figura 3.10.5. Posizione di alimentazione di impianto di verniciatura a carosello

Impianti, macchine, attrezzature

Impianti, Macchine, Attrezzature	Rischi lavorativi
Forni Trattamenti Termici	intrappolamento/ schiacciamento durante sistemazione dei getti sui sistemi di carica
Vasche trattamento	Emissioni di aerosol olio e prodotti di degradazione termica
Macchine utensili	Intrappolamento/ schiacciamento nelle operazioni di movimentazione Contatto con utensili e materiali durante la lavorazione
Cabina verniciatura	Esposizione a solventi organici

Mansioni della fase

Addetto	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto trattamenti termici	a terra	movimenta i getti con carro ponte o con carrelli gestisce il funzionamento dell'impianto di trattamento termico rovescia in apposite vasche di acqua o di olio i getti per gli specifici trattamenti; recupera i getti dopo il trattamento
Addetto macchine utensili	Linea di montaggio officina	Esegue lavorazioni di asportazione con macchine utensili (soprattutto torni, foratrici, alesatrici), destinate alla finitura di getti particolari, eventualmente precedenti a operazioni di assemblaggio Effettua finitura sui prodotti montati (per esempio: caldaie, radiatori, ecc.) asportando eventuali bave di fusione, non intercettate prima del montaggio, e materiale sigillante in eccesso
Addetto montaggio	Linea di montaggio Banco prova	Dà forma al prodotto assemblando i singoli getti, previo inserimento di accessori e guarnizioni Il prodotto assemblato viene sottoposto a prova idraulica di tenuta
Addetto verniciatura	Cabina verniciatura	Il prodotto assemblato, in particolare se destinato a stoccaggio all'esterno o a spedizione navale, viene verniciato per evitarne l'ossidazione superficiale e il degrado

Rischi infortunistici

Tabella 3.10.1. Trattamenti termici. Lavorazioni meccaniche.
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

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO **→ OPERAZIONE** **→ MODALITA'**	**DANNO ATTESO** **DANNO RILEVATO**	**INTERVENTI DI PREVENZIONE** **FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI**
I 14 ⚠	→ movimentazione getti → schiacciamento nelle operazioni di imbrago	Contusioni Traumi, escoriazioni	Attrezzature inadeguate Mancata informazione e procedure mancanti (rischio trattato anche in Capitolo *Finitura*)
⚠	→ lavorazioni con macchine utensili → urto/ schiacciamento/ contatto con utensile o con parti di macchina in movimento	Ferite lacero-contuse Amputazioni	Mantenere in perfetto stato d'utilizzo le protezioni dei macchinari Adozione di DPI idonei
	→ lavorazioni con macchine utensili → investimento da schegge di materiali lavorati	Lesioni oculari	Mantenere in perfetto stato d'utilizzo le protezioni dei macchinari Adozione di DPI

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Numero	Legge/ Articolo	
1	626/35	obblighi del datore di lavoro in merito all'uso delle attrezzature da lavoro
1	626/38	formazione e addestramento per l'uso delle attrezzature di lavoro

Fattore di rischio. Residui combustione

I forni di trattamento termico sono generalmente alimentati a metano; vi è quindi la teorica esposizione del personale a residui della combustione quali ossidi di azoto e monossido di carbonio.
La dotazione dei forni di idonei camini con emissione all'esterno e un adeguato ricambio d'aria dei locali consente di evitare questi rischi.

Fattore di rischio. Esposizione a alte temperature e a sbalzi di temperatura

I forni di trattamento termico possono essere significative fonti di calore, tuttavia il loro funzionamento non richiede permanenza di personale nello loro vicinanze, salvo che nelle brevi operazioni di carico e scarico del materiale.
Per evitare condizioni microclimatiche sfavorevoli per alte temperature è necessario che i forni non siano posizionati in prossimità di aree di permanenza del personale e che comunque i locali siano adeguatamente ventilati; le pareti dei forni devono essere adeguatamente coibentate per contenere la diffusione di calore radiante, nonché per ottimizzare il rendimento dei forni.

Fattore di rischio. Ustioni

Possibilità di contatto accidentale con parti metalli calde dei forni o dei pezzi sottoposti a trattamento termico.
E' importante la coibentazione delle superfici dei forni; la presenza di superfici ad alta temperatura deve essere indicata con specifica segnaletica (mantelli dei forni, ma anche aree di deposito pezzi caldi in uscita dai forni). Nei casi di manipolazione materiali il personale deve essere dotato di guanti protettivi.

Fattore di rischio. Incendio ed esplosione

Per il rischio legato all'impiego di forni a gas combustibile per trattamenti termici e alla presenza di linee di distribuzione di gas valgono le stesse considerazioni generali indicate per la Fase *Preparazione metallo* alla quale si rimanda.

COMPARTO **Fase di lavorazione** **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**FONDERIA** **Lavorazione di tornitura cilindro alla macchina utensile** **Operazione di posizionamento del cilindro sulla macchina utensile con l'ausilio del carro ponte** **I 14**
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	L'operazione di sollevamento, al momento in cui è occorso l'infortunio, è stata eseguita dall'infortunato con l'aiuto di un collega. L'infortunato con una mano comandava la pulsantiera del carroponte e con l'altra infilava una fune su uno dei due colli; il collega ha eseguito la stessa operazione sull'altro collo del cilindro. Il collo del cilindro aveva già subito alcune lavorazioni meccaniche e presentava due "gradini" in prossimità di una parte spianata; la fune che veniva infilata da una parte si è infilata facilmente fino ad appoggiarsi alla parte spianata, mentre dall'altra si è impigliata contro uno scalino. In tale circostanze l'infortunato aveva cercato di spingere la fune, guidandola con la mano nella parte ove si era impigliata, per regolarne la posizione e per evitare che il cilindro si inclinasse da un lato mentre veniva sollevato. In tale circostanze la fune stessa, che era in tensione, nel raggiungere improvvisamente la parte spianata ha schiacciato la mano sinistra contro il bordo del cilindro Due operatori del reparto torneria
Osservazioni Discussione	Mentre veniva eseguita tale operazione, l'infortunato manteneva la mano, con cui stava sistemando la fune in una posizione di possibile schiacciamento, tra la fune e il pezzo da sollevare nel momento in cui la fune veniva messa in tiro L'operatore era stato addestrato all'utilizzo del carroponte da circa tre settimane. Non era stata fatta una adeguata informazione/formazione circa le modalità di movimentazione dei carichi e uso dei mezzi di sollevamento.
Fattori di rischio evidenziati	attrezzature inadeguate poca esperienza nella mansione mancata informazione del rischio e procedure mancanti
Interventi	Adeguata informazione e formazione dell'operatore messi a disposizione dei rampini;

3.11. Manutenzioni, ripristini, lavori ausiliari. Movimentazioni generiche

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE
Approvvigionamento materiali ausiliari
Pulizia e raccolta scarti
Demolizioni e rifacimenti refrattari (a termine campagna): forni, siviere, altri componenti
Riparazioni, ripristini refrattari, (durante l'esercizio)
Riparazioni, manutenzioni impianti
Manutenzione carriponte
Manutenzione impianti ausiliari
Operazioni con macchine utensili o con attrezzature
Movimentazioni manuali (non attribuibili a fasi precedenti)
Movimentazioni con macchinari a terra (non attribuibili a fasi precedenti)
Movimentazioni con carroponte (non attribuibili a fasi precedenti)

L'attività di fonderia prevede in molti casi l'impiego di impianti complessi, che prevedono componenti elettrici, oleodinamici, pneumatici.
Si è in presenza di condizioni di esercizio gravose, di un ambiente in cui si realizzano trasformazioni e movimentazioni di quantità elevati di materiali, con rilevante dispersione di questi in ambiente, in particolare per quanto riguarda le terre di fonderia: le condizioni di funzionamento devono quindi essere garantite in regimi difficili e con un rilevante sporcamento delle strutture, dei componenti impiantistici, dei meccanismi di controllo, nonché la elevata possibilità di collisioni e urti durante le movimentazioni.
La possibilità di mantenere la disponibilità dell'esercizio degli impianti, che peraltro sono ulteriormente vincolati da un funzionamento in sequenza, è affidata a un adeguato controllo di tutti i componenti da sviluppare con attività di manutenzione integrate.
La manutenzione ordinaria viene effettuata quando gli impianti non sono in attività; è quindi necessario organizzare gli interventi durante il periodo di sospensione della lavorazione (*tempo non disponibile*). Una buona pianificazione può essere agevolata da tempi di lavorazione con sospensione dell'attività fra una settimana e la successiva. La frequenza dei periodi di manutenzione è determinata principalmente dalla affidabilità del funzionamento di alcuni impianti critici (in particolare linee automatizzate).
Con le fermate vengono effettuati parallelamente lavori di pulizia, di rifacimento refrattario, di manutenzione meccanica ed elettrica, nonché interventi di installazione di adeguamenti e modifiche dell'impianto.
La manutenzione straordinaria implica revisione praticamente completa degli impianti e delle attrezzature, una verifica dell'integrità o della conformità delle stesse, inserendo estese riparazioni o sostituzioni, se giudicate necessarie o se previste dall'esperienza storica di funzionamento.
Questa forma di manutenzione viene effettuata generalmente due volte in un anno (fermata estiva e fermata natalizia) e a questa fermata vengono spesso associati interventi di ristrutturazione e ammodernamento degli impianti.

Figura 3.11.1. Manutenzione in seguito a malfunzionamento. Estrazione delle staffe da carosello automatizzato
Figura 3.11.2. Ripristino rivestimento refrattario di usura di un canale di colata di forno a crogiolo

I criteri che presiedono a una buona manutenzione sono riconducibili alla minimizzazione dei tempi di fermata e al migliore utilizzo delle risorse umane. E' cioè meglio aumentare la frequenza delle fermate programmate ed evitare fermate impreviste dovute a guasti durante il periodo destinato alla produzione, interruzioni che compromettono in misura ancor più pesante inserendosi in un'attività che prevede il funzionamento sequenziale degli impianti.
Un criterio ben diverso viene applicato in presenza di impianti obsoleti o poco affidabili: diventa praticamente inutile programmare fermate per eseguire la manutenzione preventiva, perché gli inconvenienti sono tanti e tali da comportare comunque frequenti sospensioni.
A differenza della manutenzione refrattaria, in un certo senso obbligata in quanto il rivestimento si usura costantemente durante la lavorazione, le manutenzioni meccanica ed elettrica possono essere suddivise in programmi da realizzare con una certa frequenza ai quali aggiungere gli interventi che durante l'esercizio si evidenziano necessari.
Per riuscire in tutto questo è indispensabile stabilire alcune forme di programmazione generale e di registrazione della storia dell'impianto, in particolare una cronistoria dei guasti, che consentano di conoscere il ritmo di deterioramento dei componenti: qualsiasi pezzo che crei continui problemi si rende così evidente che il responsabile di manutenzione ne farà oggetto di cura particolare; in alternativa si rischia di dovere ispezionare e registrare tutto a ogni fermata, oppure di programmare solo le manutenzioni che si sono rese indispensabili, trasformando la manutenzione ordinaria in una settimanale rincorsa dei guasti.
La manutenzione preventiva è fondata su un criterio opposto, cioè di prevedere un termine di utilizzo per ogni componente o un'usura massima accettabile: in questo caso si procede alla sostituzione senza tenere conto delle condizioni apparenti del componente: è questo il caso della metallurgia, cioè in presenza di impianti strategici per la continuità produttiva e di componenti (si pensi alle siviere) dal cui funzionamento dipende la sicurezza delle persone e dell'impianto, dove si ricorre a interventi determinati in base a criteri di affidabilità e di analisi statistica della vita dei componenti.

Rischi infortunistici

Tabella 3.11.1. Manutenzioni, ripristini, lavori ausiliari. Movimentazioni generiche
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

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO **→ OPERAZIONE** **→ MODALITA'**	**DANNO ATTESO** **DANNO RILEVATO**	**INTERVENTI DI PREVENZIONE** **FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI**
I 15	→ Demolizione refrattario forno → Caduta da luogo elevato	Eventi mortali	Elevato calore radiante Mancanza di protezioni Procedure mancanti e carenti
⚠	→ Manutenzione impianti di fonderia → Caduta da posizione elevata	Contusio Traumi, escoriazioni Fratture	Mancanza di ponteggi o piattaforme Procedure non applicate Cinture fornite non utilizzate
⚠	→ Manutenzione impianti di fonderia → Schiacciamento in operazioni manuali di sollevamento	Eventi mortali Fratture	Componenti di macchine sostituiti, ma senza la resistenza meccanica richiesta Componenti non idonei mantenuti in servizio Mancanza di coordinamento fra gli interventi Procedure definite ma errate
⚠	→ Manutenzione impianti di fonderia → Uso di martello	Fratture Ferite lacero contuse	Modalità operative sbagliate DPI forniti ma non adeguati DPI forniti non utilizzati
I 16 ⚠	→ Manutenzione impianti di fonderia → Contatto con utensili/ parti in movimento di macchine	Fratture Ferite lacero contuse Amputazioni	Elevato calore radiante Protezione organi in movimento inadeguata Posizione di lavoro senza condizioni di

I 17 ⚠	→ Manutenzione impianti di fonderia → Schiacciamento da parte di organi in movimento	Contusioni Ferite lacero contuse Amputazioni	sicurezza Intervento di manutenzione effettuato da personale non qualificato Intervento effettuato con macchina in moto Mancato coordinamento fra gli operatori Procedure definite, ma carenti
	→ Manutenzione filtri a manica → Schiacciato dal carroponte contro strutture fisse	Eventi mortali	Si veda analogo infortunio trattato per la Fase di *Manutenzione* nell'attività di *Laminazione*
I 18	→ Pulizia impianto terre → Intrappolamento fra organi fissi e organi in movimento	Eventi mortali Contusione, traumi	Illuminazione insufficiente Protezione organi in movimento inadeguata Mancanza segnalazioni ottiche e acustiche di funzionamento Intervento di manutenzione con macchina in movimento: procedure carenti

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Numero	Legge/ Articolo	
4	547/375	misure e attrezzature idonee per lavori di manutenzione e riparazione
2	626/35	obblighi del datore di lavoro in merito all'uso delle attrezzature da lavoro
2	626/37	informazione in merito all'utilizzo delle attrezzature da lavoro
2	626/38	formazione e addestramento per l'uso delle attrezzature di lavoro
2	626/7	contratto di appalto o contratto d'opera
1	303/4	formazione del personale
1	547/10	protezione delle aperture nel suolo
1	547/11	posti di lavoro e di passaggio esposti alla caduta o investimento di materiali
1	547/132	protezione delle zone di imbocco dei laminatoi
1	547/168	appropriatezza e impiego dei mezzi e apparecchi di sollevamento e di trasporto
1	547/28	mancanza di sufficiente visibilità
1	547/374	carente manutenzione delle strutture e degli impianti
1	547/374	carente manutenzione delle strutture e degli impianti
1	547/387	disponibilità di mezzi di protezione apparato respiratorio
1	547/55	protezione degli organi o elementi di trasmissione del moto
1	547/68	protezione degli organi lavoratori e delle zone di operazione delle macchine
1	547/72	dispositivo di blocco con il funzionamento dei dispositivi di protezione
1	547/73	protezione delle aperture di alimentazione e di scarico delle macchine
1	547/82	dispositivi di fermo della macchina durante interventi ausiliari
1	626/22	formazione dei lavoratori
1	626/4	obblighi del datore di lavoro, del dirigente, del preposto

Rischi igienico ambientali

Tabella 3.11.2. Manutenzioni, ripristini, lavori ausiliari. Movimentazioni generiche
Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO	DANNO ATTESO	FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE
A7	Polveri aerodisperse e fumi metallici - Interventi durante l'attività - specifiche lavorazioni effettuate con attrezzature e macchine utensili (saldature, molature, ecc.)	Bronchite cronica, Pneumoconiosi da polveri Irritazione vie respiratorie e occhi	Separazione delle aree di lavoro Implementare i sistemi di aspirazione DPI mancanti o inadeguati Frequente pulizia delle zone di accumulo

	Correlati alle esposizioni indebite dovute a ricadute provenienti da altre aree		
	Vapori di sostanze organiche - Operazioni di pulizia e sgrassaggio, preliminari a montaggio oppure preliminari a lavorazioni in officina	Irritazione e bruciori vie respiratorie e occhi	Ventilazione Aspirazione localizzata Dispositivi di protezione individuale
A10	Esposizione a rumore - Interventi nei reparti durante l'attività: si vedano tutte le aree interessate - Specifiche operazioni realizzate con attrezzature e utensili	Danni uditivi Danni extrauditivi	Vigilare sull'impiego dei DPI
	Vibrazioni - impiego di strumenti vibranti - posizioni di manovra di mezzi di movimentazione	Traumi e alterazioni degenerative ai sistemi articolari Morbo di Raynaud Effetti sui nervi e sui muscoli	Valutare la sostituzione di attrezzature di lavoro con altre che producono meno vibrazioni Impiego di guanti antivibranti Inserimento di posizioni e sedili smorzanti
A8	Stress e affaticamento da calore riparazione e sostituzione di componenti che vengono effettuati al di fuori da manutenzione programmata	Aggravamento problematiche cardiocircolatorie, digestive e renali	Inserimento di protezioni e schermi Adozione di DPI specifici
	Esposizione a basse temperature Correnti e sbalzi termici - posizioni di lavoro esterne esposte ad agenti atmosferici - posizioni in reparti interessati da correnti d'aria	Alterazioni degenerative tessuti periarticolari Malattie da raffreddamento	Chiusura delle strutture coperte Inserimento di postazioni protette Inserimento di sistemi di riscaldamento radiante
	Radiazioni infrarosse e ultraviolette - interventi presso impianti in attività - impiego cannelli e lance ossigeno	Processi invecchiamento dell'occhio Cataratta Danneggiamento retina	Inserimento di schermi Adozione di DPI specifici

A7, A8, A10: si veda anche al Capitolo 3.12 "Analisi rischi e interventi comuni a più fasi"

Interventi

COMPARTO **Fase di lavorazione** **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**FONDERIA** **Manutenzione** **Demolizione refrattari forno induzione con martello pneumatico** **I 15**
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	L'infortunato si trovava nella zona della platea del forno a induzione e si era avvicinato alla zona prospiciente il vuoto per far ruotare la cappa di aspirazione (usata per l'aspirazione delle polveri che si producono durante le fasi di frantumazione del refrattario). Poiché la cappa ruotava a fatica, l'infortunato ha dato una spinta più forte, sbilanciandosi e cadendo nella buca sottostante. La caduta è avvenuta direttamente dalla trave superiore del carro siviera. Operatori esterni addetti al rifacimento dei refrattari dei forni ad induzione
Osservazioni Discussione	Le operazioni avvengono con cadenza media mensile per ciascuno forno a induzione. Le modalità di esecuzione erano le seguenti: la demolizione avveniva per gradi e il materiale che man mano si raccoglie sul fondo veniva evacuato facendo ruotare la bocca del forno sino a 90° e facendo cadere il materiale stesso in un cassone di raccolta posto sul carro siviera che si trova nella buca di spillaggio del forno. Per effettuare il ribaltamento del forno erano state rimosse tutte le protezioni poste sulla platea di colata, verso la buca stessa. Per le operazioni suddette sono emerse violazioni alla normativa antinfortunistica, non solo per quanto riguarda direttamente la dinamica dell'infortunio, ma anche per quanto concerne le modalità operative con le quali si procedeva allo svuotamento del refrattario dal forno
Fattori di rischio evidenziati	Durante tali fasi operative si sono evidenziati gravi rischi di caduta dall'alto: - dalla platea di colata verso la buca di spillaggio; - dal cassone di raccolta del materiale verso la buca di spillaggio; - nelle fasi di accesso al cassone di raccolta del materiale (raggiunta con pericolosi equilibrismi percorrendo una trave del carro siviera posta sul vuoto a vari metri di altezza rispetto alla buca di spillaggio; - dalla platea di colata nel vano che si crea durante il ribaltamento del forno stesso; - nella platea di colata verso la buca costituita dallo stesso forno
Interventi	Sono state predisposte: una piattaforma di lavoro, dotata di opportuni parapetti, che viene posizionata sulle travi superiori del carro-siviera e che viene a costituire un piano di lavoro contiguo alla platea di colata che impedisce perciò la caduta nella buca di spillaggio; dei ripari scorrevoli e mobili atti a prevenire possibili cadute nel vano che si crea durante la fase di ribaltamento del forno; un nuovo cassone per la raccolta dei detriti derivanti dalla demolizione del refrattario; un piano di lavoro per il rifacimento delle murature refrattarie dei forni ad induzione

COMPARTO **Fase di lavorazione** **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**FONDERIA** **Manutenzione programmata. Lavori di carpenteria** **Inserimento sulle linee di formatura di tamponamenti in lamiera** **I 16 ⚠ Contatto con utensili/ parti in movimento di macchine**
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	L'infortunato stava istallando un tamponamento presso una linea di formatura, all'interno della zona di segregazione del carro introduttore delle staffe, con la parte destra del corpo appoggiata al carro stesso, quando questo, a causa del collaudo in corso, partiva urtandolo Peso del carro vuoto: 5500 kg, velocità notevole L'infortunato è operaio carpentiere, il suo collega è caposquadra e sono dipendenti di una ditta in appalto continuativo per lavori di pulizia e di manutenzione
Osservazioni Discussione	Due linee sono affiancate e hanno in comune le zone di segregazione dei carri introduttori e dei carri estrattori. Poco prima dell'infortunio, su queste due linee, erano all'opera nove lavoratori che eseguivano cinque interventi diversi. Sei erano dipendenti della fonderia e tre di due ditte in appalto. L'infortunato aveva trovato la porta della segregazione chiusa col lucchetto (chiusa dal manutentore che doveva collaudare una linea) e quindi si era fatto consegnare la chiave da un preposto della fonderia. Il coordinamento predisposto aveva troppe carenze: 1) mancava la visione complessiva degli interventi su impianti che avevano zone in comune, 2) mancava il controllo su quali interventi erano eseguiti contemporaneamente, 3) mancava il controllo dei tempi degli interventi, 4) il coordinamento era affidato allo scambio verbale e all'incontro casuale fra i capisquadra; 5) non erano coinvolti i lavoratori delle ditte esterne, che di fatto erano abbandonati a se stessi. Tutto ciò poteva ovviarsi con dispositivi di interblocco sulle porte della segregazione che, all'apertura, impedissero la partenza della linea o almeno i movimenti all'interno della recinzione. Invece erano usati piccoli lucchetti del tutto inadeguati ai rischi corsi dai manutentori all'interno della segregazione, perché non impedivano il movimento dei carri e perché i loro anelli erano facilmente tranciabili. Anche la semplice procedura orale, di consegnare le chiavi solo ai manutentori della fonderia, era inadeguata ai rischi, infatti è stata riferita da 2 dipendenti su 5. E' registrato un solo infortunio paragonabile a questo: si tratta di un infortunio mortale avvenuto durante una pulizia manutentiva; in entrambi i casi è stata contestata la violazione dell'art. 375 DPR 547/55. Però si consideri che la fonderia impiega abitualmente un elevato numero di dipendenti di ditte in appalto; ad esempio, solo i colleghi dell'infortunato, quel giorno, erano quindici
Fattori di rischio evidenziati	- mancanza di coordinamento durante la manutenzione anche con i non dipendenti - procedura carente anche in fase di collaudo - dispositivi di sicurezza inadeguati
Interventi	Una nuova procedura scritta che prevede il referente unico per i lavori di manutenzione è stata consegnata e illustrata ai dipendenti della fonderia e alle ditte in appalto Inoltre, è stato installato un dispositivo di interblocco con bloccaggio del riparo, idoneo ed efficiente, per ogni porta di accesso all'area segregata dei carri introduttori ed estrattori delle due linee

IMMAGINI DELL'IMPIANTO NELLE CONDIZIONI DELL'INFORTUNIO

Particolare del carro che ha investito l'infortunato

Particolare dello stesso carro, sullo sfondo a sinistra si intravede l'analogo carro introduttore della linea adiacente

chiusura di "sicurezza" per le segregazioni delle aree operative dei carri introduttori ed estrattori

IMMAGINI DELL'IMPIANTO DOPO OTTEMPERANZA

Uno dei quattro dispositivi di interblocco con bloccaggio del riparo, installati sulle porte delle segregazione dei carri

Uno dei quattro dispositivi di interblocco con bloccaggio del riparo, installati sulle porte delle segregazione dei carri

COMPARTO **Fase di lavorazione** **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**FONDERIE** **Manutenzione impianti di fonderia** **Sostituzione di due silenziatori** **I 17 ⚠ Schiacciamento da parte di organi in movimento**
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Sostituzione di due silenziatori insufficienti posti a circa 2 m da terra su una formatrice: per portarsi all'altezza necessaria l'addetto si è arrampicato sulla macchina in funzione e prima che potesse effettuare qualsiasi operazione il suo piede sinistro veniva maciullato da una parte in movimento L'infortunato lavorava da solo, è un dipendente, è il manutentore più esperto della ditta, in quanto svolge questa mansione d oltre 30 anni
Osservazioni Discussione	L'infortunato appoggia il piede sinistro sul sostegno del pressante su cui scorre avanti e indietro il ponticello dei tubi dell'olio ed è stato questo ponticello, che si ferma a filo della struttura, a schiacciargli il piede sinistro. Questo sostegno si trova a circa 1,70 m da terra ed è privo di protezioni La qualifica dell'infortunato, la sua esperienza e il tipo di intervento che eseguiva di sua iniziativa, l'aver violato una disposizione che conosceva (esecuzione degli interventi di manutenzione a macchina ferma) e l'essersi arrampicato sull'impianto fossero un'insieme di fattori più incisivi rispetto alla mancanza di protezione in quota del ponticello
Fattori di rischio evidenziati	intervento di manutenzione eseguito a macchina in movimento
Interventi	Nessuno previsto, dato il particolare insieme di circostanze

in **a**
è indicata la posizione di appoggio del piede sinistro dell'infortunato
in **b**
è indicato il ponticello dei tubi dell'olio che lo ha schiacciato.

COMPARTO **Fase di lavorazione** **Operazione specifica** **TIPOLOGIA INFORTUNIO**	**FONDERIA** **Manutenzione, lavori ausiliari, pulizie** **Pulizia e aspirazione dei nastri di trasporto impianto terre** **I 18**
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Intrappolamento fra parti fisse e parti in movimento Infortuni che coinvolgono principalmente gli addetti impianto meccanizzato e i manutentori
Osservazioni Discussione	La collocazione dei nastri di raccolta della terra di formatura che fuoriesce dalla staffa sotto la macchina formatrice rende estremamente difficile e precaria l'operazione di pulizia e di raccolta di eventuali bave o pezzi metallici che inceppano l'avanzamento delle staffe. Si tenga presente che in alcune situazioni, l'impianto fermo, mantiene sistemi in pressione che, liberati dall'incaglio che li trattiene, possono consentire spostamenti dei sistemi inceppati
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Posizione di intervento inadeguata come collocazione e come spazio Presenza di ingombri e ostacoli Illuminazione insufficiente CONDIZIONI AMBIENTALI Polveri aerodisperse, vapori e fumi dalle terre, in particolare per quelle che derivano dalla distaffatura IMPIANTI E MACCHINE Complessiva inadeguatezza per l'installazione, che non consente normali interventi di disincaglio, pulizia e manutenzione Componenti di manovra (circuiti) che possono generare situazioni rischiose PROCEDURE ORGANIZZATIVE Interventi di manutenzione effettuati da personale non qualificato Procedure mancanti/ carenti/ definite ma errate Informazioni rispetto ai rischi carenti Procedure non applicate
Interventi	

Schemi, disegni, fotografie

Commenti a schemi, disegni, fotografie

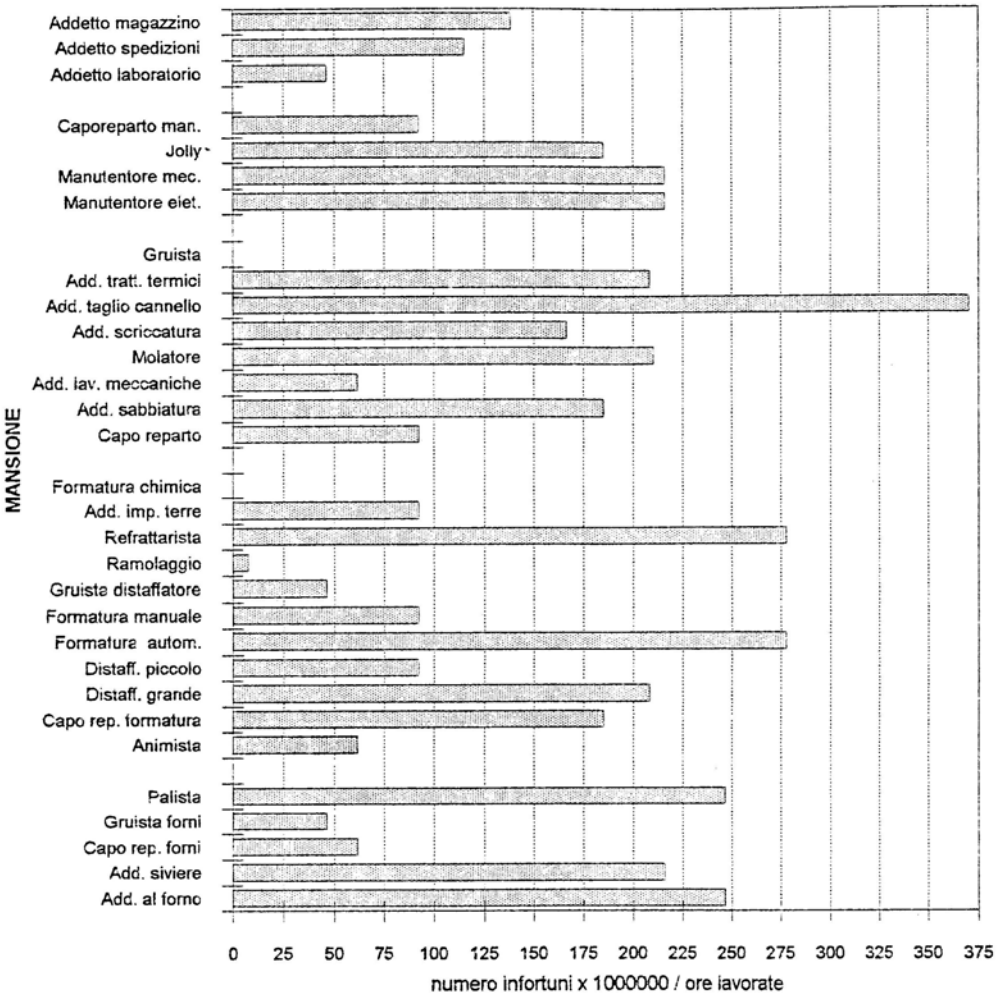
Intervento di pulizia o asportazione bave metalliche da una linea automatica di formatura

3.12. Analisi rischi e interventi comuni a più fasi

3.12.1. Rischio infortunistico per le diverse mansioni

Le analisi infortunistiche restituiscono un profilo di rischio infortunistico molto differenziato, in molti casi non immediatamente percepito nella sua escursione.
La visualizzazione congiunta degli indici infortunistici sintetici (Figura 3.12.1) riferiti alle diverse mansioni, svolte da personale dipendente della fonderia, consente di percepire in misura più diretta la dimensione del rischio infortunistico.
Questa rilettura fra l'altro agevola la possibilità di individuare le priorità per gli interventi di prevenzione.

Figura 3.12.1. Fonderia di acciaio. Indice di frequenza degli infortuni riferito alle diverse mansioni



3.12.2. Valutazione esposizione a inquinanti aerodispersi

Il comparto fonderia si distingue in modo significativo rispetto alla produzione di semilavorati metallici, per le tecnologie e per le modalità di lavoro adottate: come indicatore riassuntivo basta osservare la produttività per ogni addetto (60-100 t getti/ anno) ben lontana da quella delle attività metallurgiche che solidificano semilavorati (200-8000 t billette o barre o tondi/ anno).
Per identificare il rischio di questo comparto è quindi opportuno mantenere un'attenzione rivolta ai dettagli e alla manualità con cui sono eseguite le operazioni: questi aspetti incidono in misura evidente soprattutto sul rischio dovuto agli aerodispersi e rendono particolarmente impegnativa la costruzione del profilo di rischio, vista la varietà dei materiali utilizzati e l'organizzazione del lavoro, specifica in ogni unità produttiva.

Per consentire un quadro il più ampio possibile di valutazione si è cercato di identificare una casistica dei rischi sufficientemente ampia e articolata: vengono presentati i risultati ottenuti tramite l'analisi del comparto udinese (7 unità produttive con 350 addetti: principali caratteristiche delle fonderie di ghisa e acciaio in Tabella) effettuata a metà degli anni '90 e tramite alcune indagini realizzate in fonderie di ghisa e di acciaio dell'area lombarda (7 unità produttive con 430 addetti: principali caratteristiche in Tabella 3.12.1).

Tabella 3.12.1. Principali caratteristiche delle fonderie del comparto udinese e sostanze quantificate

FUSA	60 addetti 2 cubilotti formatura forme: a verde, sabbia silicea formatura anime: chimica, sabbia silicea tipologia prodotto: ghisa grigia prodotto: corpi caldaia, comp. ind. tessile e meccanica produzione: 4000 t/anno	PT SiO_2 Pb+Cd Fe+Cr+Ni CH_2O SOV + IPA ammine
FAREM	50 addetti 1 forno elettrico a arco formatura forme: a verde e chimica, sabbia di olivina formatura anime: chimica (silicato Na), sabbia silicea tipologia prodotto: acciai da costruzione, speciali, al Mn prodotto: componenti industria meccanica, śiderurgica produzione: 3000 t/anno	PT SiO_2 Pb+Cd Fe+Cr+Ni IPA
GB BERTOLI	50 addetti 1 forno elettrico a arco formatura forme: a verde e chimica, sabbia di olivina formatura anime: chimica (Na), sabbia silicea e olivina tipologia prodotto: acciai al Mn, acciai speciali prodotto: componenti industria estrattiva e mineraria produzione: 3000 t/anno	PT SiO_2 Pb+Cd Fe+Mn+Cr+Ni IPA
FAR	130 addetti 2 rotativi formatura forme: a verde e chimica (Na), sabbia olivina formatura anime: chimica (CO_2), sabbia di olivina tipologia prodotto: acciaio al Mn prodotto: componenti industria estrattiva e mineraria produzione: 11300 t/anno	PT SiO_2 Pb+Cd Fe+Mn+Ni+Cr IPA
TAMI PETREI	15 addetti 2 cubilotti formatura forme: a verde e chimica, sabbia silicea formatura anime: chimica (CO_2), sabbia silicea tipologia prodotto: ghisa grigia, sferoidale, legata prodotto: componenti industria motoristica ed edile produzione: 1300 t/anno	PT SiO_2 Pb+Cd Fe+Mn+Ni+Cr IPA

Comparto udinese

Come indicato in corrispondenza alle diverse unità produttive si è proceduto a una selezione dei fattori di rischio in funzione delle attività e delle aree (Tabella 3.12.2) per ottimizzare il lavoro di indagine.

I prelievi hanno interessato 27 mansioni per un totale di 195 addetti e sono state scelte 64 posizioni significative nei diversi stabilimenti per la caratterizzazione delle sorgenti.
Si è proceduto al dosaggio delle sostanze mediante campionamenti contemporanei di tipo personale (circa 400) e di tipo statico (circa 350); in questo modo le esposizioni riferite alle diverse mansioni (campionamenti personali) possono essere messe in relazione alle sorgenti e alle condizioni dell'ambiente, rappresentate appunto da campionamenti di tipo statico.

Tabella 3.12.2. Fonderia di ghisa e acciaio. Fattori di rischio in ambiente di lavoro distinti per le diverse attività

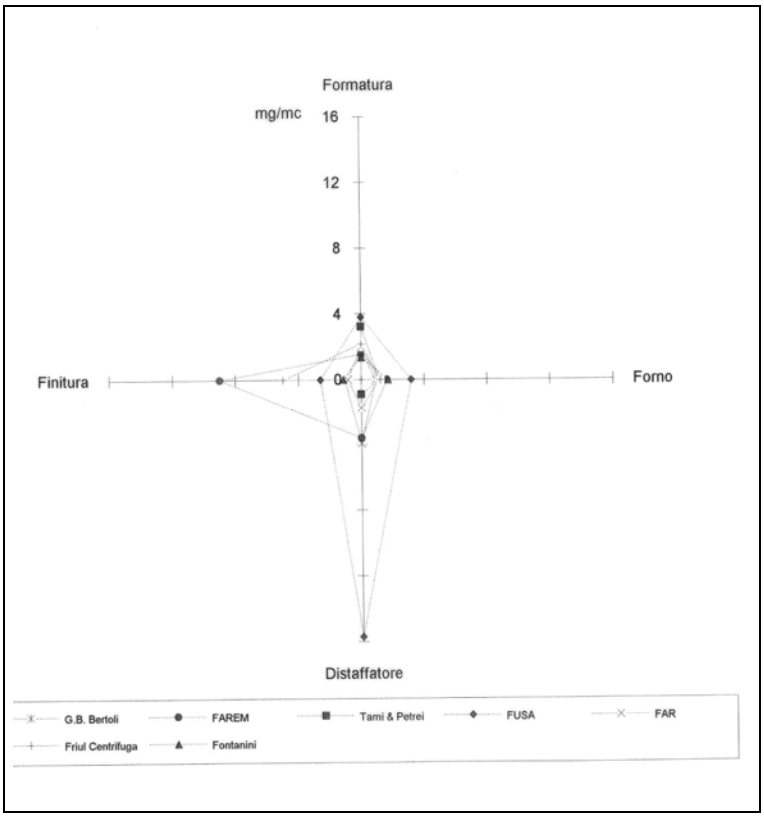
	FUSIONE		FONDERIA			FINITURA		
SOSTANZE	forno	colata	impianto terre	formatura	distaffatura	trattamenti termici	sabbiatura	sbaveria
PNOC (1)	*	*	*	*	*	*	*	*
Silice cristallina	*	*	*	*	*	*	*	*
Metalli e ossidi (2) (Fe, Mn, Pb, Cr, Ni, Cd)	*	*	*	*	*	*	*	*
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)		*		*	*			
Solventi				*				

(1) particelle (insolubili) non altrimenti classificate: riconducibili a frazione inalabile e frazione respirabile
(2) ulteriori ossidi sono stati ricercati in alcune aree sulla base delle caratteristiche delle materie impiegate.

Campionamenti ambientali

Riportando nello stesso grafico (Figura 3.1.2) la media geometrica di PNOC (mg/m^3), relativa alle principali fonti di inquinamento aerodisperso (forno fusorio, formatura, distaffatura e finitura) si osserva, nonostante una certa sovrapposizione dei dati, un andamento uniforme che solamente in due casi supera i 4 mg/m^3.

Figura 3.12.2. Fonderie comparto udinese. Medie geometriche di polvere totale prelevata con campionamenti fissi in quattro aree di lavorazione di tutte le unità produttive indagate (stessa scala per i quattro assi)



Nel complesso i campionamenti ambientali indicano un inquinamento di fondo presente in tutte le entità considerate, che raggiunge picchi consistenti a causa di soluzioni tecnologiche chiaramente inadeguate: su 25 aree di lavorazione indagate solo due, una di distaffatura e una di finitura, superano i 4 mg/m^3.

Si ricorda che per rileggere i dati riferiti alle "polveri totali" in termini di "frazione inalabile", tenendo conto dei primi studi comparativi condotti in ambiente industriale, vengono suggeriti i seguenti fattori di conversione:

- *per processi a caldo (fusione e raffinazione metalli, fonderie, ecc.): fattore di conversione 1,5;*
- *polveri derivanti da miniere, cave, manipolazione/ trasporto di agglomerati in massa: 2,5;*
- *saldatura, fumi: 1,0.*

Campionamenti personali

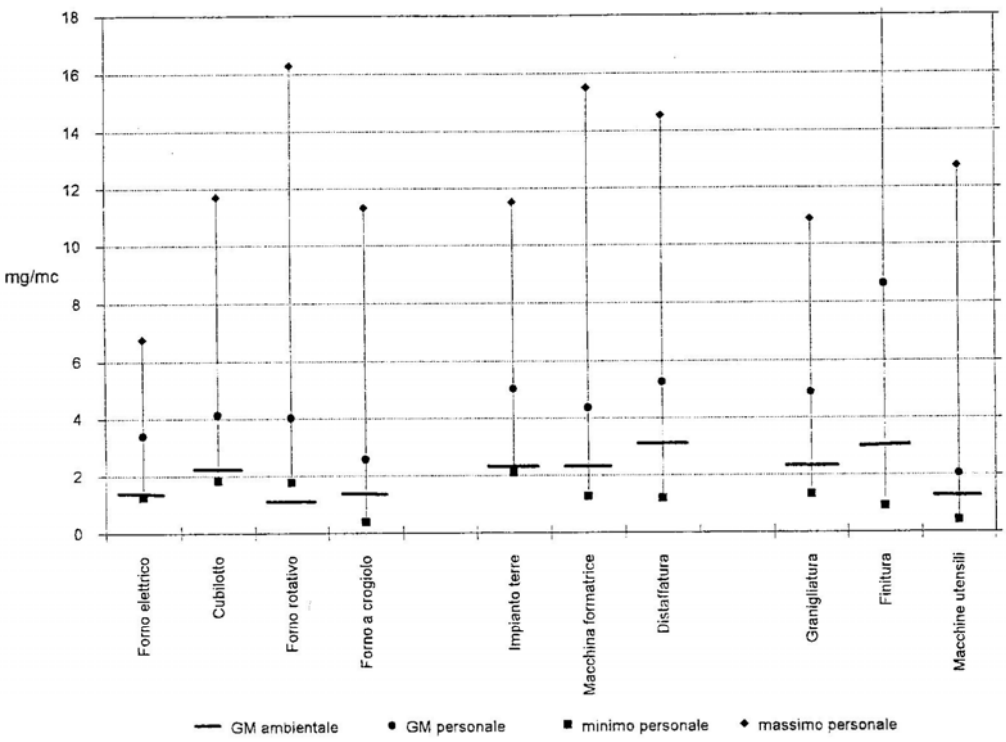
In Tabella 3.12.3 e in Figura 3.12.3 sono riportate le concentrazioni medie di polvere totale con riferimento alle più significative fonti di inquinamento confrontate con le rispettive medie riferite alle mansioni degli addetti che operano nelle rispettive aree di lavoro.

Risulta evidente che con i campionamenti di tipo statico non è possibile valutare adeguatamente l'esposizione personale degli addetti: le concentrazioni medie di area sono molto vicine ai valori più bassi delle concentrazioni rilevate con prelievi personali.

Tabella 3.12.3. Fonderie comparto udinese. Confronto fra prelievi ambientali e prelievi personali di polvere totale degli addetti che operano nelle medesime aree

PRELIEVI FISSI			PRELIEVI PERSONALI		
AREE DI LAVORO	numero	GM (mg/m³)	GM (mg/m³)	numero	MANSIONI
Forno elettrico	10	1.23	3.41	19	Addetto forno
Cubilotto	5	2.13	4.13	9	Addetto forno
Forno rotativo	2	1.13	4.04	7	Addetto forno
Forno a crogiolo	13	1.41	2.59	21	Addetto forno
Impianto terre	9	2.23	5.04	14	Addetto impianto terre
Formatura a macchina	19	2.31	4.37	29	Formatore
Distaffatura	15	3.09	5.27	29	Addetto distaffatura
Granigliatura	9	2.31	10.89	16	Addetto granigliatura
Finitura	16	2.90	8.64	50	Addetto finitura
Macchine utensili	13	1.29	2.04	19	Addetto macchine utensili

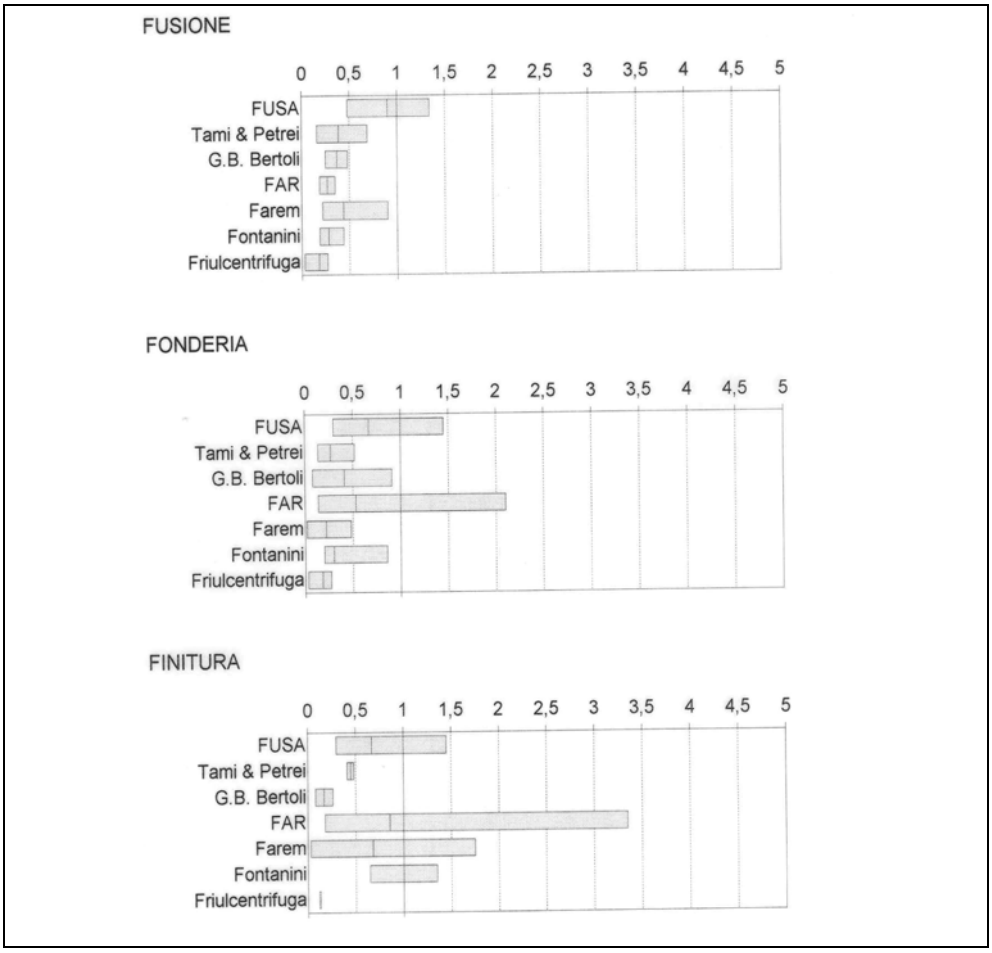
Figura 3.12.3. Confronto fra prelievi ambientali e personali di PT degli addetti che operano nelle medesime aree



Per meglio caratterizzare l'andamento dell'esposizione degli addetti nelle diverse aziende, per ogni area lavorativa si sono riportati in grafico i valori medio, massimo e minimo degli indici di rischio che derivano dalle sostanze più significative di queste attività e cioè: polveri totali, silice cristallina, manganese e piombo.
Nella valutazione degli altri inquinanti (ferro, cadmio, nichel, stagno, rame, zinco, solventi e IPA) in alcune entità produttive si sono evidenziate situazioni di rischio che tuttavia ai fini di restituire un profilo di rischio complessivo risultano meno interessanti.

Le concentrazioni medie della frazione inerte delle polveri non superano mai i valori accettabili. In 7 aree delle 21 indagate i valori variano al di sopra dell'unità.
In 5 aziende, nell'*area fusione*, gli indici di rischio medi sono distribuiti sotto il valore di 0,5; per tutte le mansioni dell'area si osservano indici di rischio accettabili.
In un'unica azienda abbiamo indici di rischio medio poco inferiori ad 1 con mansioni che arrivano a 1,45 dovuto alla contigua presenza in quest'area del forno di mantenimento e di una zona colata su via a rulli e a particolari lavorazioni di rifacimento refrattario che vengono eseguite all'interno del forno fusorio stesso.
In *area fonderia* i valori medi risultano essere omogeneamente distribuiti attorno a 0,5 ma la variabilità è molto elevata con valori che per alcune mansioni raggiungono anche indici di rischio di 2. Questi alti valori sono da attribuire alla inefficace aspirazione del distaffatore e alla totale mancanza di aspirazione e/o segregazione dei nastri dell'impianto terre.
In *area finitura* l'andamento dei valori medi non è per nulla omogeneo ma presenta elevata variabilità. La gran parte delle lavorazioni di quest'area sono eseguite in limitate aree diversamente segregate e aspirate. Queste diversità sono la principale causa della variabilità elevata. L'indice di rischio di 3,3 è dovuto alla inefficacia del sistema di aspirazione, tra l'altro di nuova costruzione, installato a servizio dei singoli box di finitura e scriccatura.

Figura 3.12.4. Fonderie comparto udinese. Polvere totale: indice di rischio medio, valori minimo e massimo nelle diverse aree delle aziende (TLV 1995-96 assunto: 10 mg/m^3)



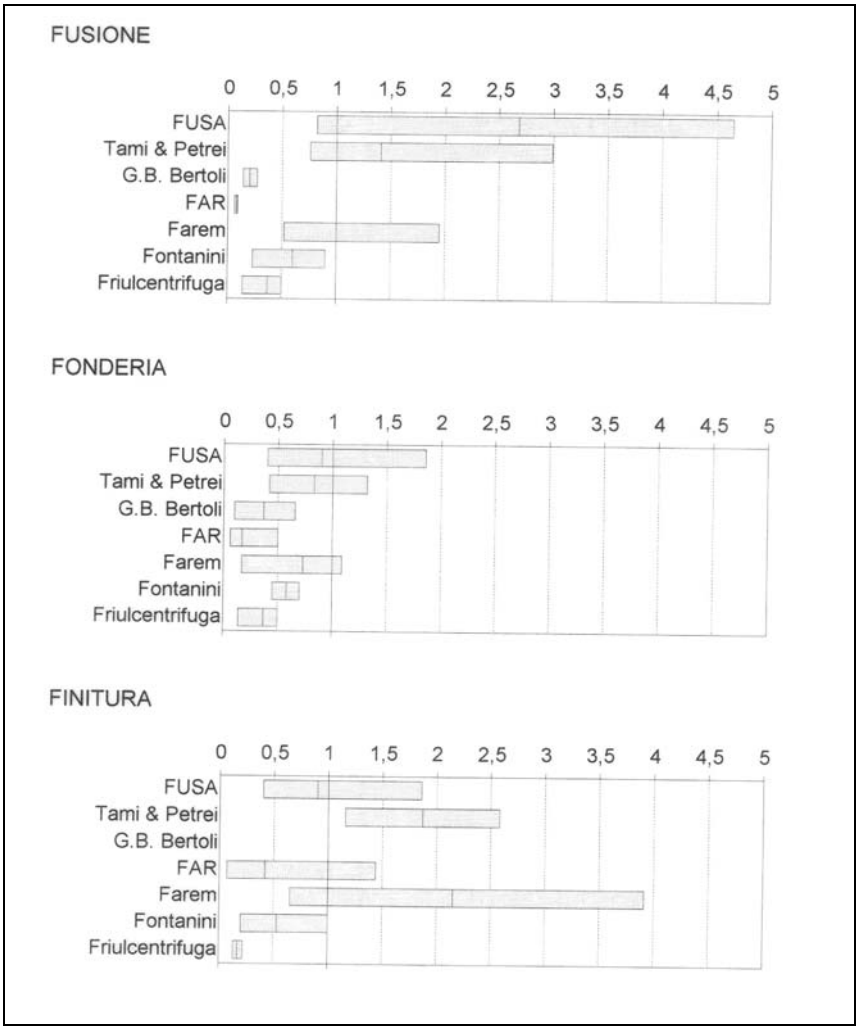
Il rischio silice è presente in metà delle aree indagate. Per dieci aree di lavoro rispetto alle venti valutate si riscontrano mansioni con esposizioni non accettabili e la elevata variabilità rilevata in *area fusione e fonderia* sono imputabili a:

- utilizzo di terre di fonderia silicee;
- quantità di anime impiegate nel ciclo produttivo, quota prodotta internamente e quota acquistata esternamente, e percentuale di terra riciclata (min.10% - max.20%). La quantità di anime acquistate è molto importante soprattutto in quelle realtà che non utilizzano terre silicee in quanto con la quota di riciclo esse vengono a inquinare mano a mano le terre di fonderia (ad esempio in una azienda troviamo in area fusione bassi indici di rischio mentre in area fonderia, causa il riciclo delle terre, gli indici di rischio sono più elevati);
- polveri di copertura, nella cui composizione è compresa tale sostanza;
- aspirazioni inadeguate delle fasi di distaffaggio.

La presenza di elevati indici di rischio in *area finitura* è da mettere in relazione con:

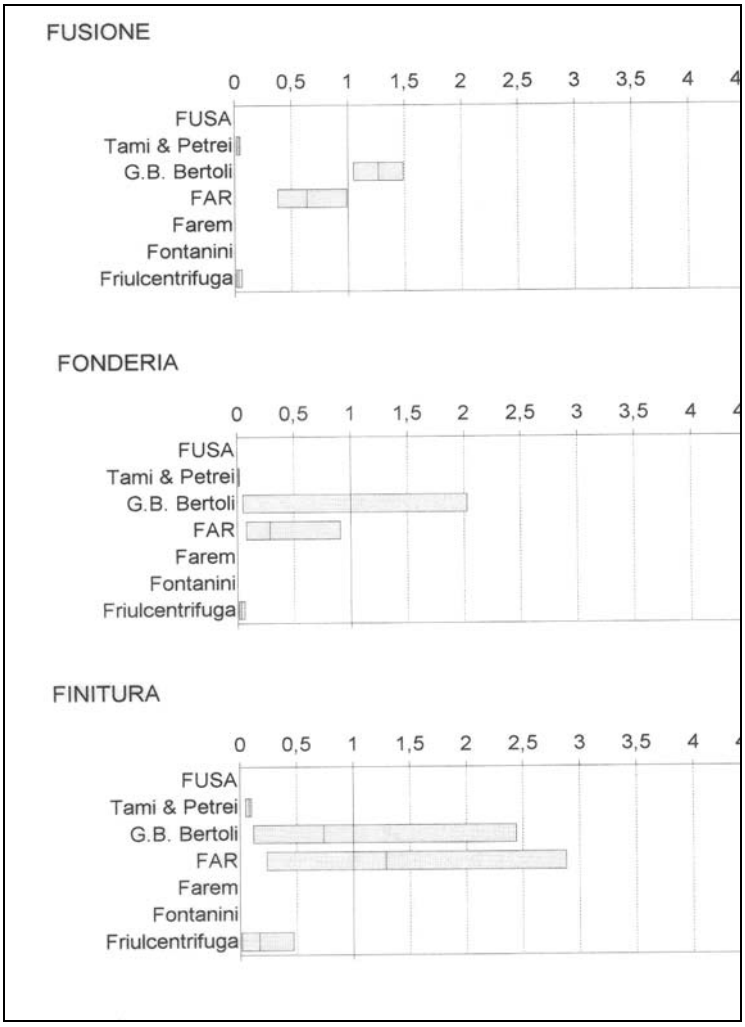
- residui di terre di fonderia sul getto da rifinire anche dopo la fase di granigliatura;
- scarsa aspirazione e segregazione della macchina sabbiatrice e delle postazioni di finitura.

Figura 3.12.5. Fonderie comparto udinese. Silice cristallina: indice di rischio medio, valori minimo e massimo nelle diverse aree delle aziende (TLV 1995-96 assunto: 0,1 mg/m^3)



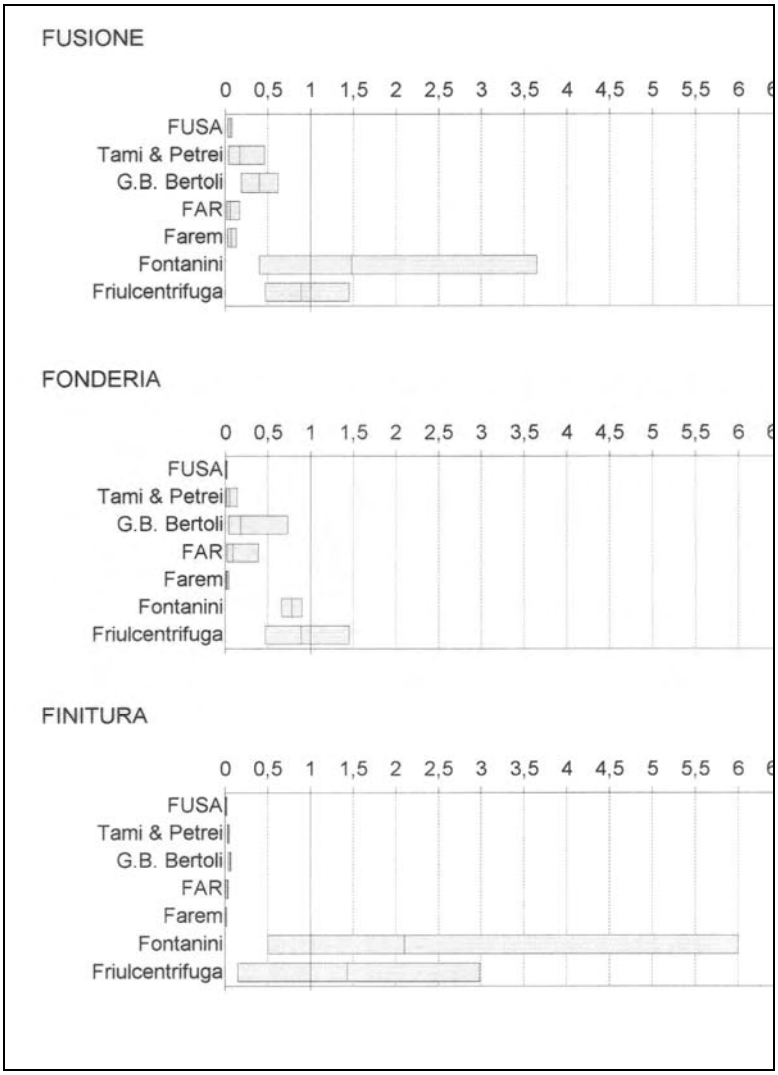
Solamente due aziende producono acciai al manganese. Il 25% delle aree di queste due unità produttive indica esposizioni elevate.
In *area fusione* una azienda presenta un indice di rischio medio superiore all'unità e tutte le mansioni considerate presentano valori più elevati rispetto a una seconda unità produttiva; questo risultato può essere messo in relazione al diverso forno fusorio e al relativo impianto di aspirazione fumi: il forno rotativo viene aspirato con minori difficoltà rispetto a un forno elettrico, soprattutto in assenza di sistema secondario di captazione.
Situazione analoga con valori più elevati è presente in *area fonderia* a causa della ricaduta degli inquinanti da sorgenti localizzate nella stessa area (a esempio il distaffatore) o in aree attigue (operazioni di smaterozzatura).
In *finitura* le situazioni critiche sono sostanzialmente identiche: in un caso i valori elevati sono dovuti all'inefficienza del nuovo impianto di aspirazione e alle operazioni di scriccatura e saldatura di grossi pezzi molto spesso eseguite fuori dai sistemi di aspirazione; nell'altro i valori elevati degli indici di rischio sono dovuti alle operazioni di smaterozzatura su banchi e/o giostre non adeguatamente aspirate.

Figura 3.12.6. Fonderie comparto udinese. Manganese: indice di rischio medio, valori minimo e massimo nelle diverse aree delle aziende (TLV proposta di modifica 1995-96 assunto: 0,2 mg/m^3)



Il piombo è presente come elemento di lega in due fonderie di ottone e bronzo, dove sono stati riscontrati alti valori di indice di rischio, mentre nelle fonderie di ghisa e acciaio è presente come inquinante del rottame.
Gli alti valori di piombo per tutte le mansioni delle *aree fusione e finitura* sono attribuibili alla mancanza o carenza di aspirazioni e di segregazione delle lavorazioni.
In generale in tutte le aree delle fonderie di ghisa e acciaio gli indici di rischio medi sono inferiori a 0,5.
L'unica entità che presenta alcune mansioni con indici di rischio maggiori rispetto alle altre, e comunque sempre al di sotto dell'unità, è una fonderia a causa di scarsa selezione del rottame ferroso e dell'inadeguata aspirazione del forno elettrico che provoca una ricaduta anche sulla limitrofa area fonderia.

Figura 3.12.7. Fonderie comparto udinese. Piombo: indice di rischio medio, valori minimo e massimo nelle diverse aree delle aziende (TLV proposta di modifica 1995-96 assunto: 0,05 mg/m^3)



A titolo esemplificativo del comparto si riportano in Tabella 3.12.4 gli indici di rischio riferito alle diverse mansioni relativamente a una fonderia di acciaio: in grigio sono stati evidenziati i superamenti dell'indice di rischio riferiti al singolo inquinate (con riferimento ai TLV ACGIH 1994 e proposte di modifica).
Dall'analisi dei risultati si evidenzia una situazione più che accettabili in tutte le aree di lavoro. I superamenti sono presenti prevalentemente nelle postazioni di lavoro dove sono presenti sistemi di captazione insufficienti o sottodimensionati o, addirittura, mal dimensionati.
Nel caso specifico, l'area finitura è stata successivamente ristrutturata portando alla realizzazione di singole postazioni di lavoro, insonorizzate e adeguatamente aspirate.
L'impianto di aspirazione a servizio dei box di finitura non è stato progettato adeguatamente, evidenziando dei consistenti cali di portata man a mano che ci si allontanava dal primo box all'ultimo.

Tabella 3.12.4. Fonderia di acciaio: indici di rischio riferiti alle mansioni (TLV 1995-96 e proposta di modifica)

MANSIONE	POLVERE TOT.	SILICE	OSS.FERRO	MANGANESE	CROMO	NICHEL	PIOMBO
AREA FUSIONE							
P1 Addetto al forno	0.35	0.09	0.05	0.99		0.07	0.02
P2 Addetto preparazione carica	0.19	0.06	0.07	0.38		0.10	0.02
P3 Addetto ripristino siviera	0.26	0.08	0.09	0.53	0.01	0.08	0.02
P4 Gruista di colata	0.26	0.07	0.03	0.66		0.05	0.17
AREA FONDERIA							
P5 Addetto formatrice staffe piccole	0.35	0.15	0.04	0.40		0.06	0.04
P6-8 Addetto ramolaggio	0.43	0.16	0.02	0.08		0.04	0.02
P7 Addetto formatura automatica	0.39	0.17	0.04	0.25		0.05	0.05
P9 Addetto formatura manuale	0.23	0.09	0.02	0.11		0.05	
P10 Carrellista di colata	0.22	0.10	0.04	0.91		0.04	0.11
P11 Addetto distaffatore grande	0.17	0.09	0.03	0.17		0.05	
P12 Addetto distaffatore piccolo	1.17	0.50	0.07	0.28	0.01	0.11	0.03
P13 Addetto formatura chimica	0.21	0.09	0.03	0.11		0.07	
P14 Addetto ramolaggio formatura chimica	0.14	0.06	0.03	0.08		0.06	
P15 Addetto distaffatura formatura chimica	0.16	0.24	0.03	0.12		0.06	
P16 Addetto impianto terre	1.10	0.27	0.04	0.21		0.08	0.03
P17 Addetto preparazione anime	0.17	0.11	0.08	0.21		0.03	0.02
P31 Refrattarista	2.10		0.10	0.84	0.01	0.07	0.39
AREA FINITURA							
P18 Addetto forni trattamento termico	0.46	0.20	0.20	0.89	0.03	0.32	0.01
P19 Addetto ossitaglio	0.35	0.18	0.28	1.11	0.05	0.15	
P20 Addetto scriccatura	3.35	1.44	1.65	2.88	0.72	1.48	0.04
P21 Addetto finitura e molatura	0.51	0.26	0.31	1.32	0.07	0.29	
P22 Addetto mole a pendolo sbaverla esterna	0.97	0.67	1.52	2.28	0.25	1.06	
P23 Addetto sabbiatrice	0.20	0.10	0.07	0.29	0.02	0.09	
P24 Gruista distaffatura	0.18	0.07	0.05	0.24		0.08	0.03
AREA OFFICINA							
P25 Addetto piallo	0.33		0.18	0.74	0.03	0.17	0.01
P27 Addetto macchine utensili	0.07		0.03	0.17		0.07	

A titolo di esempio si riporta nella successiva Tabella 3.12.5 l'elaborazione degli indici di rischio riferita ai diversi apparati/ organi bersaglio (con riferimento alle conoscenze individuate all'epoca dell'indagine e riferiti da ACGIH nel rapporto 1995-96), tenendo conto che "*... in assenza di informazioni contrarie, gli effetti delle diverse sostanze devono essere considerati additivi*".
Risulta interessante osservare che la situazione che si evidenzia è abbastanza diversa rispetto a quella visibile con la lettura degli indici di rischio riferiti alle singole sostanze. In questo caso, cioè in una fonderia di acciai al manganese, gli organi bersaglio dei principali inquinanti presenti – apparato respiratorio e sistema nervoso – presentano un generalizzato superamento dell'indice di rischio per quasi tutte le mansioni.

Tabella 3.12.5. Fonderia di acciaio: indici di rischio riferiti ai diversi organi bersaglio

APPARATO / SISTEMA MANSIONE	RESP	DIGE	CARD	EMOP	NERV	CUTE
AREA FUSIONE						
P1 Addetto al forno	1.5				1.0	0.1
P2 Addetto preparazione carica	0.7				0.4	0.1
P3 Addetto ripristino siviera	1.0				0.5	0.1
P4 Gruista di colata	1.0		0.2	0.2	0.8	0.1
AREA FONDERIA						
P5 Addetto formatrice staffe piccole	0.9				0.4	0.1
P6-8 Addetto ramolaggio	0.7			0.2	0.3	0.2
P7 Addetto formatura automatica	0.9				0.3	0.1
P9 Addetto formatura manuale	0.5				0.1	0.1
P10 Carrellista di colata	1.3		0.1	0.1	1.0	
P11 Addetto distaffatore grande	0.5				0.2	0.1
P12 Addetto distaffatore piccolo	2.0				0.3	0.1
P13 Addetto formatura chimica	0.4				0.1	0.1
P14 Addetto ramolaggio formatura chimica	0.3				0.1	0.1
P15 Addetto distaffatura formatura chimica	0.6				0.1	0.1
P16 Addetto impianto terre	1.6				0.2	0.1
P17 Addetto preparazione anime	0.6				0.2	
P31 Refrattarista	3.0		0.39	0.39	1.2	
AREA FINITURA						
P18 Addetto forni trattamenti termici	1.8				0.9	0.4
P19 Addetto ossitaglio	2.0	0.1			1.1	0.2
P20 Addetto scriccatura	10.0	0.7			2.9	2.2
P21 Addetto finitura e molatura	2.5	0.1			1.3	0.4
P22 Addetto mole a pendolo sbaverla esterna	5.7	0.3			2.3	1.3
P23 Addetto sabbiatrice	0.7				0.3	0.1
P24 Gruista distaffatura	0.6				0.3	0.1
AREA OFFICINA						
P25 Addetto piallе	1.3				0.7	0.2
P27 Addetto macchine utensili	0.3				0.2	0.1

La casella vuota indica un indice di rischio < 0.10

Area lombarda

Tabella 3.12.6. Principali caratteristiche delle fonderie dell'area lombarda indagate e sostanze quantificate

UNITA' 1	40 addetti 2 cubilotti formatura forme: a verde, sabbia silicea formatura anime: chimica, sabbia silicea tipologia prodotto: ghisa grigia prodotto: caloriferi produzione: 8000 t/anno	PT SiO_2 Pb+Cd Cr+Ni Fenolo + CH_2O
UNITA' 2	30 addetti 2 cubilotti formatura forme: a verde e chimica, sabbia silicea formatura anime: chimica, sabbia silicea tipologia prodotto: ghisa grigia prodotto: componenti industria meccanica, vetreria produzione: 1000 t/anno	PT SiO_2
UNITA' 3	130 addetti 2 cubilotti + 5 forni elettrici a induzione formatura forme: a verde e chimica, sabbia silicea formatura anime: chimica, sabbia silicea tipologia prodotto: ghisa grigia, sferoidale, legata prodotto: componenti ind. materiali ed energetica produzione: 6500 t/anno	PT SiO_2 Fe+Mn+Cr+Ni
UNITA' 4	100 addetti 2 cubilotti + 1 forno elettrico a induzione formatura forme: a verde, sabbia silicea formatura anime: chimica, sabbia silicea tipologia prodotto: ghisa grigia, sferoidale prodotto: componenti ind. motoristica e meccanica produzione: 6000 t/anno	PT SiO_2 Fe+Cr+Ni Pb+Cd NH_3 Fenolo Solventi
UNITA' 5	60 addetti 2 forni elettrici a induzione formatura forme: a verde, sabbia silicea formatura anime: chimica, sabbia silicea tipologia prodotto: ghisa sferoidale prodotto: componenti industria motoristica produzione: 6000 t/anno	PT SiO_2 Fe+Mn+Cr Pb Mg NH_3 + DMEA CH_2O Solventi + IPA
UNITA' 6	50 addetti 3 forni elettrici a induzione formatura forme: a verde, sabbia silicea formatura anime: chimica, sabbia silicea tipologia prodotto: ghisa grigia e sferoidale prodotto: componenti industria siderurgica ed edile produzione: 4500 t/anno	PT SiO_2 Pb
UNITA' 7	20 addetti 1 forno elettrico a induzione formatura forme: a verde, sabbia silicea formatura anime: chimica, sabbia silicea tipologia prodotto: ghisa grigia, sferoidale, legata prodotto: componenti ind. meccanica e siderurgica produzione: 1200 t/anno	PT SiO_2 Fe Mg CO Fenolo + CH_2O

Le esposizioni per gli addetti misurate nelle fonderie di ghisa e di acciaio hanno preso in considerazione le tre principali aree di lavoro:

area fusione	(Tabella 3.12.7)	15 mansioni	64 prelievi personali
area fonderia	(Tabella 3.12.8)	28 mansioni	155 prelievi personali
area finitura	(Tabella 3.12.9)	13 mansioni	56 prelievi personali.

Nelle successive Tabelle sono riportati gli indici di rischio riferiti alle diverse sostanze, considerando le concentrazioni medie di ogni mansione in rapporto ai TLV-TWA (ACGIH 1995-96 e avvisi di modifica).

Tabella 3.12.7. Fonderie area lombarda. Indici di rischio per le mansioni dell'area fusione

UP	MANSIONE	num	PT(*)	SiO2	Fe	Mn	Cr	Ni	Mg	Pb	Cd	fenol	CH2O	NH3	ammin	SOV	IPA
	TLV (ACGIH 1995-96)		10	0,1	5	0,2	0,5	0,05	10	0,05	0,01	19	0,37	17	15	…	…
3	cubilotto	3	0,36	0,40	0,02	0,15	0,04	0,40									
4	cubilotto	5	0,17	0,36	0,09		0,00	0,38		0,31	0,20						
3	manutenzione cubilotto	3	0,27	0,38	0,04	0,10	0,04	0,20									
4	rifacimento cubilotto	3	0,35	2,39													
3	forno elettrico induzione	3	0,21	0,17	0,04	0,10	0,04	0,20									
4	forno elettrico induzione	3	0,13	0,29	0,16		0,00	0,30		0,39	0,15						
5	forno elettrico induzione	11	0,24	1,07	0,05	0,11			0,04	1,20							
7	forno elettrico induzione	3	0,33	0,30	0,07				0,05								
2	colatore	5	0,12	0,50													
3	colatore	5	0,44	0,88	0,06	0,10	0,10	0,80									
4	colatore	7	0,18	0,49	0,10		0,00	0,26		0,25	0,20	0,00				0,02	
5	colatore	3	0,29	0,60	0,07	0,13			0,05	1,34				0,03			1,15
6	colatore	4	0,33	0,29						0,81							
5	area refrattari	3	0,52	7,19	0,12	0,23			0,09	2,41							
4	rifacimento siviere	3	0,89	7,31													
(*)	da riconsiderare come FI: fattore di conversione suggerito per processi a caldo = x1,5																
	da riconsiderare come FI: fattore di conversione suggerito per polveri prodotte a freddo = x2,5																

Tabella 3.12.8. Fonderie area lombarda. Indici di rischio per le mansioni dell'area fonderia

UP	MANSIONE	num	PT(*)	SiO2	Fe	Mn	Cr	Ni	Mg	Pb	Cd	fenol	CH2O	NH3	ammin	SOV	IPA
	TLV (ACGIH 1995-96)		10	0,1	5	0,2	0,5	0,05	10	0,05	0,01	19	0,37	17	15	…	…
1	formatura anime	4	0,12	0,21								0,05	0,69				
4	formatura anime	11	0,15	0,53	0,06		0,00	0,60		1,08	0,60			0,06	0,19	0,20	
5	formatura anime	15	0,24	0,38	0,06	0,23			0,04	4,84			0,20	0,01	0,08	0,05	
6	formatura anime	3	0,22	0,49						0,20							
7	formatura anime	3	0,29	0,47	0,05				0,02				2,05				
1	impianto terre	3	1,19	0,45			0,00	0,02		0,46	0,02						
3	impianto terre	3	1,15	1,13	0,07	0,00	0,00	0,00									
6	impianto terre	3	0,47	0,71						0,39							
1	ramolaggio a verde	7	0,12	0,43			0,00	0,00		0,26	0,01						0,06
2	formatore a verde	5	0,14	2,10													
3	formatore a verde	4	0,26	0,53	0,04	0,00	0,00	0,00									
3	formatura a verde	4	0,35	0,69	0,03	0,02	0,02	0,10									
3	formatura chimica	6	0,34	0,35	0,06	0,08	0,04	0,40									
4	ramolaggio a verde	6	0,32	1,92	0,09		0,00	0,34		0,32	0,20					0,10	
5	formatore a verde	9	0,37	2,08	0,04	0,10			0,02	1,37						0,01	0,80
6	formatura a verde	8	0,40	0,86						0,24							
6	formatore a verde/ramol.	8	0,40	0,60						0,30							
7	formatore a verde	4	0,50	0,60	0,06				0,05				0,23				
2	distaffatore	4	0,34	1,01													
3	distaffatore	4	0,12	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00									
4	sterr./smater. manuale	5	1,06	6,86													
4	distaffatore a griglia	7	0,43	0,95	0,11		0,00	0,24		0,69	0,20	0,02				0,04	
4	smaterozzatura	8	0,30	1,77	0,06		0,00	0,62		1,02	0,40						
5	smaterozzatore	6	0,23	0,37	0,02	0,08			0,01	0,85			0,04				0,90
6	distaffatore	3	0,54	0,81													
6	distaffatore	3	0,35	0,53						0,11							
6	smaterozzatore	6	0,33	0,62						0,63							
7	distaffatura vibr. e mazza	3	0,41	0,57	0,08				0,02								
(*)	da riconsiderare come FI: fattore di conversione suggerito per processi a caldo = x1,5																
	da riconsiderare come FI: fattore di conversione suggerito per polveri prodotte a freddo = x2,5																

Tabella 3.12.9. Fonderie area lombarda. Indici di rischio per le mansioni dell'area finitura

UP	MANSIONE	num	PT(*)	SiO2	Fe	Mn	Cr	Ni	Mg	Pb	Cd	fenol	CH2O	NH3	ammin	SOV	IPA
	TLV (ACGIH 1995-96)		10	0,1	5	0,2	0,5	0,05	10	0,05	0,01	19	0,37	17	15	…	…
3	granigliatrice	3	0,17	0,39													
4	granigliatrice	4	0,45	3,73	0,17		0,00	0,22		0,72	0,10						
1	molatore	4	0,06	0,16			0,00	0,02		0,04	0,01						
2	molatore	3	0,16	0,27													
3	molatore	7	0,28	0,64	0,16	0,00	0,10	0,60									
6	molatore	3	0,49	0,92						0,13							
6	molatore	9	0,52	0,98						0,16							
3	molatrice pendolare	3	0,23	0,71													
4	troncatrice pendolare	4	0,25	1,41													
4	collaudo	5	0,16	0,58													
5	collaudo	4	0,14	0,28	0,01	0,05			0,01	0,52							
4	carrellista trasporto getti	5	0,35	1,33													
6	carrellista trasporto getti	3	0,29	0,55													
(*)	da riconsiderare come FI: fattore di conversione suggerito per polveri prodotte a freddo = x2,5																
	da riconsiderare come FI: fattore di conversione suggerito per saldatura = x1,0																

Di seguito sono riportate le principali considerazioni che si possono effettuare osservando la criticità derivante dalle diverse sostanze.

Polveri totali

Si tratta di indicatore significativo, ma non esaustivo, in alcuni casi fuorviante:

- poche mansioni indicano indici di rischio superiori a 1
- il comparto udinese (in particolare l'area finitura) è risultato più critico rispetto ad altre fonderie.

Silice cristallina

Parametro indispensabile per quantificare il rischio respiratorio:

- esposizioni a rischio anche con utilizzo per le forme di sabbia di olivina
- in area fusione il rischio è legato alle mansioni che eseguono i rifacimenti refrattari
- in area finitura il rischio si trascina in quanto i getti rimangono comunque sporchi di sabbia, anche quando sottoposti a granigliatura
- rimangono a rischio numerose mansioni; si tratta di evoluzione comunque positiva rispetto alla totalità delle mansioni come indicato dai dati precedenti al 1980, ricavabili dalla letteratura.

Inquinanti della carica

- il piombo si conferma come un rischio subdolo, considerando che è presente esclusivamente come un inquinante della carica: può essere riscontrato in tutte le aree, compresa fonderia e finitura; in questi casi è da attribuire a fumi non captati che ricadono dall'area di fusione
- per il cadmio non si evidenziano dati significativi.

Metalli dalla lega metallica

- esposizioni critiche per il manganese misurate solo nel comparto udinese
- qualche esposizione significativa per nichel, considerando il TLV proposto riferito a una sostanza cancerogena certa)
- nessuna evidenza di rischio per esposizioni a ferro e cromo.

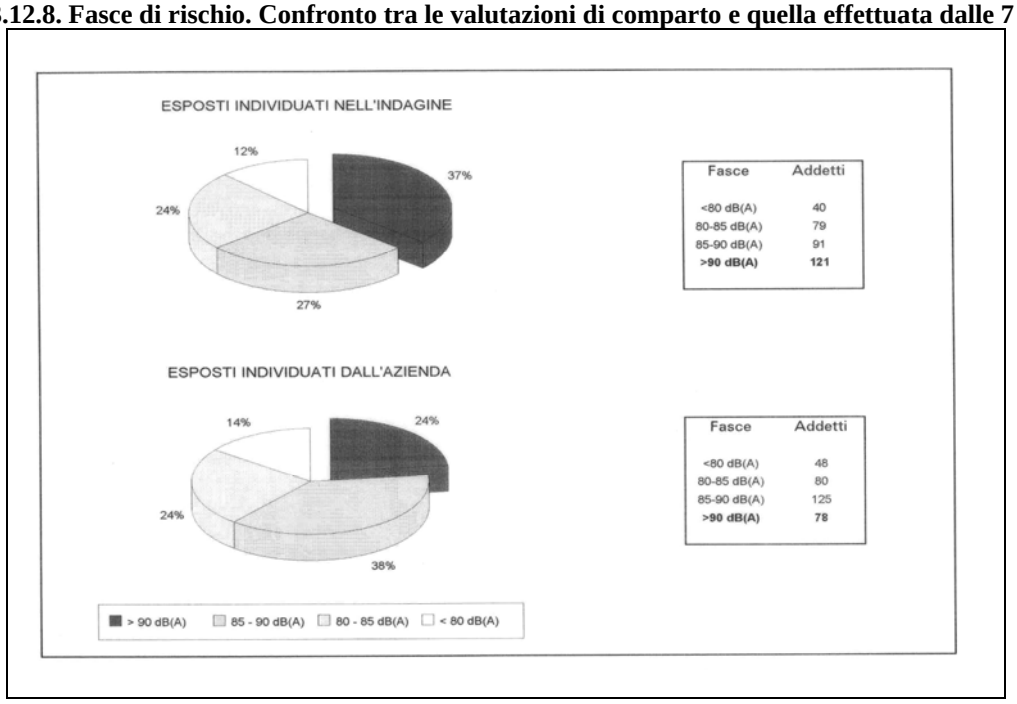
Inquinanti organici

Per i prodotti che derivano dalla degradazione termica dei leganti e dei distaccanti si sono riscontrate concentrazioni irrilevanti, a eccezione di formaldeide e idrocarburi policiclici aromatici, in corrispondenza a specifiche mansioni svolte presso linee a carosello prive di efficace captazione.

3.12.3. Rumorosità

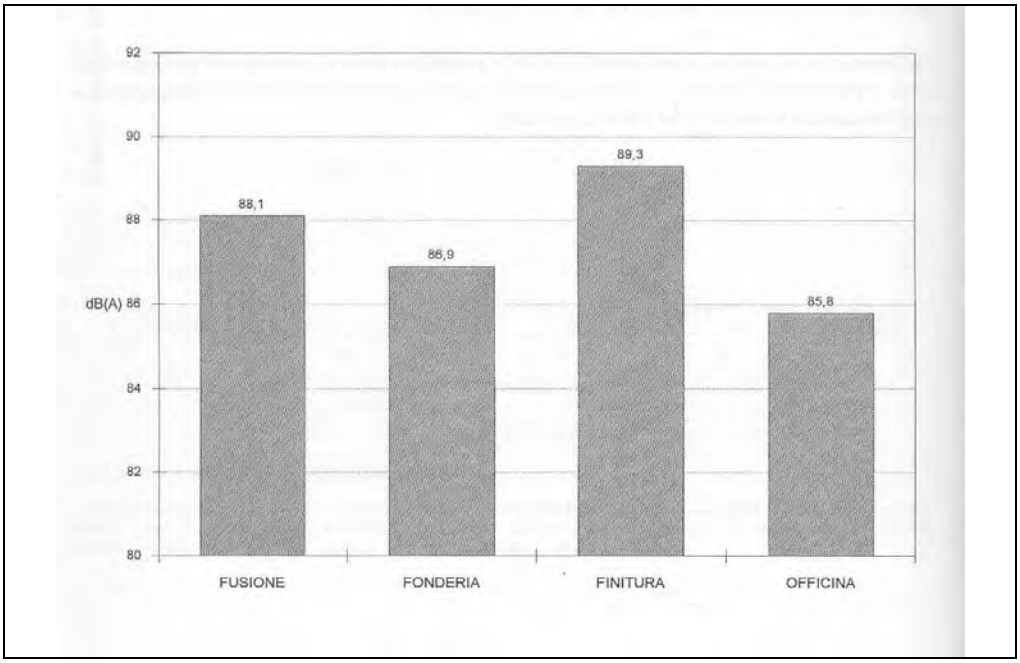
Il comparto udinese indagato presenta sul totale dei 320 addetti il 37 % con esposizione personale giornaliera (Lep,d) superiore a 90 dB(A) e il 27 % con esposizione compresa tra 85 e 90 dB(A).

Figura 3.12.8. Fasce di rischio. Confronto tra le valutazioni di comparto e quella effettuata dalle 7 aziende



Un'analisi più specifica distingue l'esposizione degli addetti nelle diverse aree (Figura 3.12.9): l'area fusione e l'area finitura presentano lo scostamento da 80 dB(A) più elevato. Ciò a conferma della localizzazione in dette aree di lavorazioni molto rumorose quali la fusione del rottame e la finitura dei getti tramite smerigliatura, scriccatura o saldatura.

Figura 3.12.9. Livello di esposizione quotidiana al rumore nelle diverse aree per le aziende del comparto udinese



Nel caso dell'area fusione di una fonderia di acciaio, dove l'intensità rumorosa del forno fusorio varia in modo consistente d'intensità durante lo specifico ciclo produttivo (carica, inizio fusione, fusione), è importante evidenziare la variabilità dei livelli di esposizione quotidiana al rumore delle varie mansioni.

Tabella 3.12.10. Fonderia di acciaio: area fusione. Variabilità dell'esposizione giornaliera

AREA	MANSIONE	NUM. ADDETTI	LEP,d dB(A)
AREA FUSIONE	Gruista forni fusori	3	**73,4**
	Addetto ripristino siviere	4	81,3 **84,5** 89,8
	Capo reparto forni fusori	5	81,8 **86,0** 91,8
	Addetto ai forni	6	80,9 **86,9** 93,3
	Addetto preparazione carica	4	**91,2**

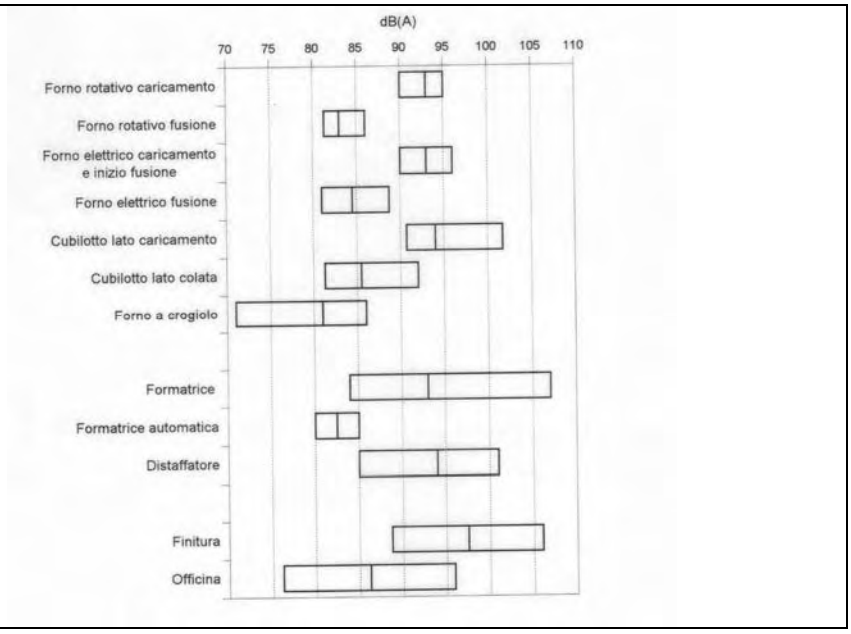
Nella successiva Tabella 3.12.11 viene riportata la variazione del livello di esposizione quotidiana al rumore conseguenti a una modifica del lay-out avvenuta in area finitura (realizzazione di box singoli di scriccatura, molatura) di una fonderia di acciaio (fra parentesi i valori precedenti alla modifica del lay-out).

Tabella 3.12.11. Fonderia di acciaio: area finitura. Modifica dell'esposizione giornaliera

AREA FINITURA	Capo reparto trattamento termico	1	**82,6** (80,8)
	Addetto forni trattamento termico	4	**81,5** (81,7)
	Addetto taglio cannello	4	**95,9** (93,8)
	Addetto finitura	6	**97,5** (97,5)
	Addetto molatura	2	**97,2** (97,2)
	Addetto scriccatura	5	**105,1** (100,7)
	Addetto sabbiatura	1	**84,6** (87,4)
	Gruista reparto finitura	3	**76,7**
	Addetto molatura (sbaveria esterna)	5	**89,7**

La valutazione dell'esposizione al rumore degli addetti impiegati nelle fonderie del comparto ha avuto come momento fondamentale la caratterizzazione delle principali sorgenti fisse, in particolare per individuare le linee della eventuale bonifica. Di seguito, suddivisi per area, sono indicati gli intervalli di rumorosità di ciascuna delle sorgenti individuate specificando per alcune le principali fasi lavorative (Figura 3.12.10).
Si può osservare come siano distribuite in tutta la fonderia sorgenti importanti: il forno fusorio in area fusione, le macchine formatrici e il distaffatore in area fonderia, la scriccatura e molatura in area finitura.

Figura 3.12.10. Intervalli di rumorosità rilevati in corrispondenza ai diversi impianti



3.12.4. Interventi

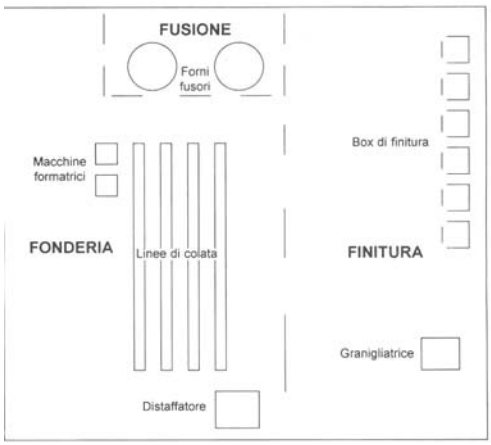
Di seguito sono presentati alcuni interventi che esplicano la loro efficacia su più aree di lavoro

COMPARTO	**FONDERIA**
Fase di lavorazione **RISCHIO EVIDENZIATO**	**Tutte** **R5 PROBLEMATICHE RICOLLEGABILI AL LAY-OUT** **Sovrapposizioni flussi materiali/persone/mezzi** **Depositi che vanno ad interferire con i flussi** **Esposizioni indebite ad inquinanti fisici e chimici**
Mansioni coinvolte	Tutte
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Lay-out inadeguato. Postazioni di lavoro molto vicine. Totale mancanza di segregazione tra le diverse aree di lavoro. CONDIZIONI AMBIENTALI Inquinamento indebito da rumore e inquinanti aerodispersi.

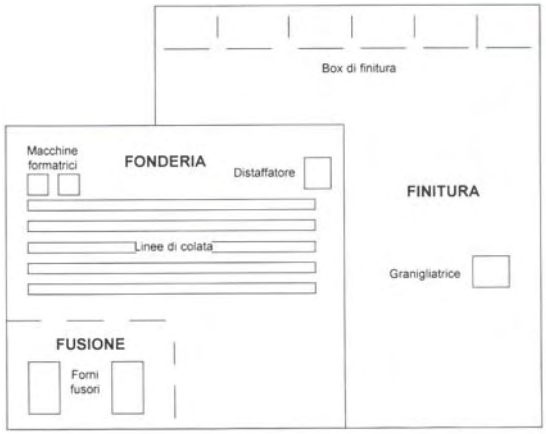
<u>Interventi:</u>

Ridistribuzione/ rilocalizzazione di alcuni impianti/lavorazioni.
Segregazione/insonorizzazione delle lavorazioni.
Razionalizzazione dei flussi e dei depositi.

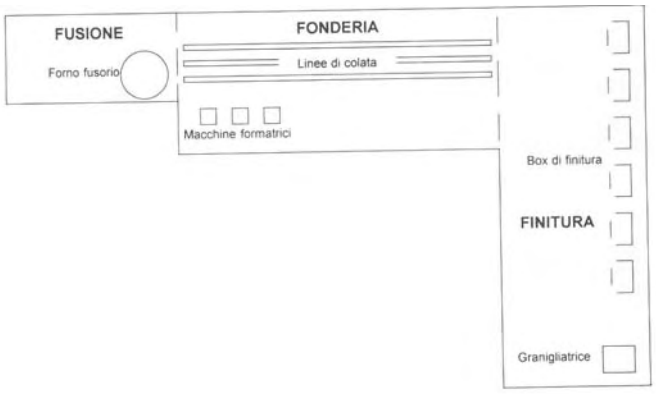
Schemi, disegni, fotografie



Lay-out compatto
Lay-out molto diffuso che si caratterizza per la collocazione baricentrica dell'area fusione rispetto l'area fonderia e finitura. Nessuna delle aree presenta alcuna separazione fisica e questo incide negativamente sulla dispersione degli inquinanti fisici e chimici. Ad aggravare la situazione concorrono anche le movimentazioni dei materiali/mezzi/persone e le problematiche concernenti gli stoccaggi.

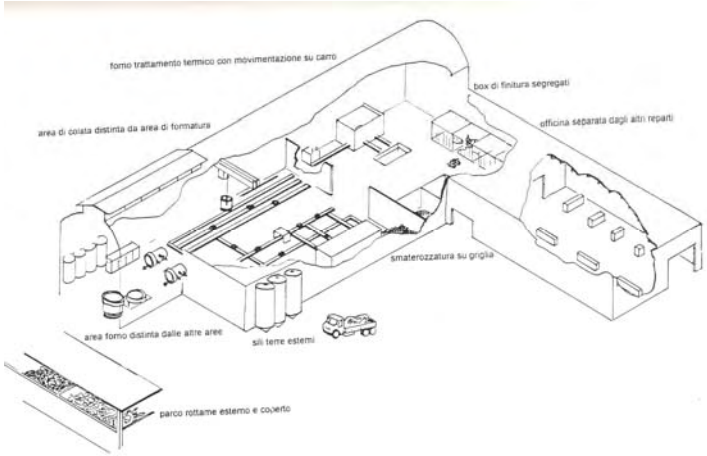


Lay-out periferico
La situazione è simile alla precedente per quanto concerne le aree fusione e fonderia. L'area finitura risulta essere adeguatamente segregata presentando dei singoli box per ciascuna specifica lavorazione.
E' sempre presente un consistente inquinamento indebito da inquinati fisici e chimici, ma le problematiche collegate ai flussi sono migliorate.
L'unico flusso che interagisce con due aree é quello della siviera.



Lay-out allungato

Con questa dislocazione, le aree di lavoro hanno una separazione più accentuata che favorisce le segregazioni e le movimentazioni dei materiali/mezzi/persone.
I trasferimenti, realizzati con carro ponte, sono in grado di servire tutte le aree.
Questa disposizione riduce di molto le problematiche connesse con l'esposizione indebita a rumore e al polveri/fumi metallici e favorisce la razionalizzazione dei depositi.



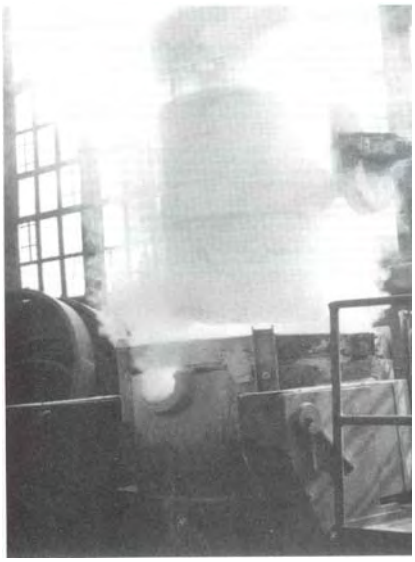
Disposizione ottimale *in quanto:*

- ⇒ *facilmente bonificabile;*
- ⇒ *si presta ad accogliere eventuali modifiche tecnologiche senza pregiudicare le aree di lavoro limitrofe;*
- ⇒ *razionalizza al meglio i flussi;*
- ⇒ *facilita la progettazione e la realizzazione di futuri ampliamenti.*

COMPARTO **Fase di lavorazione** **RISCHIO AMBIENTALE**	**FONDERIA** **Tutte le fasi** **A7 ESPOSIZIONE INDEBITA A POLVERI E FUMI METALLICI**
Causata da Fase di lavorazione Mansioni coinvolte	Lay-out inadeguato Separazione/segregazione delle aree di lavoro. Mancanza/inefficienza degli impianti di aspirazione. Scarsa manutenzione degli impianti/attrezzature Impianto Terre, Animisteria, Formatura manuale e a macchina, Ramolaggio, Preparazione cesta, Forno, Colata, Distaffatura, Trattamenti Termici, Smaterozzatura. Tutti gli addetti delle succitate aree
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Lay-out inadeguato. Posizioni di lavoro mal collocate. Totale mancanza di segregazione tra le diverse aree di lavoro. CONDIZIONI AMBIENTALI Ricaduta degli inquinanti aerodispersi da lavorazioni limitrofe. IMPIANTI E MACCHINE Inadeguatezza di alcuni impianti. Mancanza/inadeguatezza degli impianti d'aspirazione. MANUTENZIONE Scarsa/ inefficace manutenzione degli impianti d'aspirazione.

<u>Interventi:</u>
Valutare, vista la loro vetustà, l'opportunità di sostituire alcuni impianti.
Ridistribuzione/rilocalizzazione di alcuni impianti/lavorazioni e conseguente modifica del lay-out.
Implementazione degli impianti d'aspirazione a servizio del distaffatore e delle postazioni di finitura.
Manutenzione periodica degli impianti.

Sono illustrate alcune situazioni che concorrono, vista la mancanza/inadeguatezza degli impianti di aspirazione e la presenza di lay-out che non separano le aree di lavoro, al generale inquinamento indebito da polveri e fumi presente nelle fonderie.



COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **Operazione specifica** **RISCHIO AMBIENTALE**	**Demolizione refrattario del cubilotto** **Conduzione del cubilotto e colata** **Colata forno elettrico, aggiunta additivi, trasferimento siviera** **Distaffatura getti ancora caldi** **Permanenza nei pressi del carosello della granigliatrice** **A8 Stress da calore**
Mansioni coinvolte	Addetti al cubilotto, forno elettrico e gruista colata Addetti alla distaffatura

Nel corso dell'indagine riferita al comparto udinese sono state effettuate valutazioni ambientali, con l'obiettivo di individuare eventuali situazioni di stress calorico eccessivo; la valutazione degli ambienti caldi viene effettuata con riferimento agli effetti acuti sull'individuo ed in particolare al livello di sollecitazione del sistema di termoregolazione. Occorre tenere conto delle difficoltà strumentali e oggettive per individuare correttamente questo rischio:

- valori di temperatura operativa elevati in relazione alle caratteristiche dell'attività svolta e del vestiario indossato dagli operatori, eventualmente accompagnati da alti valori di umidità relativa dell'aria (distaffatura) e richiedenti un considerevole intervento del meccanismo di scambio termico per sudorazione al fine di conservare l'omeotermia;
- sensibile variabilità nel tempo delle condizioni;
- esposizione discontinua degli addetti
- disuniformità del livello di impegno fisico richiesto e del vestiario indossato dagli operatori.

Le rilevazioni sono state effettuate con T esterna massima 31, 5°C, umidità relativa 55-60%, velocità dell'aria 0,5-1,0 m/s, cioè sono da ritenersi rappresentative di giornate estive soleggiate e ventilate. Nei reparti presi in esame non si individuano impianti in grado di sottrarre o immettere un'apprezzabile quantità di umidità nell'ambiente interno, tranne che in fossa trattamenti termici.

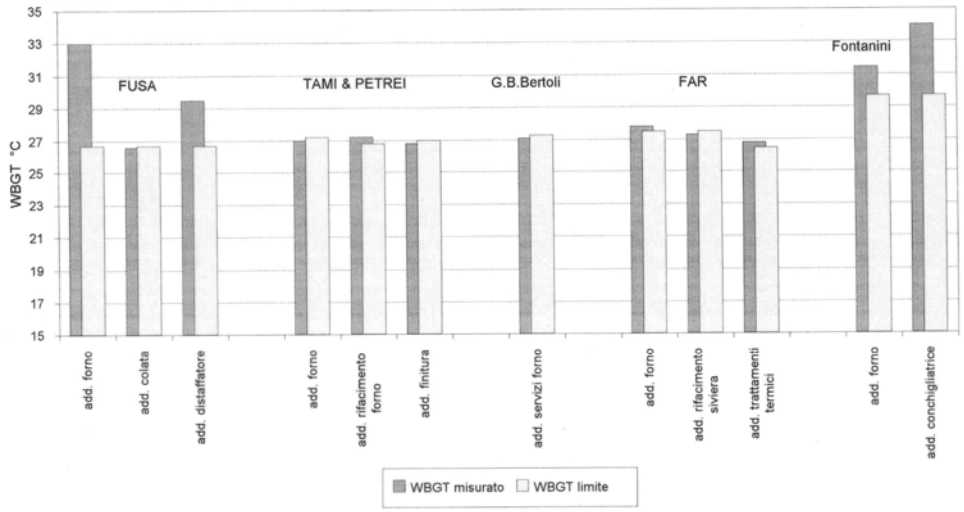
Criteri di rischio

Si fa riferimento ai limiti proposti dalla Norma ISO 7243-1982 "Ambienti caldi - Determinazione dell'indice WBGT per la valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro". Alle diverse operazioni effettuate dagli addetti viene attribuito un livello di metabolismo, secondo quanto indicato sempre nella norma indicata, e un impegno di tempo nell'ambito di 60 minuti destinato alla specifica operazione, secondo quanto osservato nel corso dei sopralluoghi e delle rilevazioni ambientali.

L'applicazione della Norma ISO prevede un vestiario che consenta la possibilità di una discreta sudorazione (vestiario caratterizzato da parametro CLO=0.6). In alcune posizioni di lavoro gli addetti utilizzano indumenti più pesanti, che riducono la sudorazione e quindi lo scambio termico con la possibilità di cedere calore (abbigliamento caratterizzato da CLO=1.0-1.2). In vicinanza di sorgenti calde (Ta maggiore di 35 °C) il vestiario con indice di isolamento termico più alto favorisce dal punto di vista dell'irraggiamento e della convezione, ma non favorisce la sudorazione: il TLV-WBGT è quindi stato corretto (-6) per tenere conto di questo vestiario.

Nella figura sottostante vengono rappresentate le mansioni che, nelle diverse unità produttive, presentano valori di WBGT superiori o vicini al limite calcolato.

Confronto tra i valori di WBGT limite e misurati degli addetti esposti a stress termico



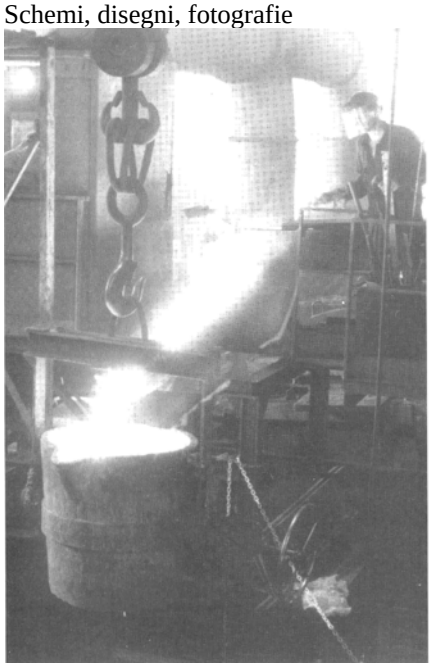
Interventi:
Gli esposti non sono individuati unicamente negli addetti all'area fusione, presentano elevati WBGT l'addetto alla colata, l'addetto ai forni trattamenti termici e l'addetto al distaffatore di una fonderia, posizione quest'ultima successivamente parzialmente bonificata. Per quanto concerne la mansione addetto alla finitura di un'altra fonderia si precisa che i valori elevati dei parametri, soprattutto la temperatura dell'aria a bulbo secco, sono dovuti alla dislocazione esterna della zona di lavoro, con esposizione quindi agli agenti atmosferici (irraggiamento solare).
Il WBGT medio, calcolato sulla base dei tempi di permanenza nelle diverse postazioni di lavoro, risulta superiore o uguale al WBGT limite per le mansioni di "addetto forno e colata" e "addetto manutenzione forni". Tali superamenti sono da mettere in relazione con gli elevati valori della temperatura di globotermometro (Tg) e della temperatura dell'aria (Ta) relativi alle fasi di all'allestimento del cubilotto, colata in siviera e in staffe.

N. POSIZ.	DESCRIZIONE	Ta °C	UR %	Twn °C	Tg °C	Va m/s	WBGT °C	M W/m²
	AREA FUSIONE							
2	Rifacimento cubilotto	29.96	56.19	23.16	30.91	0.15/0.96	25.50	170
2	Allestimento cubilotto	29.95	58.18	23.18	30.67	0.25/0.76	25.42	170
3	Spillaggio - colata in siviera	32.39	54.41	25.94	39.39	0.25/1.03	29.27	130
4	Colata in staffe	31.71	59.36	25.42	37.42	0.16/0.46	29.02	130
	Media area fusione						27.30	

MANSIONE	NUMERO ADDETTI	WBGT medio °C	WBGT limite °C
AREA FUSIONE			
Addetto ai forni e operazioni varie	1	26.7	28.7
Addetto al forno e colata	1	27.0	27.2
Addetto manutenzione forni	1	27.2	26.8

Ne consegue anche la difficoltà a inserire misure di mitigazione del rischio, che non siano riconducibili a interventi organizzativi (ritardo nell'effettuazione delle attività, diluizione degli interventi, ecc.) o a dispositivi personali di protezione efficaci.

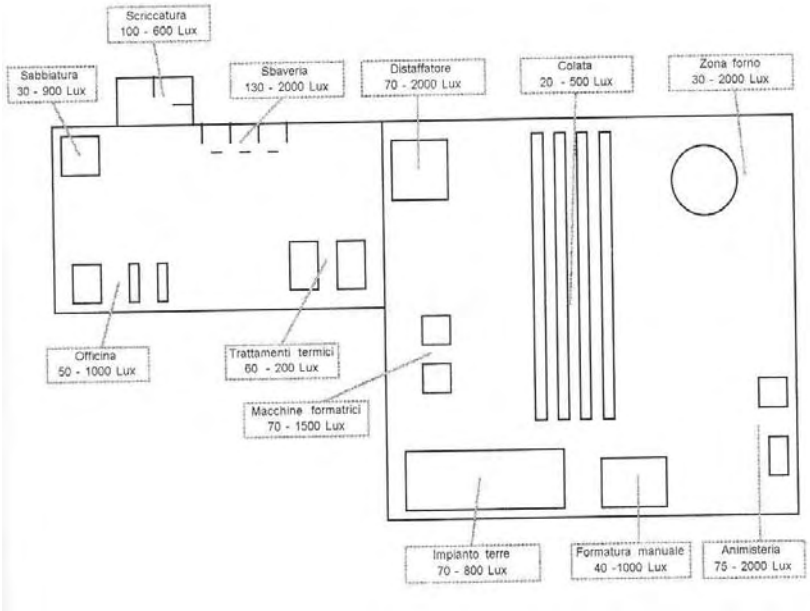
Schemi, disegni, fotografie



Operazione di colata da forno rotativo a siviera tramite canale

COMPARTO	FONDERIA
Fase di lavorazione **RISCHIO AMBIENTALE**	**Tutte** **A9 ILLUMINAZIONE NATURALE E ARTIFICIALE CARENTE**
Conseguenze Mansioni coinvolte	Infortuni nelle fasi di trasferimento e durante lo svolgimento della propria attività: - Inciampi/ scivolamenti causati dalla pavimentazione irregolare - Inciampi/ Urti/ Scivolamenti causati dalla presenza di materiali sul pavimento Tutte
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Interferenza fra linee di flusso materiali/mezzi/persone. Presenza di ingombri e ostacoli (modalità incongrue di stoccaggio dei materiali). Pavimentazione sconnessa o sdrucciolevole. Mancanza di visibilità (illuminazione insufficiente). MANUTENZIONE Non adeguata o insufficiente

Discussione



Per quanto concerne le aziende del comparto udinese sono state eseguite misure di illuminazione nei pressi delle postazioni fisse e in corrispondenza delle zone di passaggio delle persone e degli automezzi. Le rilevazioni sono state eseguite in due fasi distinte al fine di evidenziare sia l'apporto di luce naturale che quello di luce artificiale.
Nella figura a fianco sono stati sintetizzati gli intervalli di luminosità, per le diverse postazioni di lavoro, riscontrati nelle unità produttive coinvolte nell'indagine.

I criteri previsti dal DPR 303/56 sono da ritenersi superati, pertanto sono stati adottati i valori medi indicati dalla Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC) e per lavorazioni specifiche riguardanti le acciaierie e fonderie i criteri dell'Associazione Italiana di Illuminazione (AIDI) e la norma UNI 10380

Tabella .Valori adottati da Associazione Italiana D'Illuminazione (AIDI) per le lavorazioni metallurgiche

- produzione acciaio	150 - 300 lux
- colata continua	200 - 400 lux
- ambienti forni	150 - 300 lux
- quadri comando	300 - 600 lux
- laminazione	150 - 300 lux
- sale motori	150 - 300 lux
- zona controllo laminato	400 - 800 lux

Tabella .Norme UNI 10380 specifiche per le lavorazioni metallurgiche

– impianti di produzione senza intervento manuale	30 - 100 - 150 lux
– impianti di produzione con intervento manuale	100 - 150 - 200 lux
– postazioni di lavoro fisse in impianti di produzione	200 - 300 - 500 lux
– controllo piattaforme ed ispezioni	300 - 500 - 750 lux
– vasche di fusione	150 - 200 - 300 lux
– preparazione stampi e stampaggio lavorazioni pesanti	200 - 300 - 500 lux
– preparazione stampi e stampaggio lavorazioni fini e controllo	300 - 500 - 750 lux

I livelli di illuminamento naturale di tutte le unità produttive considerate con l'indagine del comparto udinese sono in linea generale entro ai limiti delle norme sopracitate. Fanno eccezione alcune aree, destinate prevalentemente a depositi e transiti, inserite fra altri corpi dei capannoni, penalizzate anche dall'illuminazione naturale. In alcuni casi i reparti vengono ulteriormente penalizzati dalle coperture prive di adeguati lucernari e da una carente illuminazione artificiale.

Interventi

- Migliorare/Implementare l'impianto d'illuminazione naturale e artificiale: l'inserimento di fasce trasparenti di illuminazione a copertura e di finestre a parete, spesso concepite nel corso di ristrutturazione dei reparti, contribuisce a fornire un buon livello di illuminamento naturale.
- Prevedere una sistematica pulizia delle superfici illuminanti: normalmente si individuano anche ampi spazi di miglioramento adottando costanti e periodici interventi di pulizia di tutte le superfici trasparenti.
- Le zone di transito incrociato di mezzi e persone dovrebbero avere in tutte le entità considerate una illuminazione artificiale specifica al fine di eliminare i rischi connessi alla scarsa visibilità.
- Definizione dei flussi dei materiali, dei mezzi e delle persone.
- Razionalizzare le aree di deposito dei materiali e dei prodotti.
- Verificare l'efficienza degli impianti d'aspirazione e mettere in atto un programma di pulizia della pavimentazione

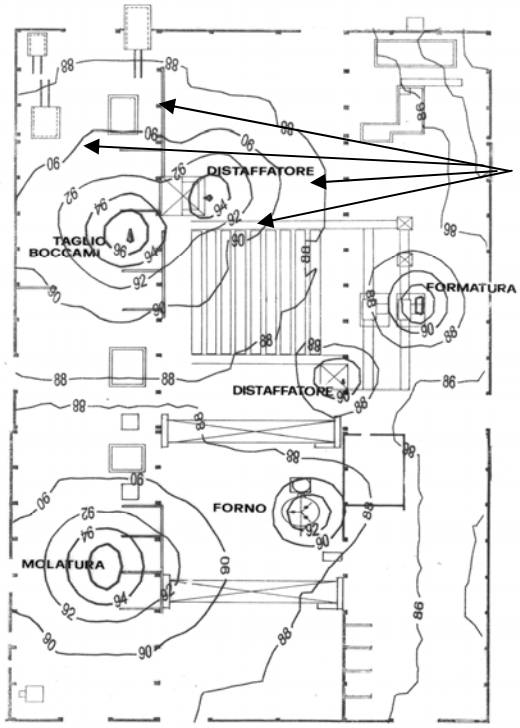
Schemi, disegni, fotografie

Le criticità che genera una scarsa illuminazioni sono ben visibili in questa realtà: a un'area centrale di transito discretamente illuminata, fanno da riscontro le aree di lavoro scarsamente illuminate con una consistenza presenza di depositi.
La scarsa illuminazione oltre ad incidere negativamente in termini di urti/inciampi, rende gravose e pericolose le movimentazione dei materiali in lavoro

COMPARTO **RISCHIO AMBIENTALE**	**FONDERIA** **A10 ESPOSIZIONE INDEBITA A RUMORE**
Causato da	Lay-out inadeguati Mancanza di separazione/segregazione delle aree di lavoro. Impianti privi di qualsiasi intervento d'insonorizzazione. Scarsa manutenzione degli impianti.
Aree di lavoro coinvolte	Impianto Terre, Animisteria, Formatura manuale e a macchina, Ramolaggio, Preparazione cesta, Forno, Colata, Distaffatura, Trattamenti Termici, Smaterozzatura
Mansioni coinvolte	Tutti gli addetti delle succitate aree
Fattori di rischio evidenziati	STRUTTURE E SPAZI Lay-out inadeguato. Posizioni di lavoro mal collocate. Totale mancanza di segregazione tra le diverse aree di lavoro. CONDIZIONI AMBIENTALI Rumore da fonti sonore vicine. IMPIANTI E MACCHINE Inadeguatezza della tecnologia in uso. Mancanza di segregazione totale/parziale delle sorgenti rumorose. MANUTENZIONE Scarsa/inefficace manutenzione degli impianti. PROCEDURE OPERATIVE Mancanza di procedure operative per alcune lavorazione (distaffatura, formatura)

Interventi:
Valutare, vista la loro vetustà, l'opportunità di sostituire alcuni impianti.
Ridistribuzione/rilocalizzazione di alcuni impianti/lavorazioni.
Segregazione/insonorizzazione delle lavorazioni.
Definizione di procedure operative per alcune lavorazioni.
Manutenzione periodica degli impianti.

Schemi, disegni, fotografie



A titolo esemplificativo, sul lay-out tipo sono state riportate le curve isofoniche delle principali sorgenti rumorose presenti nelle fonderie.
La mancanza di separazione tra le aree di lavoro, l'assenza di adeguate segregazioni degli impianti di formatura, distaffatura e fusione, esercitano una rilevante influenza sulle aree di lavoro circostanti.
In generale, sono abbastanza localizzate le sorgenti dell'area finitura in quanto queste lavorazioni vengono svolte in box singoli.

FONDERIE LEGHE FERROSE E NON FERROSE

CAPITOLO 4
IMPATTO E RISCHIO AMBIENTALE DEL COMPARTO

4.1. Consumo delle risorse
4.2. Matrici ambientali interessate dagli impatti
4.3. Fattori di impatto
4.4. Evidenze e orientamento della prevenzione

4.1 Consumo delle risorse

Per inquadrare l'attività delle fonderie si fa riferimento allo schema sintetico presentato in Figura 4.1, quantificando il consumo di risorse e i fattori di impatto con riferimento a 1 unità di prodotto (getto) o a 1 unità di ghisa colata.

Figura 4.1. Schema sintetico per individuare i carichi ambientali dell'attività di fonderia

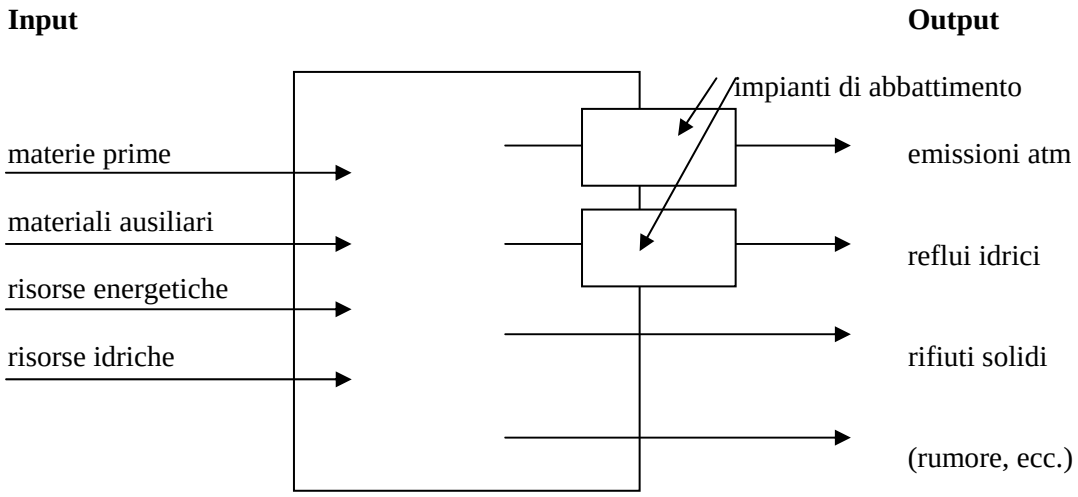


Tabella 4.1. Fonderie di ghisa e di acciaio. Formatura (7 unità produttive)
Materie prime, materiali ausiliari, consumo di risorse (intervallo dei valori rilevati)

	input	
FORMATURA A RESINA		
Sabbie silicee (kg/ t getto)	117-996	Impiego con riciclo
Resine (kg/ t getto)	19-36	3,0-4,0 con formatura "no-bake"
Catalizzatori (kg/ t getto)	10-12	1,6 con formatura "no-bake"
Distaccante (kg/ t getto)	2-10	
Solventi pulitura attrezzature (kg/ t getto)	0,26	
Vernice forme e anime (kg /t getto)	6,7-10	
Solvente alcoolico (kg/ t getto)	0,66	
Colle (kg/ t getto)	0,70	
FORMATURA FORME A VERDE		
Terre (kg/ t getto)	1550	Totale terre lavorate
Sabbie silicee (kg/ t getto)	64-228	A cui si aggiunge il riciclo interno (ca 85%)
Sabbie premiscelate (kg/ t getto)	18	
Nero minerale (kg/ t getto)	5-35	
Bentonite (kg/ t getto)	15-91	
Acqua raffreddamento (mc/ t getto)	95	Circuito di raffreddamento a ciclo aperto
FORMATURA ANIME A VERDE		
Sabbie silicee e cromite (kg/ t getto)	32	
Sabbie prerivestite (kg/ t getto)	54	
Agglomerante (kg/ t getto)	2	
Reagente (kg/ t getto)	0,30	
VERNICIATURA		
Vernice forme e anime (kg /t getto)	2	
Solvente alcoolico (kg/ t getto)	0,24	
Colle (kg/ t getto)	0,12	

Risulta evidente l'elevata variabilità dei consumi specifici, in particolare dei materiali ausiliari destinati alla formatura, che dipende dalla tecnica di colata, ma soprattutto dalla forma e dal peso del getto colato.

Tabella 4.2. Fonderie di ghisa e di acciaio. Fusione e colata (7 unità produttive)
Materie prime, materiali ausiliari, consumo di risorse (intervallo dei valori rilevati)

	input	
FUSIONE E COLATA		
Ghisa in pani (kg/ t ghisa)	111-656	a cui si aggiunge il riciclo interno
Rottami ferrosi (kg/ t ghisa)	623-840	a cui si aggiunge il riciclo interno
Ferroleghe (kg/ t ghisa)	38-54	
Coke (kg/ t ghisa)	92-260	In cubilotto
Energia elettrica (kWh/ t ghisa)	500-600	forno elettrico a induzione a crogiolo
Energia elettrica (kWh/ t ghisa)	25-30	Mantenimento: forno induzione a canale
Energia elettrica (kWh/ t ghisa)	50-70	Mantenimento: forno induzione a crogiolo
Energia elettrica (kWh/ t acciaio)	500-600	forno elettrico a induzione a crogiolo
Energia elettrica (kWh/ t acciaio)	600-700	forno induzione a crogiolo
Ricarburante (kg/ t ghisa)	30	
Calcare (kg/ t ghisa)	36-72	
Ossigeno (mc/ t ghisa)	5,1-7,2	In cubilotto
Inoculanti (kg/ t ghisa)	67	Destinate a ghise sferoidali
Polveri di copertura (kg/ t ghisa)	1,7	
Scorificanti (kg/ t ghisa)	0,38-0,77	
Input energia totale (MJ/ t getto ghisa grigia)	*10465*	*Intervallo: 4190-12558*
Input energia totale (MJ/ t getto ghisa sferoidale)	*20930*	*Intervallo: 16744-25116*
Input energia totale (MJ/ t getto acciaio)	*18837*	*Intervallo: 12558-25116*

Anche per quanto concerne la fase di fusione è possibile apprezzare l'ampia differenza fra la natura e la quantità delle risorse materiali ed energetiche implicate dai diversi forni.

Tabella 4.3. Fonderie di ghisa e di acciaio. Finitura. Manutenzione (5 unità produttive)
Materie prime, materiali ausiliari, consumo di risorse (intervallo dei valori rilevati)

	input	
FINITURA		
Graniglia in acciaio (kg/ t getto)	2,9-6,8	
Vernice (kg/ t getto)	9,4	
Diluenti (kg/ t getto)	3,7	
Solventi (kg/ t getto)	2,6	
RIFACIMENTI REFRATTARI		
Pigiata refrattaria (kg/ t getto)	8	Forni elettrici
Pigiata refrattaria (kg/ t getto)	35	Cubilotti
MANUTENZIONE MECCANICA		
Oli e grassi lubrificanti (kg/ t getto)	0,65	
RISORSE IDRICHE (tutto lo stabilimento)	4,4-10,0	Ricircolo solo raffreddamento cubilotto

Con l'inserimento di sistemi di riciclo delle acque di processo estesi a tutti gli impianti, il consumo per raffreddamento può essere limitato alla sola quota di evaporazione e di reintegro degli spurghi, stimabile in meno del 5% del consumo senza ricircolo.
Rimane una quota consumata dalla tecnica di formatura a verde e che viene restituita sostanzialmente sotto forma di vapore in particolare nelle successive fasi di distaffatura e di riciclo.

4.2 Matrici ambientali interessare dagli impatti

L'attività di fonderia esercita un impatto su molteplici matrici ambientali secondo lo schema seguente, nel quale sono state indicate esclusivamente le principali sorgenti e le principali tecnologie e configurazioni impiantistiche implicate da impatto significativo o critico.

MATRICE	- Sorgente di impatto
ARIA	Emissioni canalizzate - Impianti di fusione - Impianti di trattamento terre (formatura a verde) - Impianti di distaffatura - Impianti di formatura (formatura con resine) Emissioni diffuse - Approvvigionamento materie prime e stoccaggio (rottami, sabbie) - Impianti di fusione (caricamento e spillaggio forno elettrico ad arco) - Siviere (trattamento sferoidizzazione ghisa) - Colata (forme medio-grandi dimensioni) - Colata (impianti a carosello non aspirati) - Raffreddamento forme (impianti o postazioni non aspirate) - Impianti di formatura forme e anime (formatura con resine)
ACQUA	- Dilavamento coperture e superfici non pavimentate - Dilavamento rifiuti solidi stoccati con modalità improprie - Sversamenti sostanze chimiche
SUOLO	- Depositi "temporanei" di rifiuti solidi - Sversamenti sostanze chimiche
TERRITORIO	Rumore - Impianti di fusione (forno elettrico ad arco) - Impianti di formatura a vibroscossa - Impianti di distaffatura Vibrazioni - Impianti di formatura a vibroscossa

<u>Aria</u>

Per quanto concerne l'inquinamento atmosferico si evidenzia una criticità nella fase di fusione legata all'eventuale presenza di cariche sporche.

Le emissioni aerodisperse possono essere caratterizzate con riferimento alle diverse fasi di lavorazione, distinguendo emissioni canalizzate, e presidiate da impianti di abbattimento, ed emissioni non canalizzate e quindi direttamente uscenti dall'involucro dell'attività come emissioni diffuse.

Il contributo delle emissioni canalizzate, per quanto concerne i quantitativi di sostanze rilasciate in atmosfera, dipende in misura sostanziale dalle caratteristiche di abbattimento e dalla frequenza di regimi di anomalo funzionamento dei filtri, che possono comportare importanti quantitativi emessi in breve tempo.

Le emissioni non canalizzate costituiscono, anche per questa tipologia produttiva, un rilevante contributo che deriva da molteplici sorgenti.

Si segnalano le emissioni diffuse che si sviluppano durante le fasi di colata e di raffreddamento dei getti, per particolari tipologie produttive con presenza di anime realizzate con resine organiche, in concomitanza di configurazioni impiantistiche dove non sia prevista il completo presidio di tutte le aree di emissione.

Le emissioni che derivano dalla fase di fusione sono costituite da polveri, ossido di carbonio, anidride solforosa e bassi quantitativi di cloruri e fluoruri. Dalla carica possono generarsi composti organici, che si sommano alle emissioni di ossidi metallici.

Nel caso di impiego di forno elettrico ad arco, si configurano condizioni di emissione analoghe a quelle descritte per la produzione di acciaio. Dal punto di vista quantitativo le situazioni sono però estremamente differenziate, in quanto nelle fonderie si osservano processi metallurgici con produttività ridotte (10-20 t/ora) a fronte di quella raggiunta nella produzione destinata alla colata continua: questo si traduce in eventi

critici con una intensità e frequenza più ridotta. La ridotta produttività, rispetto al comparto acciaio, rende più difficilmente proponibili integralmente le soluzioni di captazione previste per presidiare la fase di carica.
I sistemi di controllo per le frazioni solide comunemente inseriti con tutte le tipologie di forno sono i filtri a manica. Con cicloni e scrubber a umido si individua efficienza di abbattimento inferiore, compatibile per i fattori di emissione più contenuti, tipicamente dei forni a induzione.
Una fase molto critica, dovuta alle consistenti emissioni, si determina anche nel caso di trattamento effettuato in siviera di sferoidizzazione della ghisa: la reazione esotermica provoca una violenta emissione di fumi.

Tabella 4.4. Composizione tipica delle polveri emesse da un forno a cubilotto per ghisa

Costituente	% (in peso)
Fe_2O_3 + FeO	29-34
CaO	15
MgO	15
Basi solubili	11
Cr_2O_3	9
SiO_2	4
MnO	3
C	1-2
PbO	0.04

Gli impianti di colata, in particolare durante le fasi di solidificazione e di raffreddamento, si caratterizzano per le emissioni diffuse, che possono coinvolgere numerosi prodotti di combustione e di degradazione termica dei leganti organici utilizzati per la formatura (idrocarburi, ammoniaca, acido cianidrico, aldeidi, fenolo, ecc.): queste emissioni costituiscono, in alcune configurazioni, un complesso problema per quanto concerne la captazione e il contenimento delle emissioni irritanti e odorose.
Gli impianti di formatura e di preparazione anime implicano emissioni organiche nel caso di impiego di leganti organici: si evidenzia la presenza di aldeidi, fenolo, ammoniaca, solventi alifatici e solventi aromatici. La tecnologia di captazione e abbattimento può non essere adeguate per emissioni diffuse irritanti e odorose.
Gli impianti di preparazione terre, di distaffatura e di sterratura si caratterizzano per emissioni costituite sostanzialmente da polveri e in misura ridotta da composti organici, da circoscrivere alla fase di distaffatura.
Per i componenti dell'impianto terra (nastri, sili, tramogge, molazze, ecc.) le captazioni delle polveri e degli inquinanti organici possono essere opportunamente risolte con soluzioni di buona tecnica, tramite l'inserimento di aspirazioni localizzate e con la segregazione di alcune parti dell'impianto. Risulta più problematico risolvere correttamente la captazione per gli impianti di distaffatura, nel caso l'operazione implichi complesse movimentazioni dei getti di peso significativo.

Acqua. Suolo

Si evidenziano le problematiche connesse alla preparazione e alla gestione delle terre destinate alla preparazione delle forme e alle lavorazioni di solidificazione, di pulizia e finitura dei getti.

Figura 4.2. Piazzali esterni. Depositi non tutelati rispetto al dilavamento meteorico di terre di fonderie ("depositi temporanei") e di cassoni con forme in resina non idonee. Figura 4.3. Sottofondi adiacenti a impianti produttivi realizzati con terre di fonderia esauste: conseguente inquinamento delle acque per dilavamento e del suolo

4.3. Fattori di impatto

Con gli output si individuano i fattori di impatto dell'attività, che possono essere quantificati sia a monte che a valle di tipici sistemi di abbattimento e/o depurazione, tenendo conto di eventuale riciclo effettuato all'interno dell'attività produttiva per acqua e rifiuti (previo eventuale trattamento).

Tabella 4.5. Fonderie di ghisa e di acciaio (7 unità produttive)
Fattori di emissione, reflui idrici, fattori di generazione di rifiuti (intervallo dei valori rilevati)

	output	
FUSIONE (CUBILOTTO)		
Polveri (g/ t ghisa)	3-20	Emissione canalizzata dopo filtrazione a secco
Biossido di zolfo (g/ t ghisa)	16	(Emissione canalizzata dopo filtrazione a secco)
Fumi cubilotto (kg/ t ghisa)	22-59	
Fumi cubilotto (kg/ t ghisa)	100-150	Rifiuto P (pericoloso) (*)
Altri fumi (kg/ t ghisa)		Rifiuto NP (*)
Scoria cubilotto (kg/ t ghisa)	50-100	Rifiuto NP (non pericoloso) (*)
Refrattari cubilotto (kg/ t ghisa)	1-2	Rifiuto NP+P (*)
FUSIONE (FORNO ELETTRICO INDUZIONE)		
Emissione canalizzata (g polveri/ t acciaio)	4-65	Dopo filtrazione a secco
Fumi forno elettrico induzione (kg/ t ghisa)	2-13	
Scoria forno elettrico induzione (kg/ t ghisa)	33-55	
FORMATURA A RESINA		
Fenoli (g/ t getto)	16	Emissione canalizzata dopo abbattimento a umido
Aldeidi (g/ t getto)	210	Emissione canalizzata dopo abbattimento a umido
Scarti lavorazione anime (kg/ t getto)	6	
Sabbie da anime termoindurenti (kg/ t getto)	110-150	
Forme e anime da formatura (kg/ t ghisa)	300-850	Rifiuto NP+P (*)
IMPIANTO TERRE		
Polveri (g/ t getto)	80-95	Emissione canalizzata dopo filtrazione a umido
Biossido di zolfo (g/ t getto)	360-1800	Emissione canalizzata dopo filtrazione a secco
Fanghi (kg/ t getto)	10-14	da impianto di abbattimento a umido
Terre da impianto di rigenerazione (kg/ t getto) (1)	396-527	Sabbie con resine organiche
Terre da impianto di rigenerazione (kg/ t getto) (1)	118-330	Terre a verde
FINITURA		
Polveri (kg/ t getto)	3-12	Rifiuto dopo abbattimento a secco
Morchie vasca verniciatura (kg/ t getto)	0,7-0,9	
Oli esausti (kg/ t getto)	0,02-0,04	

(*) fonte APAT

(1) per quanto concerne il trattamento di rigenerazione, che può essere installato nell'insediamento oppure localizzato esternamente all'attività produttiva, si può fare riferimento a una resa del processo attorno all'85% del materiale in ingresso.

4.4 Evidenze e orientamento della prevenzione

L'industria di fonderia è un settore differenziato in maniera abbastanza significativa.
Una distinzione fra le diverse configurazione deve essere fatta in base ad alcuni parametri discriminanti l'attività:

- innanzitutto in relazione al tipo di metallo fuso, ferroso o non ferroso;
- in base alla tecnologia di fusione del metallo;
- in merito al tipo di formatura, in forma permanente o in forma a perdere;
- in merito alla tecnologia di formatura;
- in merito alla tipologia di prodotto (peso, geometria, dimensione della serie) che rende fattibile dal punto di vista tecnologico ed economico l'introduzione di sistemi meccanizzati e di sistemi automatizzati di diverso livello.

Risulta evidente che ciascuna fonderia può essere considerata come una combinazione di diversi requisiti produttivi richiesti a cui si risponde con diverse tecniche fusorie e con diversi sistemi di formatura.

Quindi la scelta delle tecnologie disponibili più efficaci dal punto di vista della prevenzione è estremamente complessa ed è il risultato di una serie di vincoli da cui non è possibile prescindere, dovendo adattare i risultati ai differenti tipi di installazioni.
In questa sede si intendono sottolineare alcuni di questi aspetti con importanti implicazioni, non solo per l'impatto ambientale direttamente implicato dall'attività produttiva e dall'impatto ambientale indirettamente implicato (si pensi alla scelta dei diversi vettori energetici e di materie prime e materiali ausiliari diversi)

Stoccaggio e manipolazione delle materie prime

Gli aspetti rilevanti da un punto di vista ambientale sono legati alle varie modalità con le quali vengono stoccati e movimentati i materiali metallici ferrosi e non , il coke, le terre e le sabbie, i leganti e gli additivi per la formatura. Le fasi di stoccaggio e manipolazione delle materie prime sono comuni a tutti i tipi di fonderia; indipendentemente dalla produzione specifica.
Interventi di minimizzazione dell'impatto prevedono di:

- Adottare stoccaggi separati per i vari materiali in ingresso, prevenendo deterioramenti e pericoli.
- Effettuare lo stoccaggio dei rottami e dei ritorni interni su superfici impermeabili e dotate di sistemi di raccolta e trattamento del percolato. In alternativa lo stoccaggio può avvenire in aree coperte.
- Effettuare un riutilizzo interno dei boccami e dei ritorni di lavorazione.
- Stoccare i leganti chimici in aree coperte, dotate di sistemi di aerazione e di raccolta dei liquidi spillati.
- Stoccare separatamente i vari tipi di residui e rifiuti, in modo da favorirne il corretto riutilizzo, riciclo o smaltimento.
- Utilizzare di modelli di simulazione, modalità di gestione e procedure per massimizzare la resa dei metalli e ottimizzando i flussi materiali dell'impianto.

Fusione e trattamento del metallo

Si fa riferimento a quanto già sottolineato nel Capitolo 3.3 "*Preparazione metallo. Trattamenti metallo fuso*", in merito alle variabili in base alle quali articolare la scelta del forno. In questo paragrafo si vogliono sottolineare anche input e output dei diversi tipi di forno e le specificità dell'impatto ambientale che implicano le diverse tipologie.

Per la fusione dell'acciaio si utilizzano sia forni elettrici ad arco (EAF) che forni a induzione (IF) con criteri di scelta basati su ragioni tecniche (capacità, tipologia di acciaio, ecc.) ed economiche. Grazie alla notevole capacità di affinazione, l'EAF permette la fusione di materiali di recupero di bassa qualità, i quali rappresentano un vantaggio in termini di riciclo, ma che tuttavia richiedono un appropriato trattamento delle emissioni attraverso un sistema di depurazione.
Particolarmente critica diventa la problematica della captazione da inserire per un forno che non fornisce i livelli di produzione che si ottengono in acciaieria.

1. forno a cubilotto:
    a. forni a vento freddo;
    b. forni a vento caldo;
    c. forni a lunga durata;
2. forno ad arco elettrico;
3. forno ad induzione:
    a. senza nucleo;
    b. a canale;
4. forno rotativo;
5. forno a suola e/o a riverbero;
6. forno a tino;
7. forno a crogiolo;
8. forno a volta radiante.

Forni a cubilotto: forni a vento freddo

Il cubilotto è un forno a tino con rivestimento refrattario nel quale la carica metallica è riscaldata dalla combustione del coke, che avviene nella parte inferiore del forno. L'aria di combustione è iniettata nel "cuore" attraverso appositi ugelli dotati di una valvola di controllo che permette di regolare il flusso d'aria. Il forno è detto a vento freddo perché l'aria di combustione è a temperatura e pressione ambiente.

Una volta che la carica metallica ha raggiunto la zona di combustione, il metallo comincia a fondersi e a colare attraverso il coke, fino a raggiungere una zona sottostante la zona di combustione (crogiolo). Tutte le impurità sono intrappolate nella scoria grazie agli agenti fondenti. La scoria ha una densità minore del metallo fuso e quindi galleggia sopra e può essere agevolmente separata. Una volta che il metallo liquido ha raggiunto un determinato livello, si apre il foro di colata e si riempie la siviera, oppure si trasferisce il metallo fuso in un forno di mantenimento.

Il rivestimento refrattario del cubilotto a vento freddo dura soltanto per una campagna di fusione, a causa del calore che si sviluppa e dell'azione chimica della scoria; per tale motivo ove richiesta una produzione giornaliera continuativa, il reparto fusorio è dotato di una coppia di forni.

Tabella 4.6. Flussi di materia ed energia per un forno a cubilotto

Flussi in entrata	**Flussi in uscita**
Materiali ferrosi (ghisa in pani, rottami di acciaio e di ghisa, ricicli interni) Ferroleghe e metalli alliganti Flussi (castina, scarificanti, desolforanti, …) Energia (coke, gas, olio combustibile, elettricità) Ossigeno Acqua di raffreddamento Acqua Refrattari	Lega metallica fusa (ghisa) Emissioni in atmosfera Scorie Rifiuti di refrattario

Vantaggi
- Costi di investimento contenuti (12500-15000 euro/t di capacità produttiva oraria)
- Flessibilità nei materiali di carica utilizzabili
- Efficienza termica accettabile

Svantaggi
- Rigidità del regime produttivo (cambio tipologia di lega)
- Elevato costo della carica dovuta alle maggiori percentuali di ghisa in pani richieste
- Elevati costi ambientali
- Necessità di impianti di depolverazione di dimensioni adeguate agli alti volumi di emissioni prodotte

Forni a cubilotto: forni a vento caldo

Costruttivamente, questo cubilotto è uguale a quello a vento freddo; l'unica differenza è che l'aria di combustione è riscaldata. In questo modo si ottengono i seguenti vantaggi:
- Riduzione dei consumi di coke
- Incremento della temperatura del metallo
- Aumento della velocità di fusione
- Si può aumentare nella carica, la percentuale dei rottami di ferro rispetto alla ghisa, riducendo così i costi.

L'aria di combustione è riscaldata mediante calore recuperato dal forno stesso, oppure attraverso una fonte di calore esterna.

Gli investimenti per un forno ad aria calda sono molto maggiori rispetto a quelli necessari per uno ad aria fredda; per tale motivo, questo forno è economicamente conveniente solo quando si devono produrre più di 1000 t/mese di getti.

Vantaggi

- Consumi di coke contenuti
- Alte temperature di spillata
- Elevata produzione oraria
- Minore assorbimento di S nel bagno
- Minori costi della carica (maggiore utilizzo di materiali di recupero)

Svantaggi

- Maggiori costi di investimento
- Rigidità nel regime produttivo (difficoltà di cambio di lega)
- Elevati costi ambientali
- Necessità di impianti di depolverazione di dimensioni adeguate agli alti volumi di emissioni prodotte

Forni a cubilotto: forni a cubilotto a lunga durata

Questi forni a cubilotto possono essere sia a vento freddo che caldo.

La loro particolarità sta nel fatto di non avere un rivestimento refrattario all'interno, ma di avere le pareti del forno raffreddate ad acqua, fin sopra la zona del crogiolo di raccolta del metallo fuso. In questo modo il forno può funzionare in modo continuativo, anche per diversi mesi, poichè non c'è nessun materiale refrattario che si usura e che deve essere ripristinato. D'altra parte questo tipo di forno porta a perdite di calore di tenore elevato e quindi risulta conveniente quando si prevede una produzione con la massima continuità.

Forni ad arco elettrico

Il principio di funzionamento è lo stesso del forno utilizzato in acciaieria. La principale differenza risiede nel fatto di dovere alimentare un reparto di solidificazione in getti, e quindi l'esercizio di questo forno in fonderia non ha la necessità di acquisire le numerose evoluzioni tecnologiche rivolte soprattutto all'incremento di produttività.

Il forno ad arco elettrico è un forno nel quale il metallo è fuso attraverso il calore prodotto da un arco elettrico. Il metallo da fondere è posto nel tino ed è ricoperto da un coperchio, di materiale refrattario, attraverso il quale passano i tre elettrodi di grafite. Il metallo è fuso dal calore dell'arco elettrico che scocca tra i tre elettrodi di grafite e la carica che svolge la funzione di neutro. Una volta che il metallo è stato fuso, il forno viene svuotato ribaltandolo e versando il materiale attraverso un apposito canale.

Il rivestimento del forno acido (SiO_2) non sono più utilizzati, in quanto penalizzano l'affinazione di zolfo e fosforo; sono utilizzati rivestimenti di tipo basico (MgO e altri). La decarburazione del bagno viene effettuata introducendo ossigeno nel metallo fuso, tramite lance manovrate manualmente.

Tabella 4.7. Flussi di materia ed energia per un forno ad arco elettrico

Flussi in entrata	**Flussi in uscita**
Materiali ferrosi (ghisa in pani, rottami di acciaio e ghisa, torniture, ricicli interni) Ferroleghe e metalli alliganti Flussi (castina, scorificanti, …) Energia (elettricità, gas, olio combustibile) Ossigeno Elettrodi Acqua di raffreddamento	Lega metallica fusa (acciaio) Emissioni in atmosfera Scorie (CaO; SiO_2 , MgO) Rifiuti di refrattario

Forno a induzione senza nucleo

Questo tipo di forno è utilizzato per fondere metalli ferrosi e non. Il forno è rivestito internamente da materiale refrattario, che contiene al suo interno delle spire di rame raffreddate ad acqua, attraverso le quali passa la corrente. L'esterno del forno è racchiuso in una carpenteria di acciaio.

La frequenza della corrente che passa nelle spire dell'induttore influenza la penetrazione della corrente stessa all'interno del materiale da fondere. Quindi la frequenza di funzionamento influenza anche la dimensione (capacità) del forno. Con frequenze di 50 Hz si hanno forni di una portata non inferiore ai 750 kg; con frequenze di 10 kHz la capacità dei forni non va oltre i 5 kg.

Questo tipo di forno è utilizzato, di norma, per fondere il metallo, ma non per mantenerlo alla temperatura desiderata. Per questo tipo di operazioni si utilizzano preferibilmente, forni a induzione a canale.

Tabella 4.8. Flussi di materia ed energia per un forno ad induzione

Flussi in entrata	Flussi in uscita
Materiali ferrosi (ghisa in pani, rottami di acciaio e di ghisa, torniture, ricicli interni) Ferroleghe e metalli alliganti Materiali carburanti e flussi (scorificanti, .) Energia elettrica Acqua di raffreddamento	Lega metallica fusa (ghisa, acciaio) Emissioni in atmosfera Scorie Rifiuti di refrattario

Vantaggi
- Alta flessibilità nella produzione di varie tipologie di leghe
- Brevi tempi di fusione
- Basso impatto ambientale
- Bassa manutenzione legata alla durata del rivestimento refrattario
- Buon controllo di processo con possibilità di computerizzazione, conseguente controllo ottimale delle temperature
- Intensa agitazione del bagno con omogeinizzazione del metallo fuso
- Semplicità delle operazioni di caricamento, campionamenti di verifica, scorifica
- Possibilità di operare come forno di attesa, seppur con bassa efficienza

Svantaggi
- Maggiori costi energetici rispetto a forni coi combustibili fossili
- Minore effetto di pulizia sul bagno dovuto al basso quantitativo di scorie e alla relativamente ridotta superficie di contatto fra metallo e scoria
- Alti costi di investimento
- Non adatti per alte produttività orarie

Forni a induzione a canale

Questo tipo di forno è costituito da un grosso bacino, isolato termicamente, equipaggiato con un coperchio amovibile, realizzato per permettere la carica del forno. Solitamente il forno ha anche un meccanismo idraulico che ne permette il basculamento per la spillata e la manutenzione.

Per funzionare, il forno richiede che sia sempre presente una quantità minima di metallo liquido al suo interno; per questo motivo la capacità del forno è sempre contrassegnata con due valori (ad es. 60/35 kg), in cui il primo valore contrassegna la capacità totale, mentre il secondo la capacità utile: la differenza tra i due è la quantità minima di metallo che deve essere presente nel forno.

Questo tipo di forno è utilizzato principalmente come forno di mantenimento del metallo fuso, in abbinamento con un forno fusorio (duplex)

Vantaggi
- Elevata efficienza termica come forno di attesa e surriscaldamento
- Minimo effetto di ossidazione degli elementi di lega
- Ridotta manutenzione

Svantaggi
- Presenza costante di una minima quantità di metallo fuso per garantirne il funzionamento
- Impossibilità di partenze a freddo
- Difficoltà di monitorare l'usura del canale
- Pericoli potenziali dovuti al perdite accidentali di acqua dalla bobina dell'induttore, difficili da poter prevenire

Forno rotativo

Questo forno consiste in un cilindro orizzontale, nel quale la carica metallica è fusa da un apposito bruciatore situato a una estremità, mentre i gas di scarico fuoriescono dal forno dalla estremità opposta. Durante il funzionamento, il forno ruota lentamente intorno al suo asse, in modo da permettere una omogenea distribuzione del calore al suo interno. Una volta che il metallo è stato fuso, si apre il foro di spillaggio, e il contenuto è trasferito nelle siviere o nei forni di mantenimento.

Il forno rotatorio può essere utilizzato per fondere sia ghisa che alluminio. É un forno che presenta bassi costi di investimento e una facile manutenzione; per contro ha lo svantaggio di bruciare, durante il suo funzionamento, elementi come C, Si, Mn e S, che devono essere ripristinati con apposite aggiunte prima o dopo la fusione.

Tabella 4.9. Flussi di materia ed energia per un forno rotativo

Flussi in entrata	Flussi in uscita
Materiali ferrosi (ghisa in pani, rottami di acciaio e ghisa, torniture, ricicli interni) Ferroleghe e metalli alliganti Agenti carburanti e flussi (scarificanti, desolforanti, …) Energia (gas, olio combustibile, elettricità) ossigeno Acqua di raffreddamento	Lega metallica fusa (ghisa) emissioni in atmosfera scorie Rifiuti di refrattario

Vantaggi
- Veloci cambi di produzione di leghe
- Fusione senza contaminazione della lega
- Bassi costi di investimento
- Ridotte produzioni di emissioni con necessità di più contenuti sistemi di depurazione
- Facile manutenzione

Svantaggi
- Maggiore ossidazione degli elementi di lega del bagno
- Maggiori consumi di combustibile se utilizzato in modo discontinuo
- Consumi energetici proporzionali alla quantità di acciaio (rottami) in carica

Forno a suola e/o a riverbero

Questo forno e a riscaldamento diretto poiché l'aria calda e i gas di combustione sono diretti dal bruciatore sul metallo da fondere; i gas di scarico sono poi captati e convogliati all'esterno del forno attraverso una apposita canalizzazione.
II forno può avere configurazioni diverse, a seconda del materiale che deve essere fuso e delle applicazioni a cui deve essere destinato. L'efficienza di fusione del forno, che non è molto elevata poiché il calore non viene trasferito per intero dal bruciatore al metallo, può tuttavia essere aumentata utilizzando un arricchimento di ossigeno.

Forni a tino

Questo forno è un semplice forno verticale, in cui il materiale e introdotto dall'alto ed è fuso nella parte bassa, da bruciatori usualmente alimentati a gas. Questo forno e usato soprattutto per l'alluminio. A causa delle difficoltà nella costruzione di tale forno e delle operazioni di manutenzione del materiale refrattario, il forno è utilizzato soprattutto per metalli a basso punto di fusione.
I moderni forni con sistemi di controllo computerizzato dei bruciatori, raggiungono consumi di energia di 650 kWh/t di alluminio fuso (a 720 °C), con una efficienza termica del 50%.

Vantaggi:
- Ridotta quantità di gas in emissione.
- Attraverso il lungo preriscaldo, la carica viene essiccata prima dell'inizio della fusione. Ciò rende il forno ottimale per l'alluminio, per la riduzione del rischio di esplosioni
- produzione di idrogeno al camino.
- Costi di investimento e di gestione relativamente contenuti in relazione all'efficace preriscaldo, al controllo automatico e alla durata del refrattario,
- Basso consumo di combustibile, eccellente controllo della temperatura e bassi cali di fusione.

Svantaggi:
- Scarsa flessibilità per i cambi di lavorazione.

Forni a crogiolo

Questi forni sono costituiti da un crogiolo riscaldato esternamente da bruciatori alimentati a gas o ad olio. Sono utilizzati soprattutto per la fusione di metalli non ferrosi; hanno ridotta capacità e bassi volumi di produzione.

Vantaggi:
- Tecnologia semplice
- Bassa manutenzione
- Flessibilità nel cambiamento di lega

Svantaggi:
- Bassa efficienza e ridotta capacita produttiva

Forni a volta radiante (riscaldamento a resistenza)
Sono forni utilizzati esclusivamente per il mantenimento del metallo liquido, normalmente integrati con macchine formatrici a bassa pressione.
Sono caratterizzati da ridotti consumi energetici.
Vantaggi
- Controllo accurato delle temperature
- Ridotti consumi energetici.
- Migliori condizioni ambientali.

Formatura e preparazione delle anime

Verranno di seguito discusse le tecniche di realizzazione delle forme e delle anime con l'impiego di leganti inorganici argillosi (formatura a verde) e di leganti chimici.

Formatura in terra a verde
La preparazione della terra a verde prevede la miscelazione della sabbie base con additivi e leganti. Tale operazione può essere eseguite in appositi i mescolatori operanti in normale atmosfera o sotto vuoto.
I mescolatori sotto vuoto, trovano in genere un utilizzo in impianti in cui la capacità produttiva della sabbia sia superiore alle 60 t/h.
- Chiusura di tutte le unità operative degli impianti di lavorazione, delle terre (griglia vibrante, depolveratori della sabbia, raffreddatori, unità di miscelazione), e depolverazione delle emissioni.
- Impianto unico per la miscelazione ed il raffreddamento della sabbia sotto vuoto.
- Utilizzare tecniche di recupero delle terre. L'aggiunta di sabbia nuova dipende dalla quantità di anime presenti e dalla loro compatibilità con le tecniche di recupero impiegate. Per le sole terre a verde, la percentuale di recupero raggiungibile è del 98%. Sistemi con elevate percentuali di anime con leganti incompatibili con il sistema di recupero, possono raggiungere percentuali di riutilizzo fra il 90 e il 94%.

Formatura chimica
Vengono utilizzati vari tipi di leganti, ciascuno con specifiche proprietà ed applicabilità.
- Minimizzare l'utilizzo di resine e leganti, utilizzando sistemi di controllo del processo (manuali o automatici) e di controllo della miscelazione. Per le produzioni di serie con frequenti cambi dei parametri produttivi, utilizzare sistemi di archiviazione elettronica dei parametri produttivi.
- Captazione delle emissioni dalle aree di produzione, di movimentazione e di stoccaggio delle anime prima della distribuzione.
- Utilizzo di intonaci refrattari a base di acqua, in sostituzione degli intonaci con solvente ad alcool, per la verniciatura di forme e anime nelle fonderie con produzioni di media e grande serie.
- Utilizzo di vernici ad alcool nel caso di:
  produzioni di forme e anime complesse e di grandi dimensione;
  utilizzo di sistemi con sabbia e silicato di sodio;
  produzione di getti in magnesio produzione di getti in acciaio al manganese, con vernici a base di MgO.

Quando vengono utilizzate vernici ad alcool, utilizzare sistemi di captazione delle emissioni prodotte, fissi o mobili, fatta eccezione per le fonderie con produzione di grossi getti con formatura "in campo", ove le cappe non possono essere utilizzate.

Minimizzare la quantità di sabbia avviata alla discarica, utilizzando sistemi di rigenerazione e/o di riutilizzo. Nel caso di rigenerazione, si applicano le seguenti condizioni:
- Per le sabbie con leganti con indurimento a freddo per esempio sabbie con resina furanica), utilizzo di sistemi di recupero di tipo meccanico, a eccezione dei sistemi con silicato di sodio. La resa del processo di recupero, è del 75-80 %.
- La sabbia con silicato è rigenerata utilizzando trattamenti termici e pneumatici. La resa del recupero è compresa fra 45 e 85 %.
- Sabbie derivanti da processi in cassa d'anima fredda (cold box), SO_2, cassa d'anima calda (hot box) e Croning, e miscele di sabbie con leganti organici, vengono rigenerate utilizzando una delle seguenti tecniche: rigenerazione meccanica a freddo (per esempio sistemi ad abrasione, sistemi a impatto, sistemi pneumatici) o rigenerazione termica. La percentuale di recupero raggiungibile dipende dalla quantità di

anime utilizzate. La sabbia rigenerata può essere riutilizzata per la produzione di anime in misura compresa fra il 40 e il 100 %.
- Miscele di terra a verde e sabbie con leganti organici, vengono rigenerate utilizzando processi di recupero meccanico-termico-meccanico, spogliatura per abrasione o pneumatica. La sabbia recuperata può essere riutilizzata per la produzione di anime nella misura dal 40 al 100%, e per la produzione di forme nella misura dal 90 al 100%.
- Monitorare la qualità e la composizione delle sabbie rigenerate
- Recuperare le sabbie all'interno del ciclo delle sabbie, solo in sistemi compatibili. Sabbie non compatibili sono tenute separate, per altri tipi di riutilizzo.

Tecniche di formatura con forma permanente.
- Minimizzazione del consumo di distaccante e di acqua nella formatura per pressocolata ad alta pressione.
- Applicare del distaccante (allo stato vaporizzato) a conchiglia chiusa.

Colata del metallo, raffreddamento e distaffatura

Si deve fare riferimento ai prodotti di combustione e di degradazione termica che si producono nelle fasi di colata, raffreddamento e distaffatura.
- Nelle linee di produzione di serie, aspirare le emissioni prodotte durante la colata e racchiudere le linee di raffreddamento, captare le emissioni prodotte.
- Racchiudere le postazioni di distaffatura e trattare le emissioni utilizzando cicloni, associati a sistemi di depolverazione a umido o a secco.
- Per le produzioni di grossi getti, colati "in campo" o "in fossa", ove il lay-out non consente di installare cappe per aspirazione localizzata, realizzare una adeguata ventilazione generale, oppure prevedere aree di colata distinte e non percorse dagli addetti durante il raffreddamento dei getti.

Per quanto concerne invece la colata in forma permanente, queste tecniche prevedono la colata della lega liquida in una forma metallica (stampo, conchiglia) dalle quali il getto è estratto dopo solidificazione. In alcuni processi, trovano un limitato utilizzo anime con leganti chimici, e precisamente nella colata per gravità in conchiglia, nella colata per centrifugazione o nella colata a bassa pressione.
- Captare le emissioni nella fase di colata ed eventualmente trattarle con sistemi a umido o a secco.
- Recuperare/ riciclare gli eventuali residui di forma e/o anime presenti.
- Raccolta delle acque reflue per il successivo trattamento.
- Raccolta dei liquidi idraulici eventualmente persi dai circuiti di comando delle macchine per il loro successivo trattamento.

- Le tecniche di contenimento per la preparazione delle anime sono del tutto analoghe a quelle per la preparazione delle forme

In funzione del tipo di inquinanti atmosferici prodotti in tali fasi le tecniche di captazione ed abbattimento delle emissioni possono essere differenti.
Per la raccolta delle polveri:
- impiego di filtri a tessuto;
- impiego di cicloni con scrubber ad umido

Per la separazione dei COV sono:
- biofiltri;
- scrubbers con neutralizzazione chimica.

Finitura dei getti

Alcune operazioni di finitura eseguite sui getti producono emissioni che necessitano di captazione e convogliamento ad un impianto di depurazione.
Fra le operazioni di finitura che vengono effettuate sui getti, la eliminazione dei dispositivi di colata e di alimentazione dei getti (materozze, attacchi di colata, ecc), la pulitura dei getti (granigliatura), l'eliminazione

e la riparazione dei getti di acciaio (scriccatura, saldatura) ed eliminazione di bave (sbavatura/ molatura) possono dare origine a emissioni di fumi/polveri.
Le tecniche riguardano la captazione e il trattamento mediante l'impiego di sistemi a secco o ad umido, delle emissioni prodotte nelle fasi di taglio dei dispositivi di colata, di granigliatura e sbavatura dei getti.
In particolare per quanto riguarda le emissioni di polveri e COV:

- impiego di filtri a tessuto e cicloni con scrubbers a umido per la raccolta delle polveri.
- impiego di biofiltri e scrubbers con neutralizzazione chimica per i COV.

Scarichi idrici e riciclo delle acque di raffreddamento

- Separazione delle diverse tipologie di acque reflue
- Utilizzo di sistemi di depolverizzazione a secco in modo da ridurre la produzione di acque reflue
- Utilizzo di "scrubbers biologici" che generano quantitativi di acqua minore rispetto agli scrubbers convenzionali
- Raccogliere le acque e utilizzare sistemi di separazione degli oli, prima dello scarico
- Massimizzare i ricircoli interni delle acque di processo, e il loro riutilizzo multiplo
- Trattamento utilizzando opportune tecniche, di tutte le acque dei processi di depurazione delle emissioni e, in generale, di tutte le acque reflue
- Recupero delle ammine dalle soluzioni esauste di abbattimento degli scrubbers.

Smaltimento delle sabbie. Valorizzazione rifiuti solidi

- Recupero primario della sabbia per riutilizzo nella formatura (sistema a verde con leganti inorganici)
- Recupero meccanico delle sabbie nei processi con indurimento a freddo
- Recupero meccanico mediante sistemi ad abrasione
- Recupero meccanico con sistemi ad impatto
- Recupero a freddo con sistemi pneumatici
- Recupero termico
- Recupero combinato (meccanico – termico – meccanico) per le sabbie con bentonite e leganti organici
- Rigenerazione a umido
- Rigenerazione con sistemi pneumatici delle sabbie con silicato di sodio
- Riciclo della polvere delle operazioni di distaffatura e movimentazione sabbie nella terra di formatura
- Riutilizzo esterno della sabbia esausta in alternativa alla messa in discarica. La sabbia non più utilizzabile in fonderia può essere impiegata in altre attività.