*Energia Elettrica*: nell'esperienza italiana, l'installazione di variatori di frequenza su numerosi motori per azionamento di pompe, in sostituzione di controllo portata a mezzo di valvole regolatrici, riducendo la perdita di energia per perdite di carico, ha contribuito a ridurre i consumi. Una riduzione di velocità operata sui numerosi agitatori dei serbatoi di precipitazione ha portato lo stesso risultato.

*Acidi*: l'acido impiegato è essenzialmente acido solforico, sia per il neutralizzo dei residui prima di inviarli al bacino, che per la pulizia chimica degli scambiatori di calore della fase di attacco, soggetti ad incrostazione lato tubi per deposizione di silice alle alte temperature.

*Il consumo di energia termica*

Nell'esperienza italiana, dati i consumi di combustibile indicati, si hanno i seguenti consumi energetici:

| | | |
|---|---|---|
| alle caldaie-vapore | 7,2 | GJ/t |
| ai forni di calcinazione | 3,6 | GJ/t |
| consumo totale Energia termica | 10,8 | GJ/t |

*Le emissioni dall'impianto (aria, acqua, suolo, rumore)*

ARIA

Le emissioni in atmosfera dall'impianto sono quelle prodotte dalle 4 ciminiere esistenti, 3 separate per le 3 caldaie ed 1 unico camino per i 3 forni. I principali inquinanti emessi sono quelli tipici di un processo di combustione, vale a dire $SO_2$, $NO_x$ e particolato.

Controlli sulle *polveri diffuse*: in periodo estivo e per effetto di ventosità locale, si possono creare fenomeni di polverosità dovuta alla movimentazione di idrato e allumina, o anche di polveri generate dalle operazioni di pale meccaniche al parco bauxite. Polveri comunque inerti, la cui concentrazione resta ampiamente al disotto dei 10 mg/ $Nm^3$.
Nell'esperienza italiana, alcuni monitoraggi fatti sul $PM_{10}$ (particelle a dimensione <10micron) non fanno riscontrare particolari problemi in nessuna parte dell'impianto.

Lo *stoccaggio della bauxite* in parco scoperto e il suo trasporto con nastri solo in parte coperti non provoca fenomeni di polverosità, essendo l'umidità della bauxite australiana, (usata da diversi anni al 100 %) sempre intorno al 10%, e data la sua pezzatura, per lo più compresa tra 3 e 13 mm e in pratica esente da polveri.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

ACQUA

Le immissioni nelle acque riguardanti una raffineria di allumina per lo più sono relative a possibili infiltrazioni di liquido caustico nelle acque sotterranee fluenti nel terreno sottostante alla raffineria, a seguito di operazioni di drenaggio linee e pompe in platee, se non propriamente ricoperte. Allo scopo di tenere il fenomeno sotto controllo è fondamentale il controllo continuo, ed il risanamento ove necessario, dell'integrità delle platee cementate sulle quali sono disposti i serbatoi contenenti la liscivia sodata che realizza il processo produttivo.
Le platee costruite negli ultimi anni sono realizzate con rete sotterranea di captazione di eventuali nuove percolazioni e con pozzi spia per la relativa segnalazione e captazione a mezzo pompa con controllo di avvio in automatico.

Nei periodi in cui si verifichi un eccesso nel bilancio idrico al bacino, a seguito di ridotta evaporazione per agenti atmosferici o di forte piovosità, è possibile lo scarico a mare di una quota dell'acqua surnatante al bacino fanghi, dopo suo opportuno trattamento.
L'acqua interessata a tale operazione in effetti viene "*restituita al mare*" perché per la neutralizzazione dei fanghi *(in parte)* e la loro veicolazione dall'impianto al bacino, si utilizza proprio acqua di mare.

SUOLO

Oltre alla allocazione dei residui di processo in apposito bacino di contenimento, di solito non vengono effettuate altre operazioni che coinvolgano il terreno. I materiali derivanti dalle operazioni di disincrostazione di tutti i serbatoi soggetti a pulizia manuale, consistenti in crostame e scaglie costituiti da bauxite, o fango, sabbie, silicati, idrato e allumina, vengono trasportati allo stesso bacino fanghi, così come i teli filtranti usati per operazioni a umido e a secco in filtri di vario tipo, incrostati da fango, silicati, idrato e allumina.

Altri materiali solidi di scarto, consistenti in:
- refrattari di demolizione mantello forni
- oli esausti derivati dai cambi di lubrificanti d'impianto
- oli dei trasformatori elettrici
- materiali in gomma
- rottami di ferro

vengono ritirati da ditte specializzate per l'attribuzione degli stessi materiali in discariche specifiche autorizzate.

RUMORE

Nell'esperienza italiana, una mappatura del carico espositivo al rumore nei luoghi di lavoro, ha mostrato come la maggior parte dell'impianto sia al di sotto degli 80 dB(A).
I livelli di rumorosità registrati all'esterno dello Stabilimento sono sempre risultati entro I limiti normativi e dunque il rumore non sembra essere un impatto prevalente.

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

**Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia**

*Tecniche BAT per le operazioni di processo*

La tabella seguente mostra una sintesi (estratta dal Bref comunitario) delle migliori tecniche disponibili per la riduzione degli impatti dovuti alle operazioni di processo.

| **Area impianto** | **Parametro** | **Tecnica BAT per la riduzione dei consumi** |
|---|---|---|
| Ciclo termico | Consumo energia | Utilizzo dei *digestori tubolari* con la tecnologia del "*riscaldamento indiretto dello slurry bauxite*". *Purificazione liscivia* dalle impu- rezze del sodio (maggior produttività). ---------- Tecnologie adottabili per impianti di nuova installazione |
| Gestione residui | Consumo acqua | Utilizzo acqua mare e riciclo acqua dal bacino per il convogliamento dei residui. |
| Bilancio idrico | Consumo acqua | Filtrazione fanghi (residui). Riutilizzo acque degli scarichi igienici e ripresa acque meteoriche dalle aree di impianto per usi di processo. |
| Calcinazione | Consumo energia ed emissioni | Uso di calcinatori a letto fluido per la loro miglior efficienza termica rispetto ai rotativi convenzionali e per il miglior recupero delle polveri di allumina. |
| Stoccaggio materie prime e prodotti | Polveri | Utilizzo di capannoni e nastri coperti, sistemi pneumatici sottovuoto, filtri a maniche, ed ESP per materiali polverosi. |
| Qualità allumina | Polveri | Una buona granulometria è da considerare BAT perché garanzia contro la polverosità<br>• - 44 μm ≤ 8 %<br>• - 20 μm ≤ 1 % |

*Tecniche BAT per le emissioni all'aria*

La tabella seguente mostra una sintesi (estratta dal Bref comunitario) delle migliori tecniche disponibili per la riduzione degli impatti dovuti alle emissioni atmosferiche.

| **Area impianto** | **Inquinante** | **Tecniche BAT per la riduzione delle emissioni** |
|---|---|---|
| Camini caldaie produzione vapore | $SO_2$ | Opportuna scvelta del combustibile<br>Utilizzo di tecniche di desolforazione fumi (in Italia con processo di desolforazione fumi a mezzo della tecnologia Sumitomo) |
| | $NO_x$ | Impiego di bruciatori a basso $NO_x$ |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| | | |
|---|---|---|
| | Polveri | Utilizzo di filtri a maniche, di elettrofiltri, e del wet scrubbing sui fumi *(processo Sumitomo)* |
| Camino forni di calcinazione | $SO_2$ | Opportuna scelta del combustibile<br>Utilizzo di un processo di desolforazione fumi, se prodotti da combustibile ATZ *(wet scrubbing con i fanghi prodotti dal ciclo Bayer)* |
| | $NO_x$ | Impiego di bruciatori a basso $NO_x$ |
| | Polveri di allumina | Utilizzo del forno a letto fluido, a maggior capacità di captazione fini, di Filtri a maniche, di Elettrofiltri, e del wet scrubbing sui fumi *(processo Sumitomo)* |
| Caricamento navi | Polveri di allumina | Uso di sistema di carico previsto per la riduzione della polverosità.<br>Uso di filtri a maniche |

*Tecniche BAT per le platee impianto e rumore*

La tabella seguente mostra una sintesi (estratta dal Bref comunitario) delle migliori tecniche disponibili per la riduzione degli impatti dovuti alle emissioni atmosferiche.

| **Area impianto** | **Inquinante** | **Tecniche BAT per la riduzione o il controllo delle emissioni** |
|---|---|---|
| Tutte le aree | Rumore | Approntamento di una mappa dell'impianto area per area con i relativi livelli di rumore in dB(A)<br><br>Interventi di riduzione della emissione sonora ove fattibile<br><br>Cartellonistica di segnalazione del livello sonoro e prescrizione d'uso di protezioni individuali ove necessario |
| Platee d'impianto | Rilascio di soluzione alcalina nella falda | Assicurare mantenimento di aree cementate (platee) sotto le apparecchiature contenenti soda in soluzione.<br><br>Evitare le operazioni di drenaggio soda in platea.<br><br>Provvedere una rete di pozzi piezometrici nelle aree d'impianto per il controllo sistematico della falda acquifera.<br><br>Il collocamento di una raffineria in prossimità della costa rappresenta una garanzia da eventuali effetti negativi derivanti dall'uso, per usi civili, di acque sotterranee interessate da infiltrazioni. |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

*Produzione dei rifiuti a partire dalla Bauxite - Caratterizzazione*

*a) Produzione di rifiuti – volume di allocazione*

Il processo Bayer per la produzione di allumina a partire dalla bauxite comporta la produzione di una quantità di residui dello stesso ordine di grandezza dell'allumina estratta. Il fattore residui derivante dall'uso della bauxite australiana, ad esempio, è intorno a 0,78 (ton-residui/ton-allumina), valutato sul secco, che in termini di fango addensato, umido, al bacino diventano ~ 1,3 t/t, per un impegno di volume al bacino pari a ~0,8 $m^3$/t-allumina. Questo rende conto di come, per una produzione di allumina intorno a 1 Mton/anno occorra un volume di allocazione residui di ~1 $Mm^3$ all'anno.

Le varie raffinerie allumina nel mondo dispongono i loro residui generalmente in bacini a terra, e solo alcune raffinerie li scaricano nel fondale marino.

*b) Caratteristiche chimiche della Bauxite*

Al fine di poter introdurre una caratterizzazione dei rifiuti è opportuno esaminare prima la qualità della materia prima che li genera, e cioè la *bauxite*. Questo materiale viene chiamato come "*roccia*" oppure, in termine geologico, *laterite*, come roccia di natura vulcanica o sedimentaria sottoposta nelle ere geologiche ad un processo di arricchimento naturale nel suo contenuto di alluminio. Essa è compresa nella famiglia delle *terre ferro-silico-alluminose*,comprendenti anche le argille, le quarziti e le terre refrattarie, rispetto alle quali si distingue per avere un maggior contenuto di Al, il che la rende più indicata per il processo di estrazione di tale metallo.

Nei vari continenti della terra si trovano numerosi giacimenti di bauxite di diverso tipo, contenenti allumina sotto forma di triidrato di Alluminio e monoidrato. Le miniere di maggior utilizzo sono quelle di grandi giacimenti a cielo aperto, tra le quali quella africana di Boke (Guinea) che alimenta gran parte degli impianti europei, e quella australiana di Weipa, utilizzata soprattutto in Australia ed anche nella raffineria italiana, oltre a molte altre in Brasile, Venezuela, ecc. Per una visione della qualità di una bauxite tipica si riporta nella tabella seguente quella della bauxite australiana, nelle 3 varianti di materiale *Standard Metallurgical Grade*, del *Grade A* e del *Grade D*, identificanti una miscela e due filoni di estrazione.

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

***Composizione della Bauxite Weipa***

| Costituenti | *Bx weipa Std Metal. Grade* | *Weipa. Grade-D* | *Weipa. Grade-A* | *Note* |
|---|---|---|---|---|
| $Al_2O_3$ *totale* | 54,76 | 57,30 | 53,70 | Costituenti principali |
| $Fe_2O_3$ | 12,28 | 7,10 | 15,8 | |
| $TiO_2$ | 2,58 % | 2,40 % | 2,8 % | |
| $SiO_2$ *totale* | 5,62 | 6,80 | 3,3 | |
| L.O.I. 1150°C ([2]) | 24,47 | 26,40 | 24.4 | |
| $P_2O_5$ | 0,07 | | | Costituenti minori |
| $V_2O_5$ | 0,06 | | | |
| CaO | 0,01 | ~0,3 % | ~0,3 % | ~ 0,3 % |
| MnO | 0,01 | | | |
| $Cr_2O_3$ | 0,05 | | | |
| $ZrO_2$ | 0,10 | | | |
| $Ga_2O_3$ | 0,01 | | | |
| TIC | 0,5 kg/t (come C) | | | Carbonio di origine |
| TOOC | 1,9 kg /t (inclusi nel LOI) | | | vegetale e inorganico |

*c) Caratteristiche chimiche dei residui*

Dell'Allumina totale indicata per ciascuna bauxite quella effettivamente estraibile col processo Bayer è intorno al 50 %, perché una quota dell'allumina totale resta combinata con la silice, più o meno sempre presente nella bauxite, e quindi la si ritrova nei residui, assieme a tutti gli altri costituenti della bauxite, dei quali solo una traccia resta nell'allumina prodotta, e tutto il resto finisce nei residui. Per definire l'essenza dei residui stessi, si può dire che essi sono costituiti da una sorta di bauxite alla quale è stata sottratta gran parte del suo contenuto di $Al_2O_3$, con l'aggiunta di una quantità di ossido di sodio, combinato nel cosiddetto *"prodotto di desilicatazione"*, molecola complessa di silico-alluminato di Sodio, composto di tipo zeolitico presente anche in natura, o neutralizzato come solfato, e di ossido di calcio, usato per la preparazione del filter-aid *(Ca-alluminato)* e dosato come correttivo in diverse reazioni chimiche del processo, ritrovato poi nei residui. Tutti gli altri costituenti minori, presenti come ossidi nella bauxite, taluni avendo reagito con la calce aggiunta al processo e trasformati nei relativi sali, si ritrovano nei residui, concentrati del fattore dato dal valore inverso del rapporto residui/bauxite, che per la bauxite descritta è pari a 0,365 (ton-residui/ton-bauxite), quindi concentrati di un fattore 2,7 circa.

[2] Il contenuto del L.O.I. (Loss on Ignition) è dovuto principalmente all'acqua di cristallizzazione dell'allumina, presente nella bauxite come triidrato e monoidrato.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

Per la caratterizzazione dei residui prodotti, trattando le bauxiti di origine australiana, si riportano nella tabella seguente le concentrazioni tipiche dei vari costituenti *(valutate sul residuo secco)*.

***Composizione dei residui prodotti dalla Bauxite Weipa***

| Costituenti | *Weipa. Grade-D* | *Weipa. Grade-A* | *Note* |
|---|---|---|---|
| $Al_2O_3$ *totale*<br>$Fe_2O_3$<br>$TiO_2$<br>$SiO_2$ *totale*<br>L.O.I.1000°C ([3]) | 25, 0<br>19,5<br>6,6 %<br>18,6<br>9,6 | 19,8<br>43,5<br>8,1 %<br>9.3<br>7,4 | Costituenti principali |
| $P_2O_5$<br>$V_2O_5$<br>MnO<br>$Cr_2O_3$<br>$ZrO_2$<br>$Ga_2O_3$ | ~0,7 % | ~ 0,7 % | Costituenti minori |
| $Na_2O$<br>CaO | 12,0 %<br>7,8 | 5,9 %<br>5,2 | Costituenti aggiunti |

*d) Ricerche sul possibile utilizzo dei residui*

La produzione di una significativa quantità di rifiuti connessa al processo di produzione allumina costituisce da sempre un problema di massima rilevanza, ancor più quando la raffineria si trovi in aree di possibile urbanizzazione, o comunque vicine a centri abitati. Il possibile riutilizzo di tali residui costituisce pertanto da anni argomento di numerosi lavori di ricerca, condotti da istituti o enti interessati al settore.

Numerose ricerche su eventuali utilizzi di tale materiale hanno mostrato possibili applicazioni nella produzione di laterizi, in mescola con argilla, di ceramiche colorate per uso edilizio, nel campo dei coloranti, e mediante calcinazione per produzione di aggregati induriti tipo ciottoli. Per tutti questi possibili impieghi non si incontra tuttavia un rapporto costi/benefici economicamente valido, per il costo associato ai trattamenti necessari per l'utilizzo del materiale, per cui allo stato attuale le possibilità di impiego su scala significativa sono soggette all'esito positivo di qualche ricerca che individui bassi costi di trattamento.

[3] Il contenuto del LOI è dovuto all'acqua di cristallizzazione di vari composti presenti in forma idrata

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

*e) Utilizzo del fango come ammendante*

Una tecnologia al momento emergente su un possibile impiego dei residui è basata sulle proprietà alcaline dei fanghi, opportunamente trattati, di neutralizzare gli eluati acidi derivanti da attività minerarie, spesso associati agli accumuli di residui prodotti da attività di estrazione e trattamento minerali (i noti Acid Rock Drainage, o ARD, citati nella letteratura comunitaria). Oltre a questo i fanghi del processo Bayer hanno la caratteristica di intrappolare ioni metallici nel reticolo cristallino dei loro costituenti, sottraendoli in modo stabile dall'ambiente circostante, acqua o suolo, esercitando quindi una azione di ricondizionamento sia su acque che su terreni contaminati.

*f) Tecniche di gestione residui (tailings management)*

A valle della fase di lavaggio dei fanghi per il recupero delle acque madri o liscivia di processo che ad essi si accompagna, i fanghi possono essere o no sottoposti a filtrazione, per un recupero finale di acqua e soda. Quindi in genere vengono inviati al bacino o laguna di contenimento. L'operazione di messa a dimora dei residui di processo in bacino a terra comporta sempre l'impiego di una certa quantità di acqua per la veicolazione degli stessi. Si utilizza allo scopo acqua-mare, per sfruttare la sua capacità neutralizzante sulla soda residua nei fanghi ad opera del $MgCl_2$ *(reazione di doppio scambio con NaOH)* .

Due tecniche possono essere utilizzate per il conferimento dei fanghi al bacino, così brevemente descritte.

*Dry stacking* o *Thickened tailings*: tecnica basata sull'impiego di sedimentatori a forte addensamento *(deep thickeners)* e di pompe volumetriche *(a membrana)* per il pompaggio del fango sotto forma di torbida ad alta densità (≅ 40% solidi). Tecnica possibile per bacini adiacenti all' impianto di produzione, ed inoltre tecnica consigliabile in aree con clima piovoso, per la gestione dell'acqua al bacino.

*Slurried tailings*: tecnica basata sulla manipolazione dei residui sotto forma di torbida più diluita (≅ 20 % solidi). Ciò dovuto sia alla maggior distanza del bacino dall' impianto, che proibisce alte densità di pompaggio, che ad altre manipolazioni del fango, come quella del *wet-scrubbing* dei fumi, che necessita di uno slurry diluito. Il fango comunque trasferito al bacino si addensa mentre l'acqua surnatante viene riciclata, in parte evaporata, e, se necessario per la chiusura del bilancio idrico al bacino, trattata in piccola parte per essere restituita a mare.

**Monitoraggio**

Nel seguito sono riassunti i parametri più significativi e le frequenze (puramente indicative) utilizzabili come riferimento di partenza nella definizione del piano di monitoraggio. Le frequenze di monitoraggio qui proposte corrispondono a situazioni operative standard ed a normale prassi industriale. Esse non devono essere intese come la soluzione migliore per ogni situazione, sono modificabili in ragione di specifiche condizioni locali e prescindono da prescrizioni specifiche contenute nella normativa ambientale (attuale e futura) che deve essere, in ogni caso, rispettata.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

Le considerazioni seguenti, infine, riguardano le sole emissioni convogliate. Anche le emissioni diffuse e fuggitive costituiscono un aspetto rilevante e dovranno essere monitorate, in funzione dell'efficienza dei sistemi di prevenzione e captazione, tenendo presente che allo stato attuale non esiste un metodo unico e condiviso per la loro valutazione.

***Emissioni in atmosfera***

Nell'esperienza italiana, le emissioni dai camini sono controllate da un sistema di monitoraggio in continuo *(per SOx, NOx, CO e polveri)*. Accanto alle misure fatte ai punti di emssione è utile una rete pubblica di monitoraggio che sorvegli le immissioni nel territorio sottoposto ai controlli.

***Immissioni nelle acque***

Per il controllo delle acque sotterranee è possibile l'utilizzo una rete di pozzetti-piezometrici, disposti in stabilimento, attorno al bacino-fanghi, esterni allo stabilimento, nei quali su base mensile si rilevi il pH e la conducibilità dell'acqua, e il livello di falda. Nei piezometri attorno al bacino-fanghi è opportuno controllare mensilmente anche il contenuto in ferro e ogni 6 mesi tutti i metalli pesanti; con stessa periodicità è opportuno controllare le pozze d'acqua di falda affioranti in vicinanza al bacino.

***Rifiuti***

Ai fini del monitoraggio, per i rifiuti prodotti dall'impianto oppure in ingresso all'impianto autorizzato, il gestore provvede a registrare e detenere, per un adeguato periodo di tempo, i seguenti elementi:

- la composizione;
- la migliore stima/pesata della quantità prodotta;
- i percorsi dello smaltimento;
- la migliore stima della quantità inviata al recupero;
- registri di carico e scarico, formulari di identificazione dei rifiuti - quando applicabili - autorizzazioni degli impianti di smaltimento.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

**PROCESSI PER LA PRODUZIONE DI ALLUMINIO PRIMARIO**

L'alluminio è un materiale che ha una vasta gamma di applicazioni nel campo dei trasporti, nell'edilizia, nel settore degli imballaggi, nel settore elettrico, nei sistemi di distribuzione dell'elettricità ad alta tensione, nel settore meccanico ed agricolo e per i beni di consumo. E' leggero e, avendo una elevata affinità per l'ossigeno, si ricopre rapidamente di una patina protettrice di ossido di alluminio che ne impedisce una ulteriore corrosione. L'alluminio è altamente reattivo, in particolar modo nella forma di polvere, e viene usato nelle reazioni allumino-termiche per produrre una varietà di altri metalli.

L'alluminio primario è prodotto dalla bauxite la quale è convertita in allumina ($Al_2O_3$). Cento tonnellate di bauxite producono 40-50 tonnellate di allumina, che a sua volta produce 20-25 tonnellate di alluminio.
L'alluminio secondario è condizionato dalla disponibilità di rottami (materie prime secondarie) che vengono generati dal riciclo di prodotti contenenti alluminio. Si parla di "rottami vecchi" se provengono dalla raccolta di manufatti arrivati al termine del loro ciclo di vita, di "rottami di produzione" o "rottami nuovi" se provengono da scarti di produzione e da sfridi di lavorazione.

Nel 2002 il settore dell'alluminio primario era costituito da 21 smelters operanti nell'UE ed altri 17 in Europa.
Attualmente, in Italia esistono due impianti di produzione elettrolitica di alluminio, entrati in esercizio all'inizio degli anni 70.

*Aspetti ambientali*

I principali aspetti ambientali della produzione di alluminio primario (tralasciando quindi la produzione di allumina) sono connessi alla generazione di emissioni durante il processo elettrolitico contenenti idrocarburi polifluorurati e fluoruri ed alla generazione di residui solidi provenienti dalla demolizione delle celle elettrolitiche.
L'industria ha realizzato notevoli progressi nella riduzione di tali emissioni: esse sono state ridotte da 4 a 10 volte negli ultimi 15 anni, a seconda del tipo di emissione o processo considerati.

**Descrizione del processo di produzione, degli eventuali sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili anche con riferimento alle analisi comunitarie descritte nel BRef**

L'energia elettrica costituisce uno dei principali fattori di costo per la produzione di alluminio primario. Anche per tale motivo, l'industria europea dell'alluminio ha fatto degli sforzi considerevoli per ridurre il consumo di elettricità, scendendo da 17 kWh/kg di prodotto nel 1980 a circa 15 kWh/kg nel 1998-2000. La produzione e raffinazione dell'alluminio secondario richiedono molta meno energia e consumano meno del 5% dell'energia necessaria per produrre alluminio primario.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

Il settore dell'alluminio primario si può suddividere in due macro settori:

- produzione di allumina dalla bauxite, mediante processo Bayer (trattato nel capitolo precedente di questo documento);
- riduzione dell'allumina attraverso un processo elettrolitico per la produzione di alluminio.

*Produzione di Alluminio con Processo Elettrolitico*

In Italia la produzione dell'alluminio per via elettrolitica avviene con un ciclo integrato che include all'interno dello stesso sito i seguenti processi:

- elettrolisi;
- fonderia per la raffinazione e la colata del metallo liquido;
- produzione degli anodi utilizzati in elettrolisi.

Elettrolisi

Il processo prevede l'ottenimento di alluminio attraverso una riduzione elettrolitica dell'ossido di alluminio (allumina), disciolta in un bagno fuso composto principalmente da criolite, ad una temperatura di circa 960°C.

Il processo di riduzione dell'allumina avviene all'interno di celle elettrolitiche collegate in serie ad un generatore di corrente continua. La corrente, in ogni cella, passa dall'anodo al catodo attraverso il bagno, e di qui, attraverso barre conduttrici di collegamento, alla cella successiva.

Le celle elettrolitiche sono costituite da vasche rettangolari in acciaio, con un rivestimento di mattoni refrattari e isolanti su cui è disposta una suola di grafite e/o carbone amorfo che funziona da catodo e da anodi di carbone sospesi ad una barra conduttrice. Le celle contengono un elettrolita fuso, nel quale avviene la dissoluzione dell'allumina, costituito da una miscela di criolite ($Na_3AlF_6$) con additivi (il più comune è il $AlF_3$) utilizzati per mantenere la temperatura della cella elettrolitica a valori accettabili (940-980°C). Nelle celle ad anodi precotti, l'anodo è costituto da blocchi rettangolari di carbone immersi nel bagno fuso fin quasi a contatto con il fondo della cella (la distanza interpolare è di pochi centimetri). La corrente elettrica che attraversa il bagno fuso consente di mantenere la temperatura ai valori desiderati per effetto Joule.

L'allumina viene aggiunta con regolarità al bagno per mantenere la concentrazione desiderata.

L'alluminio liquido si deposita al catodo (sul fondo della cella) mentre l'ossigeno che si libera all'anodo reagisce con questo producendo CO e $CO_2$. Gli anodi di carbone sono pertanto continuamente consumati durante il processo e vanno sostituiti con regolarità.

L'alluminio fuso raccolto sul fondo delle celle viene estratto periodicamente e trasferito ai forni in fonderia per le successive fasi di raffinazione e colata.

I sistemi di celle variano a seconda della tipologia di anodo e del metodo utilizzato per alimentare l'allumina. Le principali tecnologie di celle elettrolitiche, per quanto attiene al tipo di anodo, sono la Soderberg e la Prebake (anodi precotti).

Nella cella "Prebake" gli anodi vengono prodotti in un impianto indipendente a partire da una miscela di coke di petrolio calcinato e di pece di catrame (coal tar pitch) che

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

viene compressa e formata in blocchi, successivamente cotti in speciali forni di cottura in un impianto separato. La produzione di anodi è spesso un processo integrato con la produzione elettrolitica dell'alluminio.
A seconda del sistema di alimentazione dell'allumina le celle Prebake possono essere ad alimentazione centrale o laterale, rispettivamente CWPB e SWPB.
La cella Prebake con alimentazione centrale (CWPB), più moderna e considerata BAT, è l'unica tecnologia attualmente in uso in Italia per la produzione elettrolitica di alluminio primario.
Le celle hanno solitamente un sistema di cappe di chiusura che consente di massimizzare l'aspirazione dei gas emessi durante il processo elettrolitico.
Un sistema di aspirazione raccoglie i gas di processo per convogliarli ad un sistema di adsorbimento su allumina per rimuovere HF, fluoruri e residui di catrame. Tale sistema di abbattimento non è viceversa particolarmente efficace per la rimozione della $SO_2$.
L'allumina esausta recuperata mediante filtri a maniche è riciclata alle celle.
Il catodo non si consuma ma si deteriora col tempo cosicché a intervalli regolari i catodi devono essere sostituiti. I residui della demolizione delle celle sono conosciuti come SPL (spent pot linings).
L'alluminio liquido proveniente dalle celle viene trasferito in fonderia per le successive fasi di raffinazione e colata.

Raffinazione (Fonderia)
Il metallo è trattato per rimuovere le impurezze come l'idrogeno e le particelle di ossidi di sodio, magnesio e calcio. Il trattamento viene condotto mediante un'iniezione di un gas all'interno del metallo fuso nel forno o in linea durante il trasferimento del metallo liquido alla colata. Il gas applicato varia in funzione delle impurezze presenti: l'argon e l'azoto vengono usati per rimuovere l'idrogeno ovvero miscele di cloro, argon e azoto per rimuovere le impurezze metalliche. Inoltre, $AlF_3$ è usato per rimuovere il magnesio. Infine, prima della colata il metallo viene filtrato.
Le leghe di alluminio vengono prodotte nel forno mediante l'aggiunta del metallo richiesto (Ti, Cr, Fe, Mn, Ni). In questa fase si producono schiumature (residui con alto contenuto di alluminio) che vengono rimosse dalla superficie del metallo fuso e riciclate solitamente nell'industria dell'alluminio secondario.

Colata (Fonderia)
Dai forni vengono prodotti (mediante colata del metallo fuso) pani, billette, placche, T-bars attraverso apparecchiature per la colata verticale, con utilizzo di acqua di raffreddamento.

Produzione degli Anodi precotti (prebaked - PB)
In Italia la produzione degli anodi precotti (Prebaked – PB) viene effettuata in impianti integrati con gli impianti di elettrolisi, mentre la produzione dei catodi viene effettuata da soggetti specializzati in impianti dedicati a tale scopo, al di fuori dei siti in cui avviene la produzione elettrolitica dell'alluminio.
Gli anodi precotti sono composti da una miscela di coke di petrolio, pece (14-16%) e materiale residuale di anodi usati (resti anodici).
La loro produzione prevede tre fasi di lavoro: la Formatura, la Cottura e l'assemblaggio (Rodding).

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

*Formatura*

La produzione di anodi inizia con le operazioni di macinazione, vagliatura e miscelazione della materia prima. Il coke di petrolio ed i resti anodici, ridotti alla granulometria desiderata, vengono dosati e preriscaldati, quindi miscelati con la pece liquida o solida. L'impasto prodotto viene inviato ad una macchina dosatrice e poi ad una pressa (vibrante od idraulica), che compatta la miscela in blocchi sagomati, gli anodi verdi. L'anodo, una volta prodotto a circa 120°C, viene raffreddato prima delle successive manipolazioni.

*Cottura*

Gli anodi verdi vengono cotti in forni contenenti un numero elevato di camere in cui sono alloggiati gli anodi stessi. Le camere sono separate da un muro costituito da mattoni refrattari ed in essi sono presenti dei condotti per il passaggio dei gas di combustione. Gli anodi vengono impilati nel forno, intervallati da strati di materiale di imbottitura (solitamente coke) per prevenire ossidazioni. Il materiale di imbottitura è consumato durante i cicli di riscaldamento e di raffreddamento con una velocità di 12-35 kg per tonnellata di anodo, il materiale di imbottitura rimanente viene riutilizzato. In qualsiasi momento le camere, in sezioni distinte del forno, possono essere riempite, riscaldate, raffreddate o svuotate.

Il ciclo di cottura prevede una fase di aumento della temperatura fino al valore massimo di 1200 °C, una fase di mantenimento della temperatura massima ed una fase di raffreddamento.

Durante il riscaldamento avviene la distillazione della pece che lega i granelli di coke di petrolio; si ottengono così elettrodi di carbonio con elevate caratteristiche meccaniche, elettriche e di resistenza all'attacco chimico.

C'è una perdita del 5% in peso durante la cottura e la durata del processo è approssimativamente 15-21 giorni.

*Assemblaggio (Rodding)*

In questa fase vengono anche effettuati il ricondizionamento delle stanghe costituenti gli elementi anodici portacorrente, provenienti dal reparto elettrolisi con il resto anodico, il distacco dello stesso resto anodico , la pulizia del supporto e l'assemblaggio del nuovo anodo, mediante colata di ghisa in corrispondenza all'elemento anodico portacorrente.

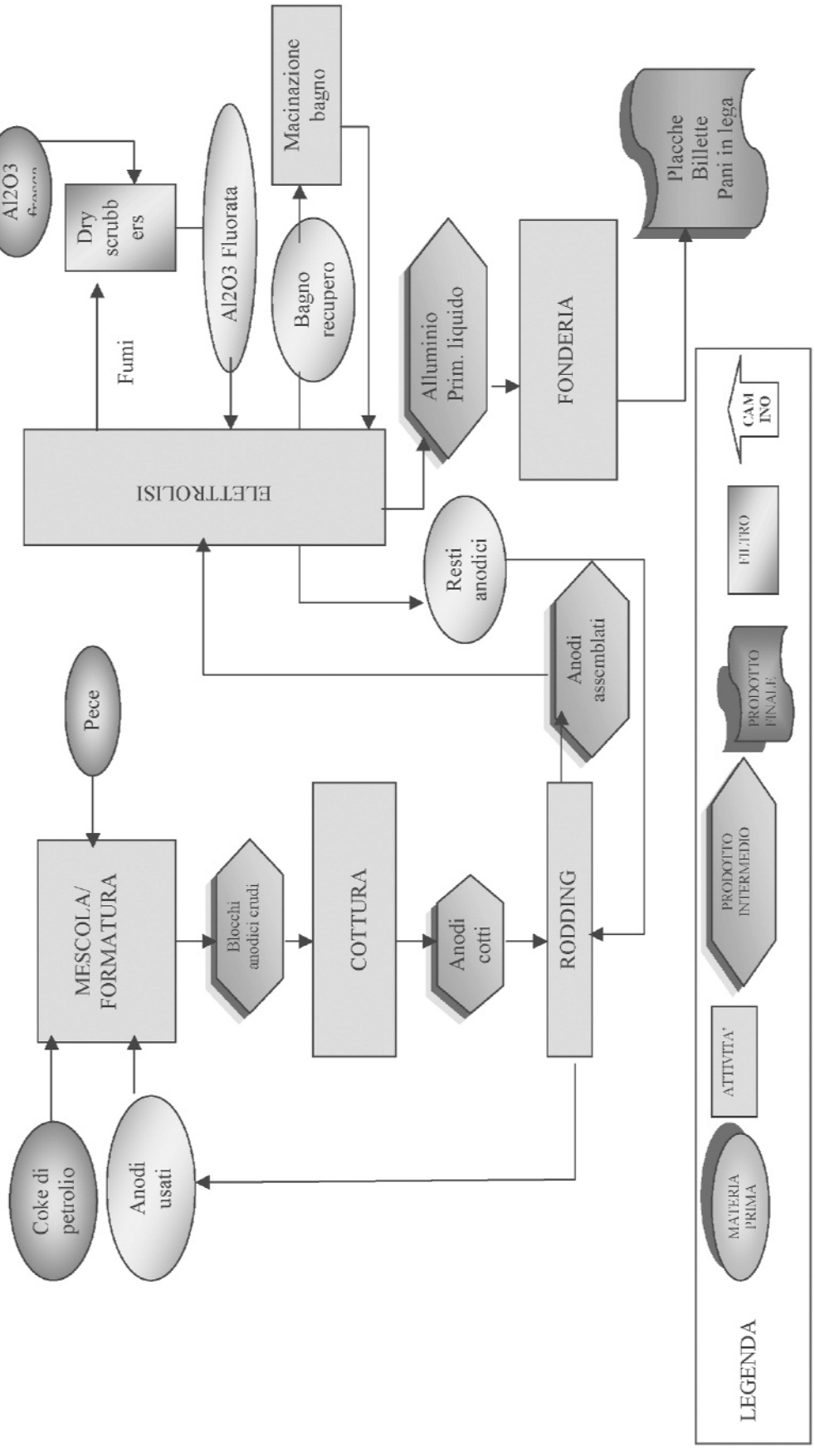
Durante il processo elettrolitico gli anodi sono infatti soggetti a consumo e pertanto devono essere sostituiti. I residui degli anodi estratti dalle celle (circa il 20% dell'anodo originale) vengono riutilizzati in formatura, così come vengono riutilizzate le aste, eventualmente dopo manutenzione.

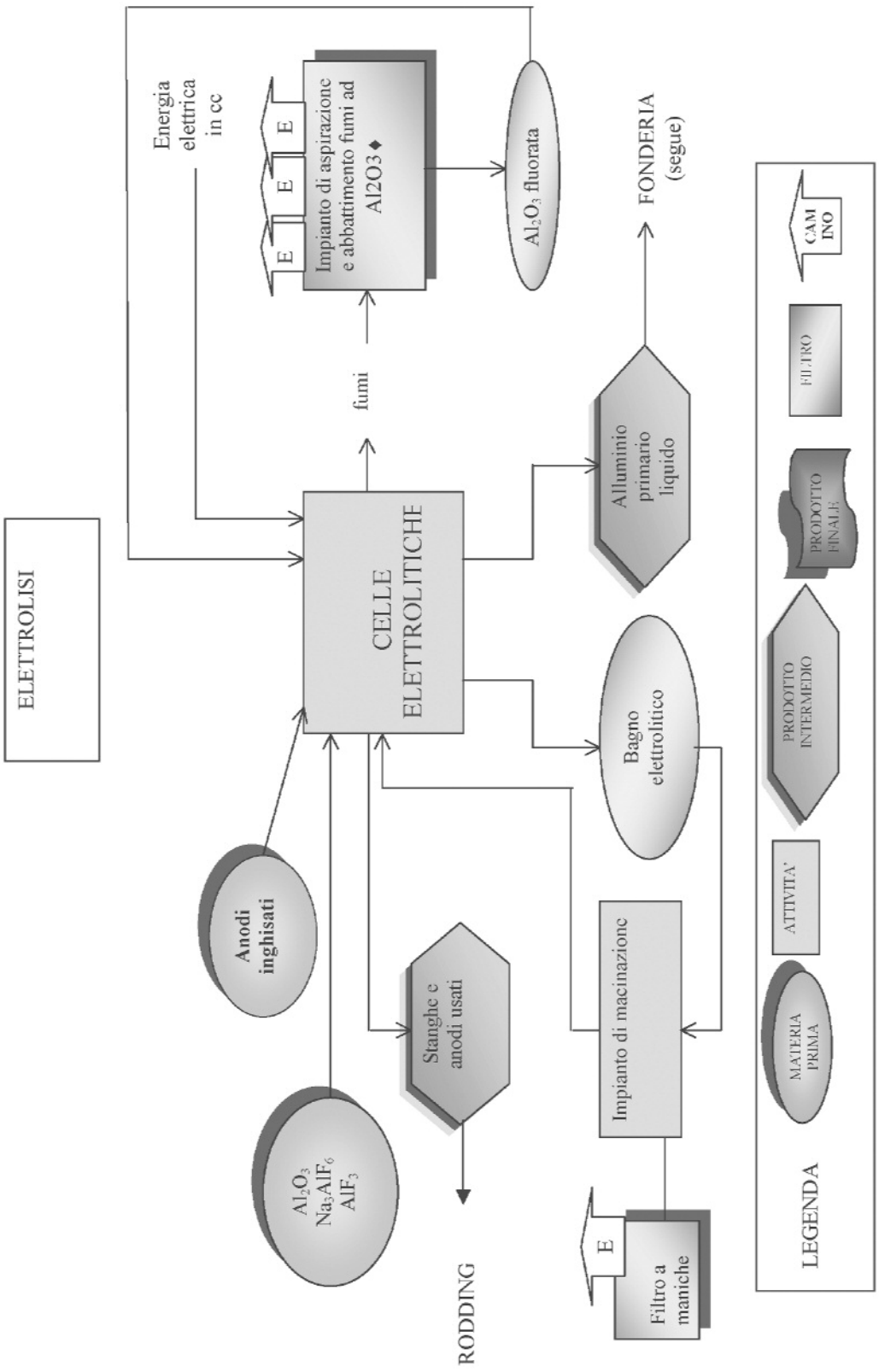
---

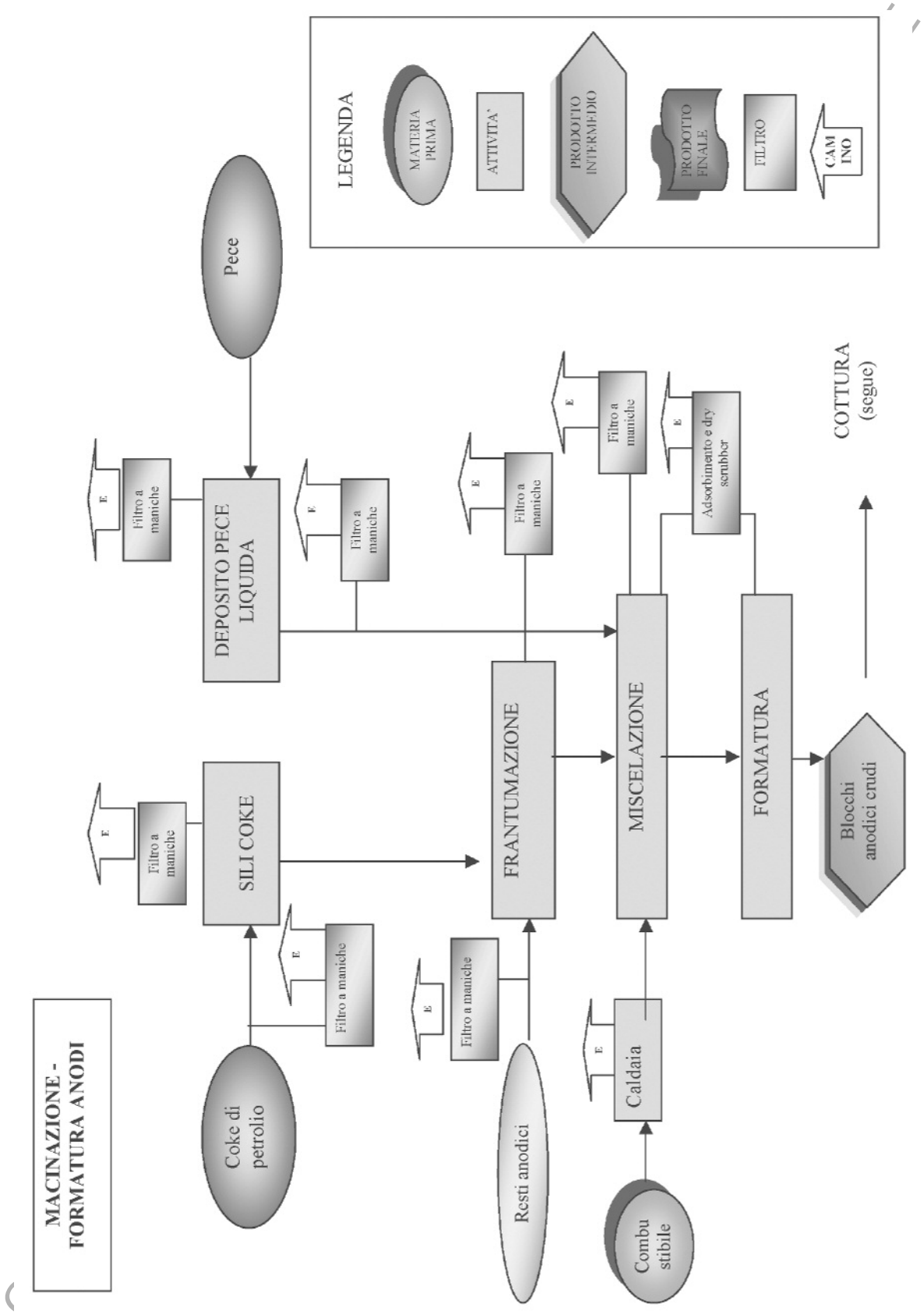
Un esempio delle attività sopra descritte è illustrato nei diagrammi di flusso seguenti.

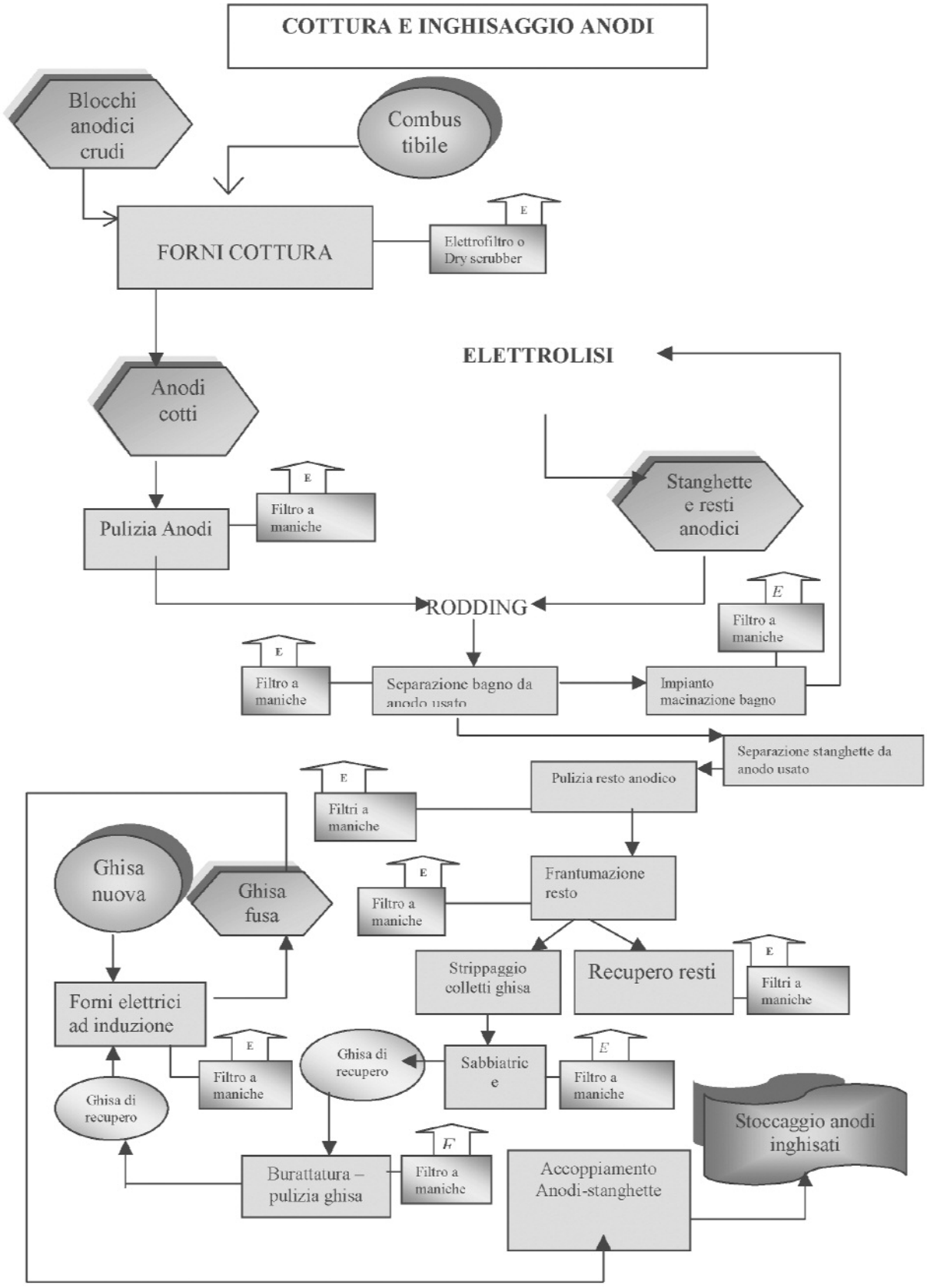
COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

**Ciclo integrato per la produzione elettrolitica dell'alluminio**




ELETTROLISI
Energia elettrica in cc
CELLE ELETTROLITICHE
fumi
E
E
E
Impianto di aspirazione e abbattimento fumi ad Al2O3 ◆
$Al_2O_3$ fluorata
Alluminio primario liquido
FONDERIA (segue)
Bagno elettrolitico
Anodi inghisati
$Al_2O_3$ $Na_3AlF_6$ $AlF_3$
Stanghe e anodi usati
RODDING
Impianto di macinazione
E
Filtro a maniche
LEGENDA
MATERIA PRIMA
ATTIVITA'
PRODOTTO INTERMEDIO
PRODOTTO FINALE
FILTRO
CAM INO

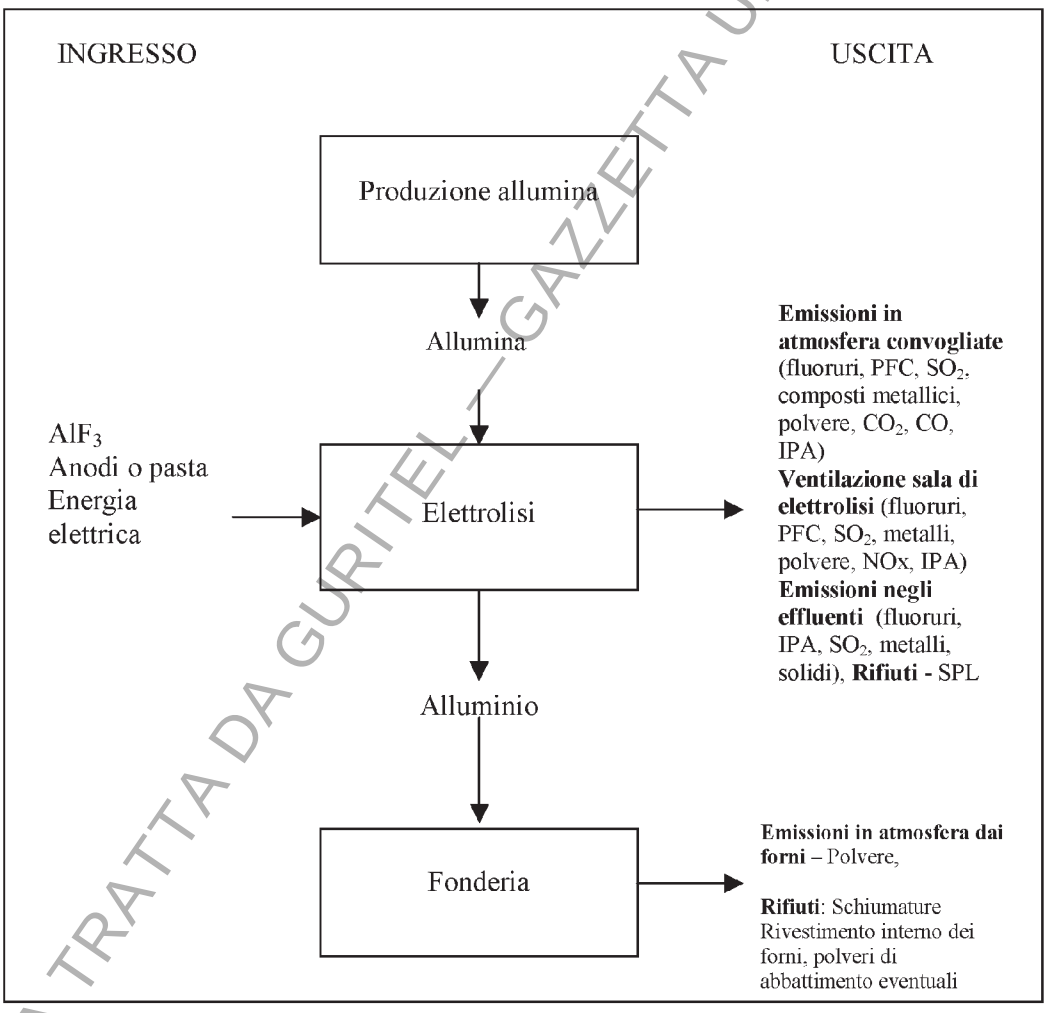

MACINAZIONE - FORMATURA ANODI
LEGENDA
MATERIA PRIMA
ATTIVITA'
PRODOTTO INTERMEDIO
PRODOTTO FINALE
FILTRO
CAMINO
Pece
Coke di petrolio
Resti anodici
Combustibile
DEPOSITO PECE LIQUIDA
SILI COKE
FRANTUMAZIONE
MISCELAZIONE
FORMATURA
Caldaia
Blocchi anodici crudi
COTTURA (segue)
E
Filtro a maniche
Adsorbimento a dry scrubber


COTTURA E INGHISAGGIO ANODI
Blocchi anodici crudi
Combus tibile
FORNI COTTURA
E
Elettrofiltro o Dry scrubber
ELETTROLISI
Anodi cotti
Stanghette e resti anodici
E
Filtro a maniche
Pulizia Anodi
RODDING
E
Filtro a maniche
Separazione bagno da anodo usato
Impianto macinazione bagno
Separazione stanghette da anodo usato
Pulizia resto anodico
E
Filtri a maniche
Ghisa nuova
Ghisa fusa
E
Filtro a maniche
Frantumazione resto
Strippaggio colletti ghisa
Recupero resti
E
Filtri a maniche
Forni elettrici ad induzione
E
Filtro a maniche
Ghisa di recupero
Sabbiatric e
E
Filtro a maniche
Ghisa di recupero
Stoccaggio anodi inghisati
Burattatura – pulizia ghisa
F
Filtro a maniche
Accoppiamento Anodi-stanghette

*Livelli di consumo e di emissione*

Oltre alla $CO_2$ intrinsecamente legata al processo, ci sono potenziali emissioni in atmosfera di polveri, $SO_2$, HF, fluoruri come particolato, CO, PFC e IPA, provenienti dal sistema di captazione dei gas di processo dalle celle e dal sistema di ventilazione della sala di elettrolisi. Ci sono anche potenziali emissioni di polvere, metalli, cloruri e prodotti di combustione dai forni utilizzati in fonderia per la raffinazione e la colata del metallo.
Anche in assenza di sistemi di abbattimento ad acqua, attraverso il sistema di raccolta e scarico delle acque meteoriche ci possono essere emissioni di particolati, $SO_2$, fluoruri e IPA. La principale sorgente di rifiuti solidi dell'elettrolisi è costituita dalle SPL.

Il seguente diagramma mostra le entrate e le uscite della produzione di alluminio primario:




COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

Per quanto riguarda le rese di produzione, sono richieste circa 2 tonnellate di bauxite per produrre 1 tonnellata di allumina, che a sua volta produce circa 0.53 tonnellate di alluminio. Il consumo degli anodi di carbone, nelle celle prebake, è di circa 0.4-0.45 tonnellate di carbone per tonnellata di alluminio prodotto.

Il processo di elettrolisi richiede un consumo energetico elevato che è di circa 53 GJ/ton di alluminio per le migliori celle CWPB (inclusa la produzione dell'anodo). L'energia elettrica per il processo elettrolitico è di circa 13.2 – 15.5 kWh/tAl prodotto.
Il consumo energetico totale (comprensivo di perdite ed impianti ausiliari) è di circa 14.0 – 16.5 kWh/tAl prodotto.
La produzione di alluminio da metallo riciclato consente un consumo energetico pari al solo 5% dell'energia richiesta nella produzione di alluminio primario.

*Emissioni in atmosfera: sala di elettrolisi*

Captazione dei gas di processo (Prebake)
Le celle CWPB (PB centrali, le uniche presenti in Italia) sono completamente chiuse e hanno un sistema d'estrazione dei fumi. L'efficienza di captazione dei gas varia dal 95 al 99% a seconda del dimensionamento del sistema d'estrazione, dell'efficacia della copertura della cella e della disposizione dei sistemi d'estrazione e filtrazione. L'efficienza di captazione dipende anche dalla capacità d'estrazione, dal progetto delle coperture e dalle buone pratiche operative che minimizzino la contemporanea apertura delle coperture. Le cappe aperte o le cappe che non siano a tenuta permettono l'ingresso di aria all'interno del sistema d'estrazione e pertanto riducono l'efficienza d'estrazione nelle celle rimanenti.

Le emissioni non convogliate dalla sala di elettrolisi sono significative. In Scandinavia, per la tecnologia Soderberg che ha emissioni di sala più significative, per rimuovere i fluoruri e gli IPA dai gas di ventilazione della sala di elettrolisi vengono a volte usati sistemi di abbattimento ad umido come il lavaggio con acqua di mare. L'utilizzo di tali sistemi è controverso dal punto di vista di un bilancio ambientale generale perché essi implicano il trasferimento del carico inquinante dalla fase gassosa alla fase liquida e un forte carico energetico. Le celle CWPB (PB centrali) sono in genere le più efficaci nella captazione dei gas, ma necessitano di una buona progettazione e di buone procedure di esercizio e manutenzione.

In tabella seguente si riporta la concentrazione di alcuni inquinanti presenti nei gas di processo emessi dalle celle.

**Concentrazioni dei gas non trattati, presenti nella cella dell'alluminio primario.**

| **Tipo di cella** | **Fluoruri totali mg/Nm$^3$** | **Polvere mg/Nm$^3$** | **$SO_2$ mg/Nm$^3$** |
|---|---|---|---|
| VSS Søderberg (non presente in Italia) | 700-1700 | 500-1800 | 500-2000 |
| Prebake coperte | 75-500 | 150-50 | 50-400 |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

Fluoruri

Sono emessi sotto forma di gas e particolato durante il processo elettrolitico. Il principale inquinante emesso (50-80%) è l'HF gassoso mentre il resto è costituito da fluoruri solidi. L'HF si forma dalla reazione di fluoruro di alluminio e criolite con l'idrogeno. Nei moderni forni si lavora con un eccesso stechiometrico (fino al 12-13%) di $AlF_3$. Nel corso degli anni si è pertanto rilevato un incremento nella generazione dei fluoruri e la captazione dei gas è diventata sempre più importante.

I fluoruri totali generati nelle celle variano tra i 20 e i 40 kg di F/ton di alluminio prodotto. Con un'efficienza di captazione dei gas maggiore del 98% e una efficienza di abbattimento variabile dal 99,5 al 99,9% (per i sistemi a secco), nel migliore dei casi si possono ottenere emissioni al camino, dopo abbattimento, comprese tra i 0,02 e i 0,2 kg di F/ton di alluminio. L'allumina utilizzata per l'abbattimento dei fluoruri viene normalmente raccolta mediante filtri a manica o in un precipitatore elettrostatico e successivamente riusata nelle celle elettrolitiche. I fluoruri adsorbiti nell'allumina formano fluoruro d'alluminio e fluoruro di sodio (dopo reazione con l'ossido di sodio presente nell'allumina) e contribuiscono alla quantità di criolite presente nel bagno delle celle. Le emissioni non catturate vengono emesse attraverso il sistema di ventilazione dalla sala di elettrolisi . Queste emissioni possono valere 0,4-0,8 kg/ton di alluminio (come calcolato da PARCOM, 1997) portando il fluoro totale a valori di 0.4-1.0 kg F/tAl circa.

PFC

I PFC (polifluorocarburi) si formano durante l'effetto anodico (EA) e si ritrovano sotto forma di tetrafluormetano ($CF_4$) e di esafluoroetano ($C_2F_6$) in un rapporto $CF_4/C_2F_6$ approssimativamente di 10/1. I PFC non possono essere rimossi dai gas con le tecnologie esistenti. L'effetto anodico si verifica quando il contenuto di allumina scende sotto l'1-2% e un film di gas si forma attorno all'anodo: questo fatto ferma la produzione e fa aumentare il voltaggio delle celle da 4-5 a 8-50 Volts. I fattori che influenzano la generazione di PFC sono la frequenza e la durata dell'effetto anodico e la corrente nelle celle. Il controllo del voltaggio delle celle e l'aggiunta di allumina sono il maggior fattore di controllo dell'effetto anodico.

Le emissioni dei PFC nei moderni impianti possono essere minimizzate dall'utilizzo di un'alimentazione semicontinua di allumina (point feeding) e da un attento controllo di processo. Questi impianti possono operare in condizioni operative tali da ottenere emissioni tra 0,02 e 0,1 kg di PFC/t di alluminio prodotto corrispondenti a frequenze di effetti anodici pari a 0.1-0.5 EA per cella per giorno.

Catrame e IPA

Le emissioni di catrame e IPA durante la elettrolisi sono trascurabili per impianti PB. Quantità molto piccole di catrame e IPA possono essere emesse da un limitato numero di impianti PB che utilizzino pasta di carbone come materiale di collegamento per l'asta dell'anodo (tecnologia non applicata in Italia) e per i collari di protezione dei nippli anodici. Misure effettuate durante il preriscaldo delle celle indicano che le quantità sono trascurabili.

Una sorgente di catrame e IPA è costituita dal processo di preparazione anodi, realizzato in una unità separata negli impianto PB.

COPIA TRATTA DA GURITEL - GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

Composti dello zolfo

Gli anodi correntemente usati hanno un contenuto di zolfo compreso tra 1 e 3%. Lo zolfo reagisce con l'ossigeno e si ritrova nelle emissioni come biossido di zolfo o come COS. Le emissioni di biossido di zolfo possono stare nel range di 8-30 kg/ton di alluminio prodotto, basato su un consumo dell'anodo pari a 0,4 tonnellate per tonnellata di alluminio prodotto e sui contenuti di S nel coke sopracitati. La quota parte di COS presente corrisponde a circa il 10% dello S presente nell'anodo.

Le emissioni di $SO_2$ attraverso il sistema di ventilazione sono di 0,2-0,6 kg per tonnellata di alluminio prodotto equivalente ad una concentrazione di 0,1-3 mg/$Nm^3$. Le emissioni che provengono dal sistema di captazione gas di processo delle celle sono di 50-400 mg/$Nm^3$ in assenza di abbattimento a umido e di 5-40 mg/$Nm^3$ dopo l'eventuale abbattimento a umido.

Polveri

L'allumina e la criolite sono le principali fonti di emissione di polveri durante l'elettrolisi. La polvere totale dipende dal tipo di processo applicato e dal tipo di allumina e in genere si ha un range di 0,6-10 kg per tonnellata di alluminio prodotto. Le concentrazioni tipiche di emissioni attraverso il sistema di ventilazione della sala di elettrolisi sono di 0,5-5 mg/$Nm^3$. Le emissioni delle polveri provenienti dal sistema di aspirazione delle celle sono di 150-500 mg/$Nm^3$ prima dell'abbattimento e di 1-20 mg/$Nm^3$ dopo l'abbattimento.

Le operazioni di colata in fonderia rappresentano un'altra fonte potenziale di emissione di polveri (e metalli) e i fumi della fonderia vengono normalmente captati e, se necessario, trattati. Gli studi effettuati per rilevare la presenza di diossine nelle fonderie a servizio degli impianti di elettrolisi, hanno rilevato dei livelli di emissioni irrilevanti e comunque al di sotto di 1 g/anno.

Metalli

I metalli si trovano come tracce nell'allumina e nel fluoruro d'alluminio e possono essere emessi durante l'elettrolisi. Il tellurio viene estratto durante la produzione dell'allumina in un insediamento europeo, mentre altri metalli volatili possono anche essere presenti nelle emissioni della sala di elettrolisi e della fonderia.

Ossidi di azoto

Gli ossidi di azoto sono prodotti durante l'elettrolisi per il contenuto di azoto nell'anodo che, ossidandosi, si trasforma in $NO_x$. L'azoto contenuto nell'anodo generalmente è dello 0,2-0,4%. Quando l'azoto è completamente convertito in $NO_x$, le emissioni possono essere di 0,5-2 kg di $NO_2$/ton. di alluminio prodotto (concentrazione di 5-20 mg/$Nm^3$ al camino).

Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio (CO) si libera durante l'elettrolisi; la reazione ($2Al + 3CO_2 \rightarrow Al_2O_3 + 3CO$) tra l'alluminio metallico (dissolto nell'elettrolita) e la $CO_2$ prodotta all'anodo abbassa l'efficienza delle celle elettrolitiche. Nelle celle moderne la generazione di CO prima della riossidazione in $CO_2$ è di 100–150 kg/t di alluminio prodotto. La produzione di CO aumenta durante l'effetto anodico, ma una volta emesso viene rapidamente riossidato a $CO_2$.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

Biossido di carbonio

Il biossido di carbonio ($CO_2$) si forma durante l'elettrolisi attraverso la reazione tra il carbone dell'anodo e l'ossigeno liberatosi durante il processo di elettrolisi e una reazione secondaria con l'aria. Un impianto PB efficiente consuma circa 0,4 tonnellate di carbone anodico per tonnellata di alluminio prodotto, corrispondente a circa 1,7 tonnellate di $CO_2$ per tonnellata di alluminio prodotto.

Riepilogo delle principali emissioni in atmosfera (Elettrolisi)

Le principali emissioni in atmosfera connesse alla produzione di alluminio primario, sono riportate nella tabella che segue, che riassume anche in base a dati di letteratura tecnica la loro significatività, le principali sorgenti ed i comuni range.

| **Principali emissioni in atmosfera dei processi di produzione dell'alluminio primario** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Componente** | **Flusso convogliato dei gas, al camino, proveniente da celle Pre Bake** | **Sistema di ventilazione** | **Fusione** | **Raffina-zione** | **Colata** | **Degas-sing** |
| Fluoruri gassosi (HF) (kg/ton Al) | • 0.15-2.0 | ••• 0.4-0.8 | | • | | • (cloruri gassosi) |
| Fluoro totale (kg/ton Al) | • 0.3-4.0 | ••• | | | | |
| PFC ($CF_4/C_2F_6$) (kg/ton Al) | ••• 0.02-1.0* | • | | | | |
| Catrame ed IPA (B(a)P) (g/ton Al) | • ** | •• ** | | | | |
| $SO_2$ e composti di zolfo **(senza scrubber)** (kg/ton Al) | •• 10-30 | 0.2-0.6 | | | | • |
| $SO_2$ e composti di zolfo (con wet scrubber) *** (kg/ton Al) | •• 1.0-3.5*** | | | | | |
| Polvere (kg/ton Al) | • 0.6-7 | • | | | • | • |
| Metalli | • | • | | | • | |
| NOx (kg/ton Al) | • 0.5-2 | | | | | |
| $CO_2$ (ton/ton Al) | •• 1.4-1.6 | • | • | | | • |

Note:

* Negli impianti PB più moderni.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

** Il catrame e gli IPA riguardano i processi Prebake con un processo di produzione anodi integrato .

*** In Scandinava, con celle tipo Soderberg, generalmente si usa un wet scrubber dopo un dry scrubber per rimuovere la $SO_2$, di solito associato all'impiego di acqua mare come fluido di lavaggio

••• Livelli più significativi …….. • Livelli meno significativi

.

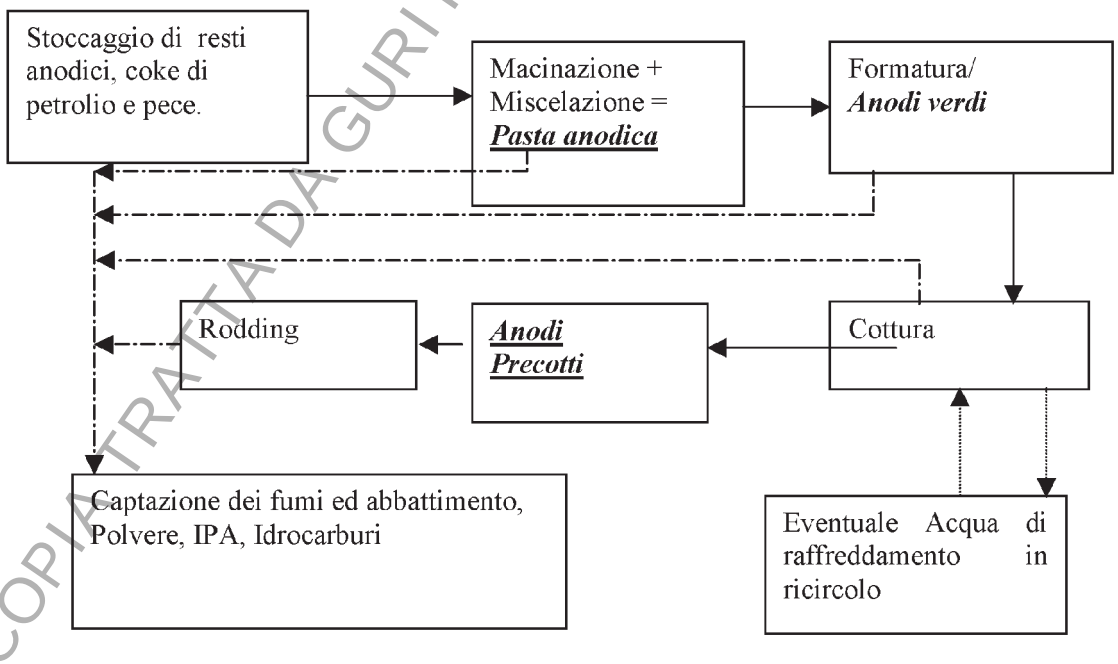
Gas Serra

Il contributo all'effetto serra, attribuibile alla produzione di alluminio primario nei processi PB, risulta dalla generazione di $CO_2$ o $CO_2$ equivalente, sia come emissione intrinseca durante il processo elettrolitico (combustione degli anodi ed effetto anodico) che come prodotto di combustione di fuel per la produzione di allumina e per la generazione di energia elettrica da combustibili fossili.

La generazione di PFC è stata considerevolmente ridotta negli ultimi 10 anni attraverso un progressivo miglioramento del controllo di processo e della frequenza e durata degli effetti anodici: a livello europeo globale i calcoli mostrano una riduzione complessiva da 15 milioni di t di $CO_2$ equivalente nel 1990 a meno di 6 milioni di $CO_2$ equivalente nel 2000.

*Emissioni in atmosfera: produzione anodi*

Circa il 40% della pece usata come legante dell'impasto anodico viene volatilizzato durante la cottura e più del 95% degli idrocarburi volatili vengono bruciati dalle alte temperature presenti nei forni. Saranno pertanto presenti delle emissioni residuali di idrocarburi e di IPA. I potenziali punti di emissioni dai diversi processi sono riportati nello schema seguente.




COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

I gas generati dai forni vengono trattati alternativamente con lavaggi ad umido, abbattimenti a secco con utilizzo di coke, post-combustori e precipitatori elettrostatici ad umido. Nel caso in cui la produzione anodi sia integrata con la produzione elettrolitica di alluminio, l'abbattimento può avvenire attraverso contatto con allumina in un sistema di filtri a maniche. La polvere generata dai processi meccanici e dal trasporto viene captata con dei filtri a manica.

L'energia iniziale per la produzione di anodi è di circa 2300 MJ per tonnellata di prodotto, valutata in funzione del combustibile utilizzato.

COV, idrocarburi e IPA

Si possono avere emissioni di idrocarburi durante la movimentazione pece, la miscelazione e la cottura. La pece contiene inoltre degli IPA, che rappresentano un importante aspetto ambientale. Nei moderni impianti, le emissioni di sostanze organiche dalla miscelazione e dalla cottura, sono abbattute in sistemi di trattamento con filtri a maniche che utilizzano come "reagente" allumina o coke, poi reimmessi in ciclo. Alternativamente vengono usati post-combustori e precipitatori elettrostatici ad umido, in funzione della complessità del sito e dalla capacità produttiva.

Polvere

L'emissione di polvere avviene durante tutte le fasi del processo (stoccaggio, trasferimento, miscelazione, macinazione e cottura). I metodi di abbattimento sono influenzati dalle caratteristiche delle polveri che possono essere molto fini ed abrasive.

Gas di combustione

Ci sono potenziali emissioni di ossidi di carbonio ed ossidi di zolfo ed azoto. In funzione delle caratteristiche del sito, si possono ridurre le emissioni con l'ottimizzazione delle condizioni di combustione, l'uso di bruciatori a bassa emissione di $NO_x$ e con la scelta del combustibile.

$SO_2$

Lo zolfo è contenuto nelle materie prime e talvolta nel combustibile, di conseguenza l'$SO_2$ viene emesso in quantità variabili da 0.5 (gas) a 2 kg (olio combustibile) per tonnellata di alluminio in funzione del tipo di combustibile. Tali emissioni sono comunque molto inferiori rispetto ai valori di $SO_2$ generato durante l'elettrolisi.

Fluoruri (produzione di anodi da resti anodici)

I fluoruri sono emessi quando anodi esauriti (leggermente contaminati da fluoruri) provenienti dall'elettrolisi sono utilizzati nella miscela per la produzione di anodi. L'emissione di fluoruri dalla cottura degli anodi è irrilevante (in presenza di impianto di abbattimento) e corrisponde circa all'1% di quella generata in elettrolisi.

Diossine

Nella fabbricazione degli anodi l'emissione di diossine non è normalmente rilevata.

Riepilogo delle principali emissioni in atmosfera (Produzione Anodi)

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| **Significatività delle emissioni in atmosfera del processo di produzione anodi** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Componente** | **Magazzinaggio e manipolazione** | **Macinazione e triturazione** | **Miscelazione e formazione** | **Cottura** |
| $SO_2$ | | | | ••[1&2] |
| Alogenuri | • | • | • | • |
| Idrocarburi<br>IPA | •••[5]<br>•[6] | • | •• | ••• |
| Cianuri | | | | ••[4] |
| NOx | | | | ••[2] |
| Polvere | •• | ••• | •• | • |

••• Livelli di emissioni più significativi • Livelli di emissioni meno significativi

1 Con le materie prime che contengono zolfo
2 Gas di combustione
3 *N.A.*
4 Con fibre di carbone
5 Alte concentrazione durante la carica. Pitch solido.
6 Alte concentrazione durante la carica. Pitch liquido.

| **Intervalli di emissione per un numero di processi del carbonio e grafite** | | | |
|---|---|---|---|
| **Fonte** | **Tecnica di abbattimento** | **Inquinante** | **Intervallo di concentrazione** ($mg/Nm^3$) |
| **Deposito del materiale e manipolazione del coke** | Ciclone | Polvere | 20-150 |
| | Filtro a tessuto | Polvere | 1-90 |
| **Deposito del materiale e manipolazione della pece** | Back-Venting dei gas durante carico, Condensazione | Idrocarburi | 1-75 |
| **Macinazione e miscelazione** | Post-combustore | Polvere | 1-15 |
| | | Idrocarburi | 1-100 |
| | | IPA | 0.007-8.0 |
| | | Benzene | 0.06-0.25 |
| | Adsorbitore | Polvere | 1-50 |
| | | Idrocarburi | 19-150 |
| | | IPA | 0.1-1.0 |
| | Scrubber | Polvere | 10-50 |
| | | Idrocarburi | 20-150 |
| | | IPA | 0.1-1.0 |
| **Cottura** | PE adsorbitore | Polvere | 2.5-90 |
| | | Idrocarburi | 50-250 |
| | | IPA | 0.003-6 |
| | | Benzene | 1-11 |
| | Post-combustore – Ossidatore termico | Polvere | 1-40 |
| | | Idrocarburi | 2-17 |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| **Intervalli di emissione per un numero di processi del carbonio e grafite** | | | |
|---|---|---|---|
| **Fonte** | **Tecnica di abbattimento** | **Inquinante** | **Intervallo di concentrazione** ($mg/Nm^3$) |
| | convenzionale (CTO) | IPA | 0.003-0.2 |
| | | Benzene | 0.15-7.5 |
| | | $SO_2$ | 20-100 |
| | | NOx | 50-250 |
| | Lavaggio a secco (allumina-carbone/calce) | Polvere | <1-14 |
| | | Idrocarburi | 1-135 |
| | | IPA | 0.002-55 |
| | | Idrocarburi | 1-25 |

*Emissioni negli effluenti liquidi*

La produzione di alluminio primario è sostanzialmente un processo "a secco" senza produzione diretta di un effluente acquoso. Gli effluenti sono solitamente limitati ad acqua di raffreddamento e allo scarico di acque meteoriche.
Le acque meteoriche possono essere contaminate dallo stoccaggio all'aperto di materie prime o di residui solidi.

Rilasci globali dal processo elettrolitico nelle acque meteoriche sono i seguenti.

- Fluoruri (kg/tAl) 0 – 3.0
- Solidi sospesi (kg/tAl) 0 – 6.0
- IPA, (Bonheff 6) (g/tAl) 0 – 0.01

I principali flussi d'acqua individuabili sono essenzialmente due.

1. Le acque per il raffreddamento indiretto negli scambiatori di calore dell'impianto di conversione vengono approvvigionati con flusso continuo di acqua di mare, con portate sino a 1500 $m^3/h$ in funzione delle caratteristiche di temperatura richieste. Le acque vengono convogliate all'interno degli scambiatori di calore, in circuiti dedicati che impediscono il contatto con possibili fonti di contaminazione e, successivamente, scaricate in mare con caratteristiche del tutto simili a quelle dell'acqua prelevata, ad eccezione del parametro temperatura. Non si evidenzia pertanto alcuna necessità di trattamento.

2. Le acque dolci utilizzate per il raffreddamento del metallo durante le operazioni di colata in fonderia fanno parte di un circuito completamente separato dal precedente. L'approvvigionamento avviene tramite pozzi o da corpi idrici superficiali; dopo un pre-trattamento di grigliatura e sedimentazione (o filtrazione), tali acque vengono spruzzate direttamente sul metallo per il raffreddamento durante la colata. I consumi d'acqua possono variare in funzione del grado di apertura dei circuiti di raffreddamento con portate che variano dai 50 mc/h per il reintegro dell'evaporazione e degli spurghi nei circuiti chiusi ad oltre 500 mc/h per i circuiti completamente aperti che non prevedono il ricircolo delle acque. In entrambi i casi,

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

il contatto diretto col metallo non genera contaminazioni significative. Per i circuiti particolarmente chiusi, si può rendere necessario un trattamento di sedimentazione/ispessimento per i fanghi di controlavaggio dei filtri che trattano l'acqua di reintegro oppure un trattamento chimico/fisico degli spurghi del circuito, per eliminare solidi sospesi e tracce di metalli. In assenza di acque di reintegro sufficientemente prive di elementi salini, talvolta vengono realizzati dei trattamenti ad osmosi inversa per l'addolcimento delle acque di reintegro dei cicli chiusi, con conseguente generazione di flussi d'acqua concentrati in cloruri da inviare direttamente allo scarico a mare.

Anche la produzione di anodi è prevalentemente un processo a secco. Lo scarico di acque di processo è generalmente limitato alle acque di raffreddamento che, generalmente hanno un sistema separato.
L'acqua viene utilizzata per raffreddare gli anodi in uscita dalla formatura e dalla cottura, mediante contatto diretto. Generalmente i sistemi di raffreddamento sono a circuito chiuso con un eventuale trattamento chimico fisico degli spurghi per l'eliminazione dei solidi sospesi (principalmente carbone). I consumi d'acqua variano in funzione del grado di apertura del circuito di raffreddamento e le portate di punta possono variare dai 5 $m^3$/h ai 100 $m^3$/h.
Le acque di pioggia che dilavano i piazzali ed i tetti possono contenere carbone e solidi. Gli stoccaggi all'aperto di materie prime e di materiali solidi sono delle potenziali sorgenti di contaminazione. L'utilizzo di silos e sistemi di trasporto chiusi sono pratiche comuni che riducono le contaminazioni delle acque di pioggia.

*Produzioni di rifiuti solidi*

I principali residui della produzione dell'alluminio primario sono:
- le Spent Pot Lining (SPL) – 20-30 kg/tAl - derivanti dalla demolizione delle celle composte da due frazioni principali: la parte carboniosa ed il materiale refrattario;
- le schiumature dell'alluminio prodotte in fonderia.

La tabella che segue (tratta dal BRef comunitario) riporta un esempio di composizione tipica delle SPL.

| **Sostanza** | **Frazione carboniosa (primo taglio)** | **Materiale refrattario (secondo taglio)** |
|---|---|---|
| | Range (% peso) | |
| $Al_2O_3$ | 0-10 | 10-50 |
| C | 40-75 | 0- 35 |
| Na | 8-17 | 6- 18 |
| F | 10-20 | 4- 18 |
| CaO | 1-6 | 1-8 |
| $SiO_2$ | 0-6 | 10-50 |
| Alluminio metallico | 0-5 | 0 |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

| **Sostanza** | **Frazione carboniosa (primo taglio)** | **Materiale refrattario (secondo taglio)** |
|---|---|---|
| | Range (% peso) | |
| CN | 0.01-0.5 | 0-0.1 |
| CN, libero | 0-0.2 | 0-0.05 |

La demolizione della cella inizia in seguito alla messa fuori servizio della stessa da parte del reparto elettrolisi. La demolizione può avvenire direttamente nel raparto di elettrolisi o in un impianto dedicato. In alcuni casi, durante le operazioni di smantellamento, il materiale di risulta viene separato in funzione delle caratteristiche (i cosiddetti "primo taglio" a prevalente matrice carboniosa ed il "secondo taglio" a prevalenza di materiale refrattario). Al termine della demolizione viene collocato in cassoni o sui camion per il trasporto interno nell'area di deposito, previa verifica che i mezzi di trasporto siano asciutti, puliti e copribili, al fine di limitare al minimo la diffusione di polveri nell'ambiente. L'area di stoccaggio interna viene realizzata in funzione delle caratteristiche richieste per evitare la contaminazione del suolo, della falda e delle acque meteoriche e periodicamente deve essere ispezionata per verificare che non vi siano infiltrazioni d'acqua e/o rilasci di eventuale percolato. La movimentazione ed il trasporto verso lo smaltimento od il recupero viene effettuato mediante mezzi autorizzati al trasporto delle merci pericolose. Le possibili destinazioni finali sono svariate, dallo smaltimento in discarica a svariati riutilizzi in altri comparti industriali o all'utilizzo come comburente. Attualmente in Italia si privilegia il recupero delle SPL nell'ambito dell'industria dell'acciaio e del cemento.

Le schiumature sono residui con un alto contenuto di alluminio (30-80%) e vengono usate come materia prima nella produzione dell'alluminio secondario.

| **Quantità di residui dalla produzione dell'alluminio primario (tratta dal BRef comunitario)** | |
|---|---|
| **Fonte** | **Quantità (kg/ton alluminio)** |
| Schiumature | 15-25 |
| SPL | 20-30 |
| Altri residui pericolosi | 7-15 |
| Residui non pericolosi | 12-14 |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

**Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia**

In questo capitolo vengono riassunte sotto forma tabellare alcune delle tecniche che possono essere adottate per prevenire e ridurre le emissioni, la produzione di residui e rifiuti e per minimizzare i consumi energetici; tutte queste tecniche sono al momento disponibili e di seguito sono riportati alcuni esempi di applicazione.

Le tecniche applicabili possono derivare anche da altri settori come nel caso della riduzione di composti carboniosi o degli IPA; in ogni caso queste devono essere valutate caso per caso in quanto fortemente dipendenti dalla tipologia e disponibilità della materia prima utilizzata e dai processi in uso.

Inoltre, dato lo sviluppo relativamente recente dei processi di produzione primaria, bisogna considerare i miglioramenti realizzati nel campo dei sistemi di controllo operativo, di alimentazione materie prime o anche dei sistemi di contenimento ed abbattimento.

Nell'ottica di evitare ridondanze concettuali, maggiori dettagli su tali tecniche o informazioni specifiche sono state direttamente inserite nel capitolo relativo alle BAT.

*Modalità di Stoccaggio, movimentazione e pre-trattamento delle materie prime*

La tabella successiva riporta le tecniche adottate per le varie tipologie di materiali.

| **Stoccaggio, movimentazione e pre-trattamento per l'alluminio primario** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Materiale** | **Stoccaggio** | **Movimentazione** | **Pretrattamento** | **Note** |
| Allumina e coke | Aree coperte, silos | Nastri trasportatori coperti. Trasporto pneumatico | | |
| Combustibili, altri oli e pece | Serbatoio o fusti in aree confinate | Idonee tubazioni o sistemi manuali | Stoccaggio e tubazioni riscaldate | Ricircolo gas di movimentazione |
| Cloro o miscele contenenti cloro | Serbatoi a pressione omologati | Metodi riconosciuti | | |
| Prodotto finito (lingotti, placche, billette, ecc.) | Stoccaggio all'aperto | | | |
| Residui di processo da recuperare (es. schiumature) | Al coperto o al chiuso in funzione della produzione | Dipende dalle condizioni | | Le schiumature e le scorie devono stare all'asciutto . Idoneo sistema |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| Stoccaggio, movimentazione e pre-trattamento per l'alluminio primario | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Materiale** | **Stoccaggio** | **Movimentazione** | **Pretrattamento** | **Note** |
| | di polvere | | | di drenaggio |
| Rifiuti a smaltimento | Al coperto o in reparti chiusi, sigillato in fusti o container in funzione della pericolosità | Dipende dalle condizioni | | Idoneo sistema di drenaggio |

Le schiumature ed altri residui ricchi in metallo destinati a recupero all'esterno, dovrebbero essere raffreddati preferibilmente in atmosfera inerte e stoccati in ambiente asciutto, o comunque adatto alle caratteristiche del materiale.

*Fonderie associate alla produzione di alluminio primario*

Le modalità operative da utilizzare nelle fonderie associate alla produzione di alluminio primario, possono essere mutuate, per quanto applicabile, dalle BAT elaborate per la produzione di alluminio secondario, come ad esempio qualora la produzione di metallo venga integrata dalla rifusione di materiale di riciclo (rottami esterni).

I sistemi di fusione sono solitamente *forni a riverbero* le cui caratteristiche sono riportate nel capitolo dell'alluminio secondario.

Nel caso di impiego anche di rottami, in aggiunta al metallo elettrolitico le modalità operative da tenere presente per l'individuazione delle BAT sono ad esempio le seguenti:

- operare un approvvigionamento selettivo del rottame che consenta la disponibilità di materiale di qualità;
- operare ispezioni in ingresso sul materiale approvvigionato per eliminare situazioni di indesiderata contaminazione, ad esempio da olio;
- selezionare preventivamente il rottame, prima delle varie cariche;
- utilizzare cappe e sistemi di estrazione dei fumi per minimizzare le emissioni fuggitive.

Nei processi di raffinazione e colata nelle fonderie associate al primario sono previsti:

- utilizzo di miscele contenenti cloro, argon o azoto come agenti di degasaggio o per la riduzione del magnesio; in questo caso si potrebbe rendere necessaria la captazione e la depurazione dei fumi acidi prodotti;
- degasaggio e filtrazione del metallo liquido in linea utilizzando filtri ceramici.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

*Acque reflue e residui di processo*

La problematica delle acque reflue deve essere affrontata considerando le singole situazioni e necessità locali. Gli scarichi provenienti dal processo produttivo dovrebbero essere trattati per separare i solidi sospesi, gli eventuali oli e composti inorganici disciolti; in alcuni siti viene effettuato il riciclo delle acque di raffreddamento e di dilavamento dei piazzali.

Le tecniche che privilegiano il riutilizzo dei residui di processo devono essere considerate tecniche BAT.

*Considerazioni generali per la definizione delle MTD per il settore della produzione primaria di alluminio*

Prima di passare alla definizione delle migliori tecniche disponibili nel settore, è opportuno richiamare il lettore alla valutazione attenta dei criteri per la selezione ed adozione delle tecniche che sono rappresentati i un successivo capitolo di questo documento.

Nel settore dell'alluminio primario occorre considerare che ci si riferisce ad unità impiantistiche entrate in esercizio nei primi 70, quindi con una vita operativa ormai ultra trentennale, cui sono stati, nel tempo, apportati numerosi ammodernamenti a partire dagli anni 80, con l'attuazione progressiva delle migliori tecnologie all'epoca disponibili. Pertanto le rese ambientali ottenibili, pur collocandosi nella fascia medio-alta dell'intervallo di performance previsto, nonostante l'utilizzo di criteri gestionali moderni, non sempre raggiungono i valori estremi dell'intervallo di prestazione in impianti "state of the art" attuali.

*Movimentazione e stoccaggio delle materie prime*

Le tecniche BAT applicabili sono analoghe a quelle dell'alluminio secondario, a cui si rimanda.

*Produzione elettrolitica dell'alluminio*

Per la fase di produzione elettrolitica dell'alluminio primario è possibile definire una BAT in termini di processo. La tecnologia Prebake ad alimentazione centrale (CWPB), associata ad un sistema di alimentazione puntuale (point-feeding) dell'allumina, è considerata BAT per la produzione dell'alluminio.

Tale processo avrà le seguenti caratteristiche.

- Controllo di processo computerizzato basato su un data base delle celle attive e sul monitoraggio dei parametri operativi per minimizzare il consumo energetico e ridurre il numero e la durata degli effetti anodici. Il valore minimo di effetti anodici teoricamente raggiungibile è comunque funzione della tecnologia adottata e lo stesso BRef indica come intervallo raggiungibile, per le celle moderne, 0.1-0.5 AE/ giorno cella. Gli impianti italiani sono partiti negli anni '70 con valori tipici di progetto pari a 1 AE/giorno-cella e, attraverso investimenti tecnologici effettuati in passato, marciano attualmente stabilmente sotto il valore di 0.4 AE/giorno-cella. Ulteriori miglioramenti tecnologici che intervengano sulla stabilità del processo, già

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

sperimentati su altri impianti europei, ma non ancora in Italia, potrebbero portare a raggiungere il valore minimo (per celle di vecchia concezione sottoposte a continui ammodernamenti) pari a 0.2 AE/giorno-cella.

- Copertura completa delle celle, collegata ad un sistema indipendente di captazione e di abbattimento fumi (filtro). Utilizzo di dispositivi di copertura sufficientemente robusti e velocità di estrazione adeguata. Stoccaggio in ambiente chiuso dei resti anodici in raffreddamento.
- Efficienza di captazione fumi dalle celle 99% sul lungo periodo per le celle di nuova progettazione. Le celle progettate negli anni '70 sono infatti nate prive di copertura, installata successivamente a cavallo degli anni '90. In questi casi le operazioni di cambio anodo e la tenuta dei sistemi di copertura conferiscono una efficienza intrinseca di captazione inferiore, tuttavia attraverso la minimizzazione del tempo impiegato per l'apertura delle celle ed il cambio anodo si possono raggiungere livelli di captazione intorno al 98%.
- Impiego di un sistema efficiente di pulizia al Rodding per il recupero dei fluoruri e della parte carboniosa dell'anodo. Utilizzo di un sistema efficace di estrazione e filtrazione nel reparto.
- In caso sia richiesto su base locale, regionale o a seguito di programmi di salvaguardia ambientale di lungo periodo, la riduzione della $SO_2$ è ottenibile mediante utilizzo di coke a basso tenore di S per gli anodi (qualora sia attuabile in relazione a fattori tecnologici e di mercato), o adozione di un sistema di abbattimento della $SO_2$. L'adozione di sistemi dedicati di abbattimento dovrà essere valutata in termini di impatto ambientale globale e di interazione con altri comparti ambientali per evitare il trasferimento in fase liquida del carico inquinante o la generazione di elevati quantitativi di residui e comunque un forte aumento (circa il doppio) del carico energetico relativo ai sistemi di abbattimento.
- Sistema di abbattimento ad allumina associato ad un filtro a maniche per l'abbattimento della polvere, dei fluoruri gassosi e del particolato dai gas di processo in elettrolisi. L'efficienza di abbattimento del fluoro totale dei nuovi sistemi di adsorbimento ad allumina dovrebbe essere >99.8 % (> 98 % per i reattori esistenti, vedi paragrafo successivo sulle emissioni associati all'utilizzo di tecniche BAT) e l'allumina riutilizzata nel processo elettrolitico.
- In presenza di un impianto di produzione anodi integrato con l'elettrolisi, i gas di processo del forno di cottura dovrebbero essere trattati in un impianto di abbattimento ad allumina (con filtro a maniche a valle) con riciclo dell'allumina alle celle elettrolitiche.
- Sistema di abbattimento a coke, associato a filtro a maniche, delle emissioni nel reparto mescola e formatura della fabbrica anodi.
- Esistenza di un sistema di gestione ambientale, controllo operativo e gestione della manutenzione.

*Produzione Anodi*

Non è possibile definire un singolo processo come BAT di questa attività, in quanto la scelta del processo è fortemente correlata alle caratteristiche fisico/chimiche del prodotto finale. Con le tecniche descritte nei capitoli precedenti, se utilizzate in associazione ai sistemi di abbattimento ben progettati e ben gestiti, si possono ottenere performance ambientali similari.

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

*Altre fasi del processo produttivo*

Le tecniche già richiamate nel capitolo relativo alla individuazione delle migliori tecniche, possono essere considerate BAT e vengono riassunte nella tabella che segue.

| **Altri fasi di processo considerate come BAT per la produzione di alluminio primario** | | |
|---|---|---|
| **Fase del processo** | **Tecnica BAT** | **Note** |
| Raffinazione | Utilizzo di miscela di cloro e $Ar/N_2$ o sali ($AlF_3$) | Copertura con gas inerte o pressatura scorie |
| Trattamento schiumature | Copertura, raffreddamento in tamburi sigillati o pressatura delle scorie | Scorie umide possono rilasciare gas ammoniacali in presenza d'acqua |
| Mantenimento e degasaggio del forno | Captazione dei fumi dai forni e , se necessario, raffreddare ed utilizzare filtri a manica | |

*Captazione gas e abbattimento*

I sistemi di captazione devono basarsi su una buona tenuta delle apparecchiature e, in particolare per le celle elettrolitiche, essere progettati per mantenere una adeguata depressione che minimizzi perdite ed emissioni fuggitive.

La raccolta secondaria dei fumi è caratterizzata da elevati costi e consumi energetici: è spesso più attuabile e preferibile un sistema di captazione "intelligente" e mirato in grado di catturare ogni emissione alla fonte e per tutta la sua durata, in modo da minimizzare i consumi energetici.

Altri criteri generali riguardano il recupero di calore a monte dei filtri a maniche, l'impiego di materiali filtranti ad alte prestazioni per ridurne il deterioramento e sistemi di pulizia in linea

L'impiego di allumina come fluido di adsorbimento (F e HF) con il riciclo alle celle della allumina esausta è considerato BAT.

Nella tabella seguente sono riassunte le tecniche BAT per la depurazione delle emissioni nell'alluminio primario.

| **Modalità di abbattimento delle emissioni considerate BAT per la produzione di alluminio primario** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Fase del processo** | **Captazione dei fumi** | **Filtro a maniche** | **Rimozione IPA** | **Rimozione VOC** |
| Materie prime | * Se polverosa | * Se polverosa | | |
| Elettrolisi | * | * con Dry Scrubber ad allumina | | |
| Impianto Anodi integrato | * | * | * | * |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Forni di attesa e degasaggio | * | * (se necessario) | | |

Nella tabella che segue sono indicati i potenziali inquinanti associati ad altre fasi del processo ed una panoramica delle tecniche applicabili.

| **Sintesi dei potenziali inquinanti associati alle singole fasi del processo e opzioni di trattamento** | | |
|---|---|---|
| **Fase del processo** | **Inquinante** | **Tecniche di abbattimento disponibili** |
| Movimentazione materie prime | Polvere | Prevenzione e corretto stoccaggio. Captazione polveri e filtri a maniche |
| Pretrattamento materie prime | Polvere<br><br>Composti organici* | Corretto pretrattamento Captazione polveri e filtri a maniche . gestione del processo, Postcombustore e corretto raffreddamento dei gas |
| Produzione elettrolitica (smelter primario). Fusione secondaria | Polvere , Fluoruri, PFCs, SO2 | Gestione del processo e captazione gas, adsorbimento su allumina seguito da filtro a maniche, trattamento a umido del gas se necessario) |
| Mantenimento/raffinazione e colata | Polvere, alogenuri e metalli<br><br>Composti organici* | Gestione del processo, Captazione e depurazione gas Gestione del processo, Postcombustione e corretto raffreddamento |
| Formatura anodi | Polveri, Idrocarburi, PAH | Post combustore, adsorbimento su coke. |
| Cottura Anodi | Polveri, Idrocarburi, IPA, SO2 | Post combustore, Abbattimento a secco con allumina o coke/calce. |
| Nota: (*) i composti organici includono i VOC come carbonio totale (escluso CO) e le diossine | | |

*Valori in emissioni associati all'utilizzo di tecniche BAT*

Le emissioni in atmosfera provenienti dai processi produttivi sono comprensive delle emissioni convogliate e depurate, e di quelle fuggitive o non captate. Gli attuali e moderni sistemi di depurazione se correttamente gestiti, assicurano un'efficiente rimozione degli inquinanti e al momento attuale le informazioni disponibili indicano che le emissioni fuggitive possono rappresentare il contributo maggiore all'emissione globale in atmosfera. Le emissioni fuggitive devono essere valutate caso per caso ed un valido strumento di misura può essere rappresentato dalla efficienza di captazione dei

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

fumi e, in particolare per l'elettrolisi, monitorando che l'efficienza di captazione dalle celle, mediata sul lungo periodo, tenda al 99%.

HF e Fluoro Polveri

La BAT per l'abbattimento dell'acido fluoridrico è costituita dall'adsorbimento su allumina seguito da una filtrazione su sistemi a maniche. L'efficienza di abbattimento dell'acido fluoridrico nell'ambito della BAT è funzione del tipo di reattore adottato. I reattori di ultimissima generazione si basano sul concetto *ALSTOM-ABART* che consiste nell'iniettare l'allumina fresca separatamente e a contatto con i gas "depurati" dal contatto con quella fluorata ricircolante: in tal modo il reagente più attivo viene messo a contatto con concentrazioni di HF più basse e quindi più difficili da trattare, raggiungendo concentrazioni di HF inferiori a 0.2 mg/$Nm^3$. Altri tipi di reattori si basano invece sul principio venturi nel quale viene iniettata l'allumina fresca e nel quale oltre ai raw gas fluisce anche l'allumina riciclata, già abbondantemente satura di F. In tali impianti si possono raggiungere concentrazioni di HF intorno a 0.6 mg/$Nm^3$ e, conseguentemente, di fluoro totale inferiori a 1,5 mg/$Nm^3$ (mantenendo la proporzione 40% HF e 60% F polveri ipotizzata come tipica dal BRef).

Polveri

Le emissioni più significative della produzione primaria di alluminio sono rappresentate dai camini dell'elettrolisi, dai forni cottura anodi e formatura anodi. All'interno dei siti di alluminio primario esistono tuttavia numerosi processi accessori dotati di filtri a maniche (tecnologia BAT), ma dimensionati con valori di targa in linea con gli attuali limiti di legge. Per tali tipologie di sistemi filtranti, l'adeguamento alle prestazioni richieste dalle BAT attuali potrà avvenire quasi esclusivamente tramite sostituzione dei sistemi filtranti attraverso piani di adeguamento il cui termine temporale sarà anche funzione degli investimenti richiesti. Una gestione ottimale di tali sistemi accessori dovrà comunque attestarsi nel range di concentrazione 5-10 mg/$Nm^3$.

La tabella che segue riassume le performance ambientali, raggiungibili al camino, associate all'uso delle BAT per la produzione di alluminio elettrolitico e per la produzione di anodi integrata.

| **Prestazioni ambientali associate all'uso delle BAT per la produzione di alluminio elettrolitico (sala elettrolisi)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Inquinante** | **Migliori performance associate all'uso delle BAT** | **Tecniche utilizzabili per raggiungere tale range** | **NOTE** |
| Polvere | < 5 mg/ $Nm^3$ | Filtro a maniche | Dipende dalle caratteristiche della polvere |
| $SO_2$ | Non applicabile | Controllo del contenuto in zolfo degli anodi | Soggetto a vincoli di processo (prestazione anodo) |
| Idrocarburi polifluorurati | Effetto anodico per cella per giorno 0.2 –0.4 | Controllo di processo computerizato | <0.1 kg /t Al |

COPIA TRATTA DA GURITEL - GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | basato su data base sulle celle attive | |
| HF e Fluoruri totali | HF < 0.2 mg/Nm$^3$ Ftot < 0.5 mg/Nm$^3$ | Adsorbimento su allumina con reattori ABART e filtro a maniche | |
| | HF < 0.6 mg/Nm3 Ftot < 1.5 mg/Nm$^3$ | Adsorbimento su allumina con reattori VENTURI e filtro a maniche | |
| Nota: la tabella prende in esame le sole emissioni convogliate. I valori delle emissioni associate alle BAT sono riportati come valori giornalieri basati su monitoraggio continuo nel periodo considerato. Ove il monitoraggio continuo non sia praticabile, il valore rappresenterà la media delle misure nel periodo di campionamento. Per il sistema di abbattimento utilizzato, nella progettazione dovranno essere tenute in considerazione le caratteristiche del gas e della polvere insieme alla corretta temperatura di funzionamento. | | | |

| **Prestazioni ambientali associate all'uso delle BAT per le diverse fasi della produzione anodi** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Fonte** | **Inquinante** | **Migliori performance associate all'uso delle BAT** | **Tecniche utilizzabili per raggiungere tale range** | **NOTE** |
| **Stoccaggio di pece e carbone** | Polveri | < 5 mg/Nm$^3$ | Ciclone o filtro a maniche | Funzione delle caratteristiche delle polveri |
| | | < 30 mg/Nm$^3$ | Unità di filtrazione ad uso esclusiovo dei silos | |
| | Idrocarburi Volatili | <10 mgC/Nm$^3$ | Condensatore, adsorbimento, back venting dei gas durante scarico | |
| | Idrocarburi Condensabili | <50 mgC/Nm$^3$ | | |
| **Miscelazione formatura** | Polveri | < 5 mg/Nm$^3$ | Ciclone o filtro a maniche | Funzione delle caratteristiche delle polveri |
| | IPA ($VD_I$)* | <10 µg/Nm$^3$ | Postcombustore | |
| | IPA ($VD_{I+II}$)* | <100 µg/Nm$^3$ | Postcombustore, Adsorbimento/scrubber a secco | |
| | Idrocaruri Totali | <5 mgC/Nm$^3$ | Postcombustore | |
| | | <25 mgC/Nm$^3$ | Adsorbimento/scrubber a secco | |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | SO2 | 50-200 $mg/Nm^3$ | Scrubber ad umido o a secco (alcalino) | Solo se S viene aggiunto alla mescola o per contenuti elevati di S nel combustibile. |
| **Cottura Anodi*** ** | Polveri | < 5 $mg/Nm^3$ | Filtro a maniche | Funzione delle caratteristiche delle polveri |
| | BaP** Benzo a-pirene | < 0.5 $\mu g/Nm^3$ | Adsorbimento su allumina e filtro a maniche | Modalità e lista degli IPA da uniformare alla normativa nazionale. Il BaP è usato esclusivamente come indicatore |
| | IPA ($OSPAR_{11}$)* | < 200 $\mu g/Nm^3$ | Adsorbimento su allumina e filtro a maniche | |
| | Idrocarburi Volatili | < 25 $mgC/Nm^3$ | Adsorbimento su allumina e filtro a maniche | |
| | Idrocaruri Totali | < 25 $mgC/Nm^3$ | Adsorbimento su allumina e filtro a maniche | Per analogia ai valori di emissione della formatura |
| | HF | <0,2 $mg/Nm^3$ | Adsorbimento su allumina con reattori ABART e filtro a maniche | Prestazioni applicabili nei casi in cui l'abbattimento è condiviso con l'elettrolisi |
| | Fluoro Totale | <0,5 $mg/Nm^3$ | | |
| | HF | <0,6 $mg/Nm^3$ | Adsorbimento su allumina con reattori VENTURI e filtro a maniche | |
| | Fluoro Totale | <1,5 $mg/Nm^3$ | | |

Nota: la tabella prende in esame le sole emissioni convogliate. I valori delle emissioni associate alle BAT sono riportati come valori giornalieri basati su monitoraggio continuo nel periodo considerato. Ove il monitoraggio continuo non sia praticabile, il valore rappresenterà la media delle misure nel periodo di campionamento. Per il sistema di abbattimento utilizzato, nella progettazione dovranno essere tenute in considerazione le caratteristiche del gas e della polvere insieme alla corretta temperatura di funzionamento.

* La misura degli IPA è complessa ed i valori in tabella dipendono dal numero dei composti IPA che sono stati determinati e riportati.

** Il BaP è usato solo come indicatore, il rapporto tra i singoli IPA può variare.

*** Valori per impianti produzione anodi integrati con la produzione elettrolitica dell'alluminio. Alcuni valori si riferiscono ad impianti di abbattimento condivisi con il processo di elettrolisi.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

*Acque reflue*

Questo tipologia di emissione è specifica di ogni singolo insediamento produttivo; in ogni caso le tecnologie esistenti per il trattamento delle acque sono in grado di assicurare elevate prestazioni ambientali. Le acque di scarico devono essere trattate per rimuovere i solidi sospesi, gli oli ed eventuali gas acidi disciolti. In vari stabilimenti viene praticato il riciclo e riutilizzo delle acque di raffreddamento e delle acque depurate provenienti dal dilavamento dei piazzali.

Nel caso dell'alluminio primario elettrolitico le emissioni di acque reflue sono correlabili ai seguenti sistemi.

- Sistema di stoccaggio dei materiali
- Sistema di refrigerazione dei trasformatori associati al processo elettrolitico
- Eventuale utilizzo di sistemi d'abbattimento ad umido per la depurazione degli aeriformi
- Sistema di trattamento acque e acque meteoriche di dilavamento

Il consumo di acqua, in considerazione del fatto che la maggior parte dei processi sono sostanzialmente a secco, se si esclude il caso degli eventuali abbattitori ad umido (wet scrubber) può pertanto essere considerato assai limitato.

*Residui di processo*

Il principio della minimizzazione dei residui e del loro massimo riutilizzo fa parte delle BAT

L'industria dell'alluminio primario ha orientato i processi produttivi in questa direzione, puntando al riutilizzo diretto dei residui nel ciclo di lavorazione od all'utilizzo in altri processi produttivi.

Esempi particolari sono i seguenti.

- Utilizzo delle SPL[4] come materia prima in altri processi o come combustibile
- Riutilizzo dei rivestimenti refrattari dei forni, ove realizzabile
- Riutilizzo direttamente nel processo delle polveri abbattute dalle unità di filtrazione

E' comunque impossibile e non realistico associare delle quantità specifiche all'utilizzo delle BAT data la forte dipendenza dei residui dalla qualità delle materie prime.

La tabella che segue riporta alcune opzioni di riutilizzo relative ad un impianto di alluminio primario.

[4] Il rifiuto SPL è da considerare, per quantità e qualità, un rifiuto particolarmente pericoloso. Esso infatti contiene, in quantità rilevanti (potenzialmente fino al 13% in peso, da fonte EPA, 40 CFR parti 260, 261, 268 e 271), fluoruri e, in quantità minori, cianuri e metalli. La pericolosità del rifiuto, non incluso nel DM 12 giugno 2002, n. 161 citato in altro paragrafo di questo documento, rende opportuna una particolare cautela nel suo riutilizzo all'interno di altri cicli produttivi ovvero per l'eventuale smaltimento. Ovviamente l'eventuale utilizzo in altri cicli produttivi dovrebbe essere accompagnato dalla consapevolezza della possibilità che tanto le fasi di deposito e movimentazione del materiale (per la presenza di cianuri) quanto le fasi di utilizzo comportino le necessarie precauzioni per la limitazione ed il controllo delle eventuali emissioni conseguenti (fluoruri, metalli).

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| **Opzioni per i residui di lavorazione di un impianto di alluminio primario** | |
|---|---|
| **Sorgente** | **Utilizzo /opzioni di trattamento** |
| Schiumature di alluminio | Recupero nel settore dell'alluminio secondario |
| Polveri residue di filtrazione | Riutilizzo nel processo |
| SPL | Comburente, materiale di rivestimento, riducente, materia prima nell'industria dell'acciaio e del cemento |
| Mattoni refrattari | Dall'unità di cottura anodi,: riutilizzo |
| Acciaio | Recupero |
| Polvere di carbone (impianto anodi) | Riutilizzo |

**Monitoraggio**

Il piano di monitoraggio ha lo scopo di:

- fornire le informazioni atte a documentare l'attuazione del livello di protezione ambientale richiesto dall'autorizzazione integrata IPPC;
- fornire indicazioni sulle misure ambientali previste per il controllo delle emissioni nell'ambiente, al fine di verificare condizioni di conformità rispetto ai Valori Limite di Emissione (VLE);
- fornire indicazioni in merito alle prestazione ambientali delle tecniche adoperate ed al loro possibile miglioramento;
- fornire dati utili alle comunicazioni aziendali per la costruzione dei registri nazionali e comunitari delle emissioni;
- fornire indicazioni specifiche (frequenze, elaborazione e valutazione dati) sulle modalità di effettuazione delle misure di monitoraggio ambientale.

In generale la scelta dei parametri da monitorare dipende dai processi produttivi, dalle materie prime e dai prodotti chimici usati nel singolo insediamento.

Devono pertanto essere considerati soltanto gli elementi e/o composti significativamente presenti nel ciclo di lavorazione.

I parametri di impatto ambientale relativi ai vari metalli non ferrosi sono riportati nei capitoli specifici della presente Linea Guida e in generale si riferiscono ad aria, acqua, suolo e rumore.

Il piano di monitoraggio, nella selezione dei parametri da considerare e nella formulazione del programma, deve tenere presente i livelli di rischio potenziale di danno ambientale, la probabilità del superamento dei valori limiti di emissione (VLE) e la gravità delle conseguenze dell'eventuale superamento dei limiti nel contesto del singolo insediamento.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

Occorre inoltre considerare, in particolare nella determinazione delle frequenze:

- le caratteristiche tecniche specifiche dell'impianto in questione, la sua ubicazione geografica e le condizioni locali dell'ambiente;
- le condizioni operative del processo produttivo (ad es. processi continui o discontinui) ed i cicli delle varie operazioni;
- l'importanza di situazioni non di regime, quali l'avviamento e l'arresto;
- l'esistenza di un adeguato sistema di gestione ambientale a supporto di una generale affidabilità delle misure.

Le modalità specifiche di monitoraggio possono inoltre essere diverse ed in particolare seguire diversi approcci operativi, anche in funzione dell'affidabilità delle misure stesse e dei relativi tempi e costi.
Si possono in particolare avere.

- Misure dirette
- Parametri sostitutivi
- Calcoli
- Fattori di emissione

Occorre comunque tenere presente che ogni metodo tra quelli sopra indicati, non esclude gli altri e che una eventuale contemporaneità può rafforzare la attendibilità delle rilevazioni.

Gli impianti produttivi normalmente eseguono con opportuna frequenza una serie di controlli su parametri caratteristici del processo produttivo nel suo complesso. L'adozione di misure in continuo deve essere valutata caso per caso in funzione delle specificità ambientali locali ed impiantistiche.

In relazione alle specifiche caratteristiche di ogni singolo insediamento, sarà opportuno che l'autorità competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale ricerchi con l'azienda interessata la soluzione ottimale per definire un corretto, efficace e realistico piano di monitoraggio e di trasmissione dati.

Alcune indicazioni preliminari da prendere come riferimento possono essere formulate sulla base di quanto riportato nella presente Linea Guida e nello stesso documento BRef originale, tenendo comunque presente alcuni aspetti particolari:

- occorre ad esempio distinguere tra esigenze di confronto tecnologico, tipiche delle performance ambientali riportate nel BRef, e le esigenze di monitoraggio ambientale specifiche degli organi di controllo e delle stesse aziende;
- alcuni dei parametri utilizzati dal BRef non sono necessariamente significativi, come nel caso del monitoraggio dell'SOx nelle emissioni in aria, nel caso di combustione di gas naturale, o di altro combustibile a basso tenore di zolfo.

Le tabelle che seguono riassumono i parametri più significativi e le frequenze (puramente indicative) utilizzabili come riferimento di partenza nella definizione del piano di monitoraggio. Le frequenze di monitoraggio qui proposte corrispondono a situazioni operative standard ed a normale prassi industriale. Esse non devono essere

COPIA TRATTA DA GURITEL - GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

intese come la soluzione migliore per ogni situazione, sono modificabili in ragione di specifiche condizioni locali e prescindono da prescrizioni specifiche contenute nella normativa ambientale (attuale e futura) che deve essere, in ogni caso, rispettata.

Le tabelle seguenti, infine, riguardano le sole emissioni convogliate. Anche le emissioni diffuse e fuggitive costituiscono un aspetto rilevante e dovranno essere monitorate, in funzione dell'efficienza dei sistemi di prevenzione e captazione, tenendo presente che allo stato attuale non esiste un metodo unico e condiviso per la loro valutazione.

## EMISSIONI IN ACQUA

| **Acque di raffreddamento conversione elettrica (acqua mare)** | **Unità di misura** | **Frequenza** |
|---|---|---|
| pH | Unità pH | Mensile |
| Temperatura | °C | Mensile |
| C.O.D. | mg/l | Mensile |

| **Acque industriali (diverse da acqua mare)** | **Unità di misura** | **Frequenza** |
|---|---|---|
| pH | Unità pH | Quadrimestrale |
| Temperatura | °C | Quadrimestrale |
| Solidi sospesi | mg/l | Quadrimestrale |
| C.O.D. | mg/l | Quadrimestrale |
| Cloruri | mg/l | Quadrimestrale |
| Solfati | mg/l | Quadrimestrale |
| Fluoruri | mg/l | Quadrimestrale |
| Oli minerali | mg/l | Quadrimestrale |
| IPA | mg/l | Quadrimestrale |
| Alluminio | mg/l | Quadrimestrale |
| Altri parametri relativi al decreto 152/99 potenzialmente presenti | mg/l | Quadrimestrale |
| Altri parametri relativi al decreto 152/99 | mg/l | Annuale |

Nel caso degli effluenti liquidi il monitoraggio in continuo può essere valutato e può essere applicato a parametri quali pH, temperatura e conducibilità, mentre non è tecnicamente attuabile per le determinazioni sui parametri chimici, quali metalli pesanti, solfati e cloruri.

## EMISSIONI CONVOGLIATE IN ARIA

In considerazione dei numerosi punti di emissione in aria che caratterizzano gli stabilimenti della produzione di alluminio primario, risulta particolarmente difficile definire un elenco di parametri generale per tutti i camini e gli scarichi idrici. Per tale motivo, di seguito si ipotizza un piano di monitoraggio generale per i punti di emissione più significativi.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

Infine, si evidenzia che i gas serra quali $CO_2$ e PFC vengono normalmente valutati mediante algoritmi di calcolo riconosciuti a livello internazionali ed adottati, ad esempio, nell'ambito dello schema di Emission Trading dell'Unione Europea. Tali calcoli forniscono infatti delle stime di emissione maggiormente rappresentative rispetto alle singole misurazioni effettuate al camino.

| **Parametro emissioni in ARIA dal camino elettrolisi** | **Unità di misura** | **Frequenza** |
|---|---|---|
| Polveri Totali | $mg/Nm^3$ | Semestrale |
| Fluoro gas | $mg/Nm^3$ | Semestrale |
| Fluoro polveri | $mg/Nm^3$ | Semestrale |
| $SO_2$ | $mg/Nm^3$ | Semestrale |
| $NO_x$ | $mg/Nm^3$ | Semestrale |
| CO | $mg/Nm^3$ | Semestrale |

| **Parametro emissioni in ARIA dal camino Forno cottura anodi** | **Unità di misura** | **Frequenza** |
|---|---|---|
| Polveri Totali | $mg/Nm^3$ | Semestrale |
| $SO_2$ | $mg/Nm^3$ | Semestrale |
| $NO_x$ | $mg/Nm^3$ | Semestrale |
| IPA | $mg/Nm^3$ | Semestrale |
| Sostanze Organiche Totali | $mg/Nm^3$ | Semestrale |
| Fluoro gas | $mg/Nm^3$ | Semestrale |
| Fluoro polveri | $mg/Nm^3$ | Semestrale |

Si ritiene opportuno evidenziare che:

- metalli e sostanze tipiche della produzione possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle sopra riportate qualora specificamente indicate nella normativa nazionale e regionale;
- altri parametri previsti dal BRef e dalle liste EPER (vedi paragrafo monitoraggio nel capitolo di questo documento dedicato all'analisi dell'applicabilità ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento) potrebbero essere presenti in funzione delle sostanze/preparati utilizzati, e delle caratteristiche del processo e pertanto potrebbero essere oggetto di monitoraggio delle emissioni secondo una tempistica da valutare nel caso specifico;
- il monitoraggio in continuo può essere valutato dal gestore, ed eventualmente concordato con l'autorità competente, per una sua applicazione, in casi particolari, ai punti di emissione di maggiore rilevanza ambientale (sia in termini di portata degli effluenti che di pericolosità degli inquinanti presenti) anche al fine di documentare e garantire il rispetto dei limiti di emissione che saranno fissati per l'impianto.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

**MONITORAGGIO DEI RIFIUTI**

Ai fini del monitoraggio, per i rifiuti prodotti dall'impianto oppure in ingresso all'impianto autorizzato, il gestore provvede a registrare e detenere, per un adeguato periodo di tempo, i seguenti elementi:

- la composizione;
- la migliore stima/pesata della quantità prodotta;
- i percorsi dello smaltimento;
- la migliore stima della quantità inviata al recupero;
- registri di carico e scarico, formulari di identificazione dei rifiuti, autorizzazioni degli impianti di smaltimento.

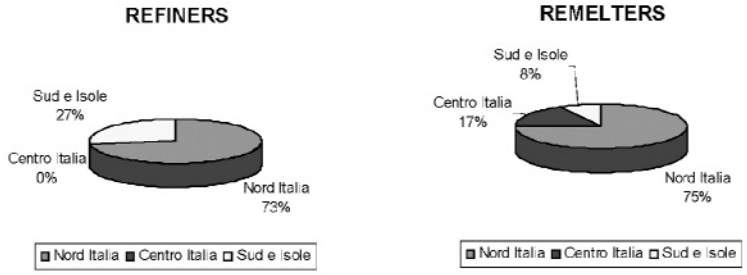
COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

## PROCESSI PER LA PRODUZIONE DI ALLUMINIO DA MATERIE SECONDARIE

La tabella ed i grafici seguenti forniscono una rappresentazione grafica della distribuzione delle aziende sul territorio nazionale:

| **Tipo di azienda** | **REFINERS** | | **REMELTERS** | |
|---|---|---|---|---|
| Dislocazione | N°aziende | % | N° aziende | % |
| Nord – Italia | 16 | 73 | 18 | 75 |
| Centro - Italia | 0 | 0 | 4 | 17 |
| Sud e Isole | 6 | 27 | 2 | 8 |
| Totale | 22 | 100 | 24 | 100 |

Il fatturato anno globale per i refiners si aggira intorno ai 1.000.000.000 Euro (dato relativo all'anno 2002).




Un aspetto saliente del settore è rappresentato dall'approvvigionamento della materia prima che per circa il 67% proviene dal territorio nazionale e per il restante 33% dall'estero; vale la pena sottolineare come l'intero quantitativo di rottami di alluminio prodotti in Italia sia completamente recuperato internamente e che quindi per poter soddisfare alla capacità produttiva installata risulta necessario ricorrere a rottami provenienti dall'esterno.

La quasi totalità della materia prima in ingresso può essere stimata in circa 900.000 ton/anno.

### Descrizione del processo di produzione, degli eventuali sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili anche con riferimento alle analisi comunitarie descritte nel BRef

Rispetto ad altri metalli non ferrosi, la produzione di alluminio secondario si contraddistingue per alcuni aspetti peculiari quali la vasta gamma di materie prime utilizzate e la diversità dei forni impiegati nel processo di fusione; generalmente le caratteristiche della materia prima utilizzata (dimensione del rottame, contenuto di ossidi, grado di contaminazione, ecc.) determinano la scelta del processo più idoneo

come ad esempio la necessità di effettuare o meno una fase di pretrattamento o di utilizzare uno specifico forno di fusione.

Tra le principali tipologie di rottami di alluminio utilizzati come materie prime ricordiamo le seguenti:

- sfridi di lavorazione;
- lattine usate;
- fogli, nastri e lamiere;
- torniture;
- rottami da demolizione;
- schiumature.

Prima della fusione i rottami vengono normalmente pretrattati per eliminare o rimuovere i contaminati e le impurità presenti; ad esempio le torniture o le lattine vengono essiccate o sverniciate e ciò consente di aumentare la resa di fusione e nel contempo di ridurre l'effetto sulle emissioni.

Per la fusione dei rottami è possibile utilizzare forni di diversa progettazione e differente conduzione in funzione della materia prima alimentata e della necessità ad esempio di utilizzare flussanti salini come agenti copertori del metallo fuso; alcuni forni di fusione possono inoltre essere dotati di pompe o sistemi equivalenti per la circolazione del metallo fuso o di sistemi di inclinazione dell'asse di rotazione del forno tali da consentire una maggiore resa di fusione e una riduzione del consumo di flussante salino.

Data l'elevata affinità dell'alluminio verso l'ossigeno, da cui deriva la sua forte tendenza all'ossidazione, durante la fusione dei rottami, la lega allo stato liquido deve essere protetta dal contatto con l'aria e dalle fiamme dei bruciatori. Per questo motivo vengono utilizzati flussi copertori o fondenti (mediamente nell'ordine di circa 300 kg sale/t di alluminio caricato) costituiti principalmente da una miscela di cloruro di sodio e potassio a cui possono essere aggiunte piccole quantità di fluoruri come fondenti; queste miscele saline (caricate al forno nell'ordine di circa 300 kg/t di alluminio) oltre a prevenire l'ossidazione del metallo fuso sono in grado di inglobare le impurità presenti nel rottame. Una riduzione del quantitativo di flussante nella fase di fusione può essere ottenuta pretrattando il rottame (aumentandone il contenuto metallico) oppure utilizzando forni di fusione rotativi ad asse inclinato (tilting furnace); nel caso siano disponibili rottami con elevato grado di purezza e di determinate dimensioni possono essere utilizzati forni a riverbero eventualmente attrezzati con sistemi di pompaggio o di rimescolamento del metallo.

Ultimata la fusione del rottame, il metallo allo stato liquido viene travasato nei forni di attesa prima di essere avviato alla fase di colata subisce una serie di trattamenti al fine di:

- rimuovere le ultime impurità presenti (gas idrogeno disciolto o magnesio) mediante degasaggio con gas inerte o con una miscela di cloro e gas inerte o mediante sali;
- raggiungere la corretta composizione finale della lega desiderata aggiungendo quantità predeterminate di alliganti quali Si, Cu, Mn;

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

- rimuovere lo strato superficiale di alluminio ossidato (schiumatura) per ridurre la presenza di ossidi nel metallo.

L' alluminio può essere quindi avviato alla fase di colata da cui fuoriesce sotto forma di lingotti, barre, billette.

Dagli impianti di produzione dell'alluminio secondario si originano alcuni residui di processo che possono essere recuperati; tra questi ricordiamo in particolare le schiumature e le scorie saline.

Le schiumature come sopra accennato provengono dalla fase di pulizia superficiale dei forni di fusione a riverbero o di mantenimento e la loro produzione si attesta intorno ai 15 – 20 kg/tonn di alluminio prodotto; data la presenza di alluminio metallico inglobato nella scoria con valori compresi tra il 20 e l'80% ed al fine di minimizzare la perdita per ossidazione, il materiale può essere ad esempio raffreddato con gas inerte o pressato a caldo. Inoltre le schiumature raffreddate possono essere:

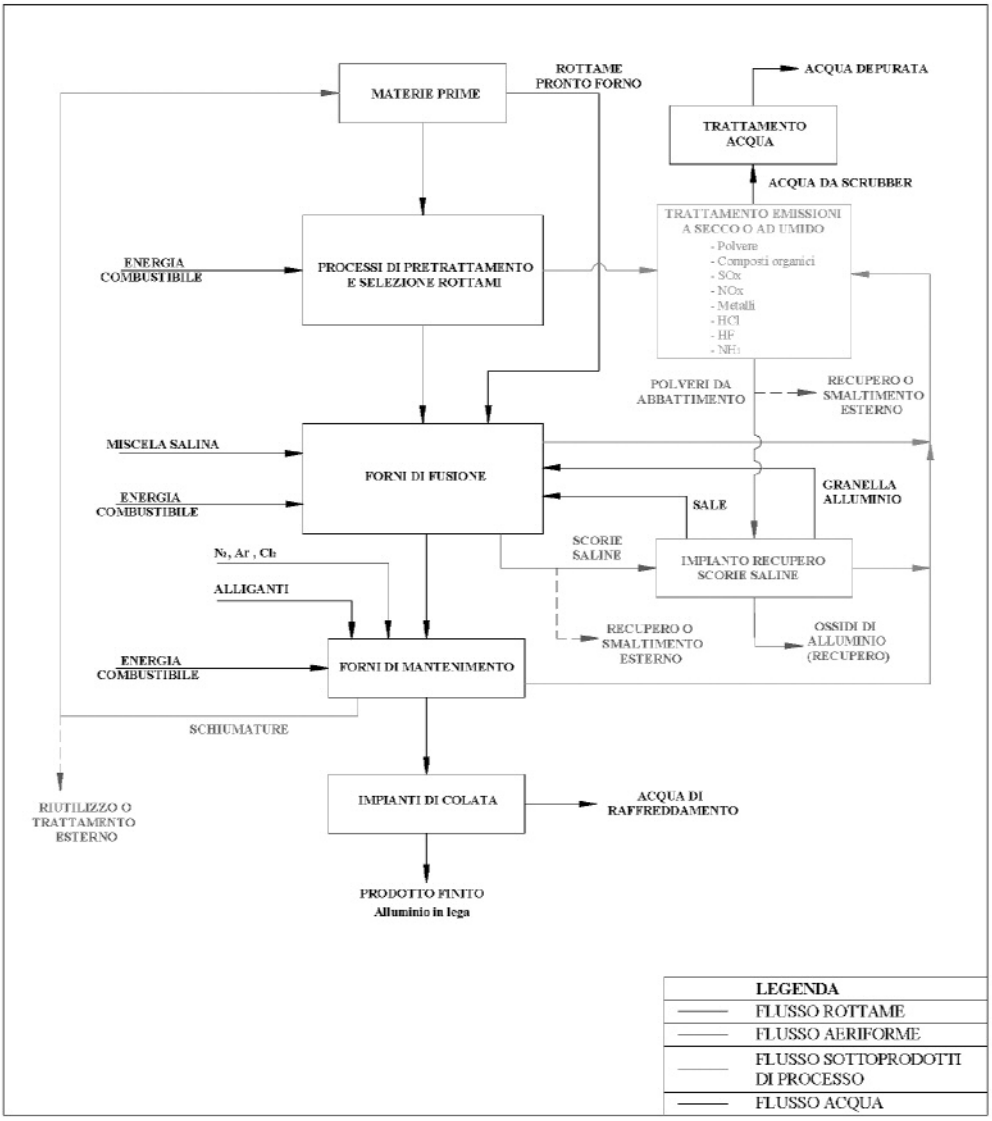
a) recuperate direttamente nel forno;
b) arricchite nella frazione metallica mediante processi di macinazione e vagliatura.

Le scorie saline provengono invece dalla fase conclusiva del processo di fusione a forno rotativo; terminato lo spillaggio dell'alluminio dal forno rotativo al forno a riverbero viene estratta la scoria salina che viene versata e lasciata raffreddare in apposite vasche metalliche. Successivamente i grossi blocchi di scoria vengono macinati finemente, recuperando nel contempo la frazione di alluminio metallico presente mediante vagliatura o mediante sistemi ad induzione; la dissoluzione in acqua della frazione fine e la successiva fase di decantazione e filtrazione permettono di separare la frazione solubile (miscela salina) da quella insolubile (ossidi metallici) che, dopo lavaggio con acqua, può essere avviata al recupero.
La salamoia purificata viene inviata alle fasi di evaporazione e cristallizzazione da cui vengono recuperati i sali che possono essere riciclati al processo di fusione.

*Emissioni e livelli di consumo*

Dai processi utilizzati per la produzione di alluminio secondario si possono generare emissioni in atmosfera e nelle acque.
Le emissioni in aria di polveri, di acido cloridrico e di composti organici possono derivare dalle fasi di trattamento e di fusione dei rottami; inoltre emissioni fuggitive possono provenire dalle fasi di stoccaggio e movimentazione dei materiali o dalle operazioni di carico agli impianti di trattamento e fusione.
Le emissioni in acqua di solidi sospesi, di sostanze oleose e di metalli possono provenire dallo stoccaggio all'aperto di rottami sottoposti a dilavamento da parte delle acque meteoriche; altre tipologie di scarichi idrici sono rappresentate dalle acque utilizzate per il trattamento delle emissioni (scrubbers) o da acque impiegate per il raffreddamento nei processi di colata.

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON LINE




*Emissioni in aria*

Di seguito viene riportata una tabella in cui è rappresentata la significatività di certi inquinanti in funzione della fasi del processo produttivo.

| **Significatività delle emissioni in aria in funzione del processo** | | | |
|---|---|---|---|
| **Inquinante** | **Pretrattamento** | **Fusione** | **Raffinazione** |
| HCl, HF | * | ** | *** |
| Composti metallici | ** | ** | ** |
| $NO_X$ | * | ** | * (gas di combust.) |
| Comp. org. (VOC, | *** | *** | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| diossine) | | | |
| Polveri | *** | *** | ** |
| Note: *** molto significativo * poco significativo | | | |

Per la captazione dei gas e dei fumi generati dai processi produttivi devono essere utilizzati sistemi di raccolta e convogliamento correttamente progettati anche in funzione dei numerosi punti di emissioni talvolta presenti sugli impianti; in aggiunta possono essere adottati sistemi di carica che aderiscono ai forni, riducendo pertanto le emissioni. Le emissioni fuggitive possono essere ridotte fortemente disponendo di un idoneo sistema di captazione dei fumi.

Le emissioni di polveri e metalli devono essere valutate congiuntamente e possono essere generate in tutte le fasi del processo produttivo. Varie installazioni, al fine di rimuovere le polveri ed i metalli associati, utilizzano filtri a manica o filtri ceramici ad alta efficienza con valori in emissione compresi tra 0,6 – 20 mg/Nm$^3$; anche dal processo di recupero delle scorie saline, se presente nel sito, possono derivare emissioni di polveri che devono essere attentamente valutate.
Nel caso di combustione di materiale organico associato al rottame ed in presenza di cloruri è possibile inoltre la formazione di diossine che si possono fissare sulle polveri.

L'emissione di composti organici può derivare da fasi di combustione in atmosfera povera di ossigeno; inoltre la presenza di cloro, ad esempio nelle fasi di degasaggio, può essere una fonte di cloruri per la generazione di diossine. La riduzione di tali composti può essere ottenuta mediante:

- pretrattamento della materia prima;
- utilizzo di bruciatori con controllo della combustione;
- postcombustione dei gas seguita da successiva iniezione di carboni attivi e da un efficace sistema di filtrazione delle polveri.

La presenza di ossidi di azoto e di zolfo è normalmente associata al sistema di combustione utilizzato sui forni; normalmente l'emissione di questi composti non è significativa e può comunque essere ridotta utilizzando combustibili a basso tenore di solfuri o mediante bruciatori ad ossicombustione che riducono la formazione di $NO_x$ anche se esiste la possibilità che le alte temperature sviluppate possano sortire l'effetto contrario.

Emissioni di HCl, HF possono provenire dalle operazioni di trattamento del metallo fuso mediante miscele contenti cloro utilizzate per rimuovere l'idrogeno disciolto ed il magnesio; possono derivare inoltre dall'utilizzo di flussanti salini nei forni di fusione.
Per rimuovere tali composti si possono utilizzare sistemi di depurazione a scrubber (ad umido o a secco).

Di seguito si riportano alcune tabelle riassuntive delle emissioni in aria specifiche per impianto.

| **ESSICCATOIO** | |
|---|---|
| **Emissioni (mg/ Nm$^3$)** | **Range** |
| Polveri | <5 – 50 |

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| | |
|---|---|
| HF | < 5 |
| HCl | 3 – 40 |
| $NO_2$ | 40 – 420 |
| Diossine (ng/$Nm^3$) | 0,1 – 1 |
| VOC | 10 – 57 |

| **FORNI ROTATIVI** | |
|---|---|
| **Emissioni (mg/ $Nm^3$)** | **Range** |
| Polveri | 1 – 30 |
| HF | 0,1 – 5 |
| HCl | 0,1 – 40 |
| $NO_2$ | 50 – 450 |
| Diossine (ng/$Nm^3$) | 0,1 – 1 |
| VOC | 5 – 90 |

| **FORNI A RIVERBERO E FORNI A CAMERA APERTA** | |
|---|---|
| **Emissioni (mg/$Nm^3$)** | **Range** |
| Polveri | 0,1 – 35 |
| HF | 0,1 – 5 |
| HCl | 0,5 – 40 |
| $NO_2$ | 15 – 450 |
| Diossine (ng/$Nm^3$) | 0,1 – 1 |
| VOC | 2 – 55 |

| **FORNI A SUOLA INCLINATA** | |
|---|---|
| **Emissioni (mg/$Nm^3$)** | **Range** |
| Polveri | 5 – 50 |
| HF | < 5 |
| HCl | 30 – 40 |
| $NO_2$ | 20 – 420 |
| Diossine (ng/$Nm^3$) | 0,1 – 1 |
| VOC | 5 – 57 |

*Emissioni in acqua*

La produzione di alluminio da materie secondarie (rottami) si contraddistingue per la presenza di impianti che operano principalmente a secco. Gli scarichi idrici sono di norma limitati all'acqua di raffreddamento per il processo di colata, potenzialmente riciclabile, ed all'acqua di dilavamento delle superfici che può essere contaminata per effetto dello stoccaggio all'aperto di rottami oleosi o pulverulenti. A questi scarichi devono essere aggiunte le notevoli quantità che possono derivare dall' utilizzo di sistemi ad umido (scrubber) per l' abbattimento degli effluenti gassosi.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

*Residui di processo e rifiuti*

Oltre alle schiumature di alluminio ed alle scorie saline altri tipici residui sono correlati al processo di produzione dell'alluminio secondario e sono identificabili nelle polveri di depurazione dei fumi e nei refrattari esausti.
Nel primo caso, se si utilizza bicarbonato di sodio per la neutralizzazione dei fumi, le polveri di abbattimento possono essere recuperate nel processo di riciclo delle scorie saline o in alternativa possono essere conferite in discarica; anche i refrattari possono essere recuperati nell'impianto di riciclo delle scorie saline oppure possono essere conferiti in discarica.

Nella tabella seguente vengono indicati alcuni tipici residui di produzione dell'alluminio secondario.

| **RESIDUI TIPICI DELL'ALLUMINIO SECONDARIO** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Residuo** | **Origine** | **Volume** | **Trattamento** | **Note al trattamento** |
| Scorie saline | Fusione in forno rotativo | Fino a 500 kg/ton Al | Recupero mediante dissoluzione e cristallizzazione. Prodotti recuperati e di possibile utilizzo:<br>- granella di Al<br>- miscela di Sali<br>- ossido di Al | Evita lo smaltimento in discarica |
| Polveri di abbattimento filtri | Depurazione dei fumi esausti | Fino a 35 kg/ton Al | Smaltimento previo pretrattamento Parzialmente riutilizzati con le scorie saline o utilizzati nell'industria dell'acciaio | Vietato lo smaltimento in superficie in alcuni paesi; possibile trattamento termico (polveri neutralizzate con bicarbonato di sodio possono essere riciclate con le scorie saline) |
| Refrattari | Forni di fusione | Circa 2 kg/ton Al | Potenziale riutilizzo nel processo di riciclo dei sottoprodotti di fusione in alternativa smaltimento | In alcuni paesi è vietato lo smaltimento in superficie. Produzione di composti refrattari |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Schiumature | Tutti i forni che non utilizzano sali.<br>Fonderie | Circa 25 kg/t Al<br><br>40–80 kg/t Al | Fusione in forni rotativi. Riutilizzo della granella di alluminio nei forni rotativi; la polvere della schiumatura è recuperata con le scorie saline | Evita lo smaltimento in discarica |

Per quanto riguarda le scorie saline si riportano alcuni valori relativi alla composizione tipica ed alle emissioni associate al processo di recupero.

| **COMPOSIZIONE TIPICA DELLA SCORIA SALINA** | | |
|---|---|---|
| **Elemento** | **Valore tipico %** | **Intervallo %** |
| Alluminio metallico | 10 | 5 – 20 |
| Frazione solubile in acqua | 45 | 40 - 50 |
| Frazione insolubile in acqua | 45 | 40 - 50 |

| **EMISSIONE TIPICA DA TRATTAMENTO DELLE SCORIE SALINE ($mg/Nm^3$)** | |
|---|---|
| **Emissione** | **Intervallo** |
| Polveri | 15 – 40 |
| Ammoniaca | 30 – 40 |
| Fosfina | 0,1 –0.5 |
| Idrogeno solforato | 50 – 100 |

*Processo di recupero delle scorie saline - Descrizione del processo*

La miscela salina esausta evacuata a fine ciclo dai forni di fusione viene raffreddata lentamente in grossi contenitori metallici; i blocchi di scoria subiscono una prima frantumazione grossolana, per poi essere inviati all'impianto di macinazione che rappresenta il primo stadio del processo di recupero.

Nell'impianto di macinazione la scoria viene macinata finemente e durante questa fase viene recuperata la frazione di alluminio metallico (circa al 10%) inglobata nella scoria mediante vagliatura od utilizzando sistemi di separazione ad induzione magnetica; mentre l'alluminio può essere recuperato direttamente nei forni di fusione, le polveri fini vengono avviate al secondo stadio del processo di recupero.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

Mediante la dissoluzione in acqua delle polveri fini viene effettuata la separazione della frazione solubile (miscela salina) da quella insolubile (ossidi metallici); gli ossidi metallici (costituiti principalmente da $Al_2O_3$) previa decantazione, vengono filtrati e lavati con acqua fino ad ottenere un prodotto idoneo al recupero. La salamoia filtrata viene invece sottoposta al processo di evaporazione e cristallizzazione da cui vengono recuperati i cristalli dei sali originari; la miscela salina viene quindi riutilizzata nel processo di fusione; l'acqua di condensa che proviene dall'evaporazione della salamoia viene invece riciclata internamente al processo nelle fasi di dissoluzione delle polveri e di lavaggio degli ossidi.

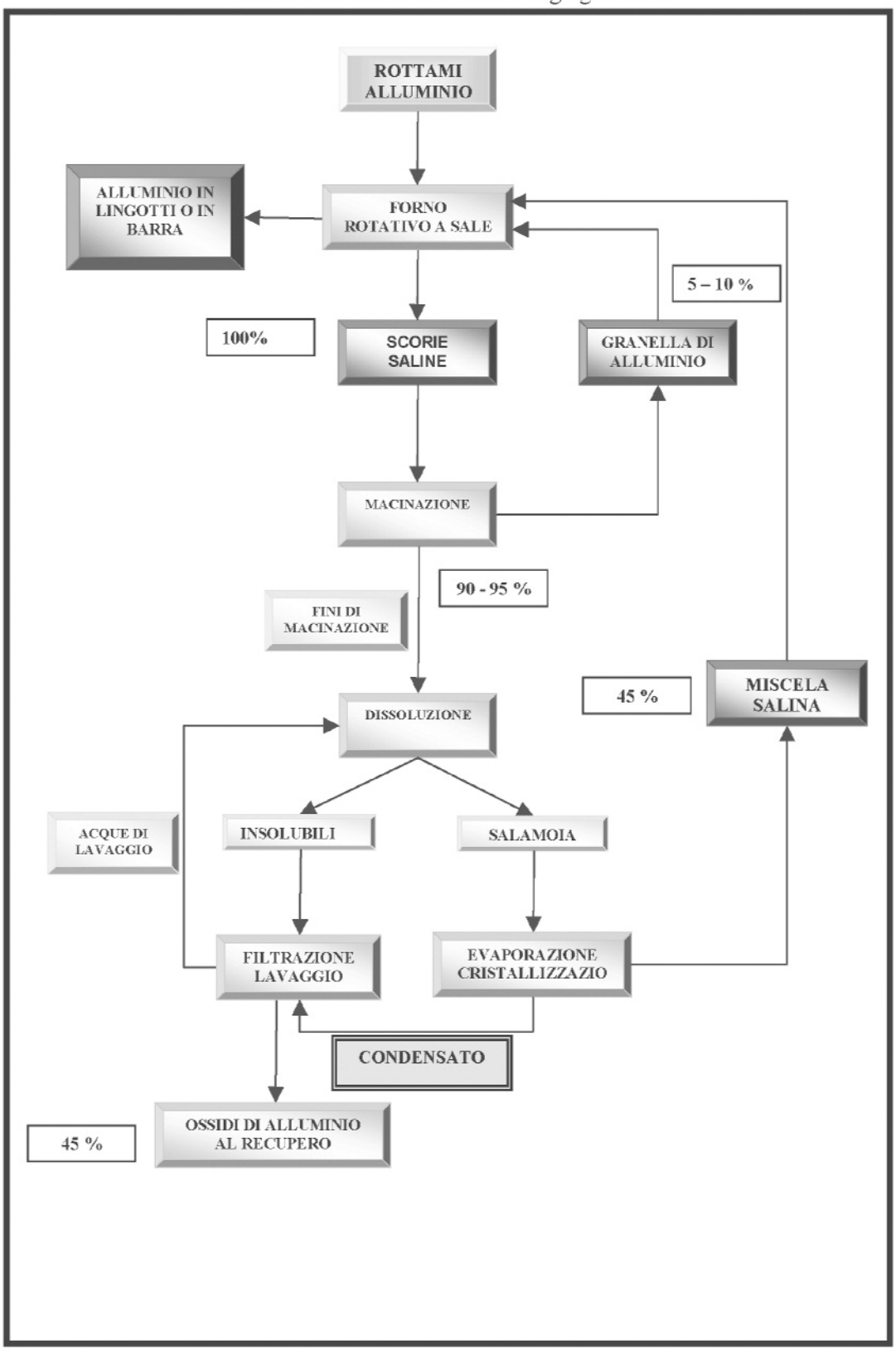
L'impianto di riciclo delle scorie saline può risultare idoneo anche per il riciclo di polveri di abbattimento dei fumi trattate con bicarbonato di sodio e di materiali refrattari derivanti dalla manutenzione periodica dei forni di fusione.
Tra i principali effetti benefici sull'ambiente si possono citare:

a) la riduzione del quantitativo di rifiuti avviati allo smaltimento in discarica;
b) il risparmio delle risorse mediante il riutilizzo selettivo dei componenti (alluminio e miscela salina recuperati nel processo di fusione originario, ossidi d'alluminio avviati al recupero).

Nella figura che segue viene presentato uno schema a blocchi tipico delle operazioni di recupero delle scorie saline.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

LG MTD Metalli non ferrosi - 4 giugno 2004



*Processi di raffinazione e colata*

Durante la permanenza allo stato liquido le leghe di alluminio si saturano di gas ed in particolare di idrogeno , in quanto l'alluminio reagisce con l'acqua secondo la reazione:

$$2Al - 3H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 3H_2$$

L' umidità può derivare dall'atmosfera, dalle materie prime non sufficientemente essiccate o dall'utilizzo di attrezzi di lavoro. La forte e repentina diminuzione di solubilità dell'idrogeno in prossimità della temperatura di solidificazione, in presenza di tenori elevati di gas disciolto, determina la formazione di piccole bolle inglobate nella matrice metallica provocando un decadimento delle caratteristiche della lega.
Per prevenire questo effetto all'interno dei forni di raffinazione vengono eseguiti trattamenti di degasaggio mediante utilizzo di miscele contenenti cloro, argon o azoto; il degasaggio con gas inerte (azoto) esercita, tramite gorgogliamento, una semplice azione di trascinamento meccanico delle bollicine di idrogeno mentre l'utilizzo di miscele contenti cloro agisce chimicamente legandosi con l'idrogeno e producendo acido cloridrico; in questo caso si rende necessaria la captazione e depurazione dei fumi acidi prodotti (dato che la percentuale di cloro nella miscela di degasaggio non supera il 5% in volume, la presenza nell'emissione di cloro gassoso residuo può essere ritenuta trascurabile).

Concluse le operazioni di trattamento della lega all'interno del forno (scorifica superficiale, alligazione e degasaggio) e raggiunta la temperatura idonea per la colata, il metallo fuso viene trasferito dal forno di attesa all'impianto di colata mediante canali rivestiti di materiale refrattario; durante il trasferimento del metallo è possibile eseguire ancora un degasaggio finale ed una filtrazione in linea mediante filtri ceramici.

I processi di colata possono essere distinti in:
- colata in lingottiera;
- colata continua;
- colata semicontinua (billette);
- colata in siviere per il trasporto su strada allo stato liquido.

Nei primi tre casi il metallo fuso viene solidificato progressivamente mediante il raffreddamento della superficie esterna dello stampo, della ruota o del collare di colata utilizzando l'acqua come fluido refrigerante.
Nell'ultimo caso invece, il metallo viene consegnato all'utilizzatore finale (fonderia di getti) allo stato fuso all'interno di speciali siviere rivestite di materiale refrattario in grado di mantenere costante la temperatura del liquido anche per alcune ore; il trasporto su strada di tali recipienti è sottoposto alla normativa ADR sulle merci pericolose.

COPIA TRATTA DA GURITEL - GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

*Acque reflue e residui di processo*

Tutti gli scarichi provenienti dal processo produttivo dovrebbero essere trattati per separare i solidi sospesi, gli eventuali oli e composti inorganici quali ad esempio gas acidi assorbiti che se necessario dovrebbero essere neutralizzati.
Tra gli scarichi idrici provenienti dalle attività di produzione di alluminio secondario possono essere citate le seguenti tipologie:

- scarichi di acque da dilavamento dei piazzali utilizzati anche per il deposito dei rottami;
- scarichi di acque di raffreddamento dai processi di colata (circuito aperto) o spurgo delle torri di evaporazione (circuito chiuso); il consumo di acqua si aggira intorno ai 2 - 2,5 $m^3$/t alluminio prodotto;
- scarichi di acque utilizzate per la depurazione degli effluenti gassosi (impianti scrubber).

In alcuni siti si effettuata il riciclo interno sia delle acque di raffreddamento sia delle acque di dilavamento dei piazzali; queste possono essere riutilizzate ad esempio nel processo di recupero dei sottoprodotti di fusione dell'alluminio per reintegrare la perdita di acqua di processo dovuta ai prodotti umidi in uscita dagli impianti (sale, ossidi di alluminio lavati).

Le tecniche che privilegiano il riutilizzo dei residui di processo devono essere considerate tecniche BAT; tra queste citiamo nuovamente il riciclo dei seguenti residui di produzione:

- scorie saline da forno rotativo;
- schiumature di alluminio dai forni;
- polveri di abbattimento da impianti di depurazione;
- refrattari esausti.

Vale inoltre la pena sottolineare che dal processo di recupero interno di tali residui deriva il rifiuto non pericoloso "polvere di allumina" il quale ad esempio viene conferito ai cementifici come integratore nella miscela per la produzione del clinker.

Particolare attenzione deve comunque essere riservata alle operazioni di movimentazione, manipolazione e stoccaggio dei predetti residui che per le loro caratteristiche chimico – fisiche dovrebbero preferibilmente essere stoccati al coperto e su superfici pavimentate riducendo al minimo le operazioni all'aperto; in ogni caso è consigliata la raccolta ed il trattamento delle acque provenienti dalle aree dedicate allo stoccaggio.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

**Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia**

In questo capitolo vengono presentate una serie di tecniche che possono essere adottate sia per prevenire e ridurre le emissioni e la produzione di residui e rifiuti sia per minimizzare i consumi energetici; tutte queste tecniche sono al momento disponibili e di seguito sono riportati alcuni esempi di applicazione; in ogni caso esse devono essere valutate caso per caso in quanto fortemente dipendenti dalla tipologia di materia prima utilizzata e dai processi in uso.
Le tecniche indicate di seguito sono state suddivise per singola fase del processo produttivo.

*Migliori tecniche disponibili*

L' individuazione delle BAT per questo specifico settore è derivata da una analisi delle seguenti componenti:

a) identificazione delle problematiche ambientali correlabili al settore (emissioni in aria, in acqua e produzione di rifiuti)
b) analisi delle tecniche potenzialmente applicabili al settore e verifica dei migliori livelli di performance ambientali
c) analisi dei costi e delle condizioni specifiche in funzione delle quali possono essere raggiunti le migliori performance ambientali

Si deve sottolineare che i livelli di emissione e di consumo associati all'utilizzo delle BAT devono essere considerati in funzione delle specifiche condizioni di riferimento; l'adozione delle BAT è infatti influenzata da numerosi fattori quali ad esempio la tipologia di materia prima utilizzata ed il relativo grado di contaminazione, la possibilità in funzione del tipo di forni utilizzati di minimizzare le emissioni diffuse e infine di ridurre sia il consumo di acqua sia la produzione di rifiuti favorendone al contempo il riutilizzo.

I livelli di emissione e di consumo riportati non sono quindi da intendersi come valori – limite, ma rappresentano le prestazioni ambientali che possono essere previste come risultato dell'applicazione delle tecniche descritte; d'altra parte i costi reali dell'applicazione di una determinata tecnica dipendono fortemente dalla specifica situazione.
In generale si prevede che i nuovi impianti possano essere progettati in modo da operare ai livelli riportati nel BRef, o anche meglio, mentre gli impianti esistenti possono orientarsi verso tali livelli, stanti le condizioni di applicabilità tecnica ed economica delle tecniche per ciascun caso.

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

*Stoccaggio, movimentazione e pretrattamento delle materie prime*

Per la produzione di alluminio secondario possono essere utilizzati diverse tipologie di rottami che si contraddistinguono per il contenuto metallico, per la forma e pezzatura, per la composizione analitica e grado di contaminazione; ovviamente tali caratteristiche influenzano direttamente il metodo di stoccaggio, di movimentazione e di trattamento.
Ad esempio i rottami che possono essere contaminati da olio o da composti solubili devono essere stoccati al coperto; lo stesso dicasi per le schiumature dato che, a contatto con l'acqua possono sviluppare gas ammoniacali.
Tecniche specifiche che possono essere applicate a questa fase del processo produttivo sono:

- utilizzo di pretrattamenti specifici in funzione della materia prima utilizzata al fine di rimuovere la frazione oleosa o il rivestimento eventualmente presente sul rottame o per separare l'ossido dal metallo. La rimozione di olio o di rivestimenti sui rottami è una tecnica praticata mediante l'uso di essiccatori o decoaters;
- adozione di ulteriori tecniche di pretrattamento quali la granulazione, la separazione selettiva dei vari metalli mediante tecniche di flottazione a mezzo denso o ad aria , la separazione magnetica della frazione ferrosa;
- trattamento delle schiumature mediante macinazione con l'utilizzo di adeguato sistema di aspirazione ed abbattimento delle polveri;
- utilizzo sistemi di stoccaggio e manipolazione delle polveri tali da prevenire la formazione di emissioni sono da considerare come tecniche BAT.

La tabella successiva riporta le tecniche adottate per le varie tipologie di materiali.

| **Metodi per lo stoccaggio, movimentazione e pretrattamento dei materiali per alluminio secondario** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Materiale** | **Stoccaggio** | **Movimentazione** | **Pretrattamento** | **Note** |
| Combustibili e oli | Serbatoio o fusti in aree confinate | Idonee tubazioni o sistemi manuali | Riscaldamento dello stoccaggio e delle tubazioni | Ventilazione dei gas prodotti |
| Miscele saline e flussanti | Confinate se polverose | Trasportatori chiusi con raccolta delle polveri o caricatori con benna | | L'utilizzo di silos può risultare non adeguato per fenomeni di impaccamento del materiale |
| Polveri (es. schiumature) Materiali fini | Confinate se polverose | Trasportatori chiusi con raccolta polvere o caricatori con benna | Macinazione e separazione della frazione metallica per densità e/o pezzatura | |
| Torniture | Al coperto se contengono | Caricatori meccanici o caricatori con | Essiccazione Centrifugazione | Raccolta dell'olio se necessario |

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | oli o sostanze solubili | benna | | |
| Rottami di foglio,lamiera, nastro e colaticci | All'aperto o al coperto | Caricatori meccanici o caricatori con benna | | Raccolta olio se necessario |
| Cloro o miscela | Serbatoi omologati | Metodi riconosciuti | | |
| Prodotto finito (lingotto, barra, foglio, ecc.) | Stoccaggio al coperto o all'aperto | | Preriscaldo se necessario | |
| Residui di processo (schiumature, scorie saline, refrattari) | Al coperto o confinate in funzione della produzione di polvere | Dipende dalle condizioni | Separazione mediante macinazione e/o dissoluzione Processo potenzialmente molto polveroso | Le schiumature e lo scorie devono essere mantenute asciutte. Usare un idoneo sistema di drenaggio |
| Rifiuti a smaltimento | Al coperto o in container da trasporto in funzione del materiale | Dipende dalle condizioni | | Idoneo sistema di drenaggio |

Per lo stoccaggio, in particolare, le tecniche BAT applicabili sono le seguenti.

- Utilizzo di sistemi per lo stoccaggio dei liquidi in contenitori stagni; la capacità di contenimento in caso di fuoriuscite deve essere pari a quella del serbatoio più voluminoso. Le aree di stoccaggio dovrebbero essere progettate in maniera tale che eventuali perdite dalla parte superiore dei serbatoi e dai punti di erogazione siano intercettate e raccolte nel contenitore; i serbatoi dovrebbero inoltre essere muniti di sistemi di allarme. Prevedere inoltre sistemi automatici che prevengano l'eccessivo riempimento dei serbatoi.
- L'acido solforico e altri materiali reattivi dovrebbero essere stoccati in serbatoi a doppia parete o in serbatoi inseriti in contenitori chimicamente resistenti ed aventi la stessa capacità; è consigliato l'utilizzo di apparecchi per la verifica di eventuali perdite collegati a sistemi di allarme . Se esiste il pericolo di contaminazione della falda l'area di stoccaggio deve essere impermeabile e resistente alla tipologia di materiale stoccato.
- Sostanze incompatibili dovrebbero essere segregate e ove necessario si dovrebbe fare uso di gas inerte.
- Stoccare il materiale che può rilasciare olio su aree pavimentate dotate di cordoli o altri dispositivi di contenimento; utilizzare metodi di trattamento degli effluenti adatti alla tipologia di materiali stoccati.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

- Predisporre sistemi di trasporto dei liquidi in condizioni di sicurezza , in aree aperte al fine di poter identificare tempestivamente eventuali perdite; le tubazioni interrate devono essere opportunamente segnalate e documentate per la sicurezza degli scavi.
- Utilizzare serbatoi omologati per lo stoccaggio di gas tipo GPL con monitoraggio della pressione del serbatoio e dotati di sistemi di erogazione in grado di prevenire rotture e perdite; in caso di aree confinate è utile prevedere il monitoraggio dei gas.
- Ove richiesto, utilizzare trasporti a tenuta, stoccaggi e sistemi di recupero per materiali polverosi; per stoccaggi di breve durata (giornalieri) possono essere utilizzati silos; se si utilizzano apparecchiature completamente chiuse può risultare non necessaria l'adozione di filtri.
- Il materiale non polveroso e non solubile può essere stoccato su superfici impermeabili dotate di drenaggio delle acque meteoriche.
- I trucioli, le torniture e altri rottami contenenti materiali solubili o emulsioni dovrebbero essere stoccati al coperto per prevenirne il dilavamento.
- Le acque piovane che dilavano la polvere dovrebbero essere raccolte e trattate prima di inviarle allo scarico.
- Possono essere usate pulizie programmate delle strade e piazzali mediante spazzatrici.
- Utilizzare metodi di controllo periodici per prevenire spargimenti o identificare perdite dei serbatoi.
- Controllare e campionare il materiale in ingresso per verificarne la qualità e, in base al grado di contaminazione, individuare le tecniche di stoccaggio e di trattamento più idonee.
- Utilizzare corrette pratiche di costruzione e di manutenzione degli impianti ed attrezzature.

*Forni di fusione per alluminio secondario*

Vengono indicate di seguito le tecniche comunemente applicate nei processi di fusione dell'alluminio secondario e che devono essere considerate come tecniche BAT; le indicazioni di seguito riportate sono uno strumento utile per la determinazione delle BAT per i processi di fusione:

a) se possibile è preferibile selezionare preventivamente il rottame in funzione del tipo di forno utilizzato;
b) adottare se possibile sistemi di carica ai forni di tipo sigillato o a tenuta in funzione del tipo di forno utilizzato;
c) se possibile utilizzare cappe e sistemi di estrazione dei fumi per minimizzare le emissioni fuggitive;
d) pretrattare il rottame al fine di rimuovere eventuali oli o composti organici mediante essiccazione, centrifugazione o decoating a meno che il forno di fusione ed il relativo sistema di depurazione di fumi sia stato progettato correttamente;
e) utilizzare forni a crogiolo per fondere quantità limitate di rottame pulito;
f) utilizzare sistemi di postcombustione per rimuovere ove necessario i composti organici comprese le diossine;

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

g) usare calce o bicarbonato di sodio e carbone attivo per neutralizzare i gas acidi e per rimuovere i composti organici e le diossine;
h) ove possibile adottare il recupero energetico;
i) utilizzare sistemi di filtrazione tecnologicamente avanzati quali i filtri a manica o i filtri ceramici.

Nella tabella successiva vengono riassunte le caratteristiche dei vari tipi di forno attualmente in uso.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| Forno | Variante | Applicazione principale | Vantaggi | Svantaggi | Raccolta gas | Note |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Riverbero | Standard | Fusione di rottame pulito e di grosse dimensioni | - elevate capacità (100 t)<br>- limitate restrizioni sulla dimensione dei rottami di carica | - bassa efficienza termica<br>-limitata varietà di rottami | Semisigillato | - alte rese dovute alla qualità dell rottame<br>- possono essere usate pompe per liquido |
| | A camera aperta | Come sopra, in grado inoltre di recuperare rottame di piccole dimensioni | -elevata capacità<br>- maggiore varietà di carica | - bassa efficienza termica | Semisigillato | - alte rese possibili in funzione del tipo di rottame<br>- possono essere usate pompe per liquido |
| | Suola inclinata | In grado di separare l'alluminio da altri metalli con punto di fusione più elevato (ferro, acciaio) | - molto efficiente nel separare metalli ad elevato punto di fusione | - bassa efficienza termica | Semisigillato | - sono talvolta incorporati in altri tipi di forni<br>- la resa dipende dalla contaminazione |
| Rotativo | A asse fisso | Adatto per una vasta gamma di rottami | - nessuna limitazione sulla carica<br>- buona efficienza termica<br>- efficiente eliminazione del Mg<br>- nessuna produzione di schiumature<br>- sono possibili elevati volumi di carica (>65t) | - uso relativamente alto di miscela salina<br>- la dimensione dei rottami può essere limitata | Semisigillato | I.e scorie risultanti possono essere recuperate |
| | Inclinato | Come sopra | Come sopra<br>ma con meno sale e minore capacita | - la dimensione dei rottami può essere limitata | Semisigillato | Si tende ad usare per materiali a bassa resa |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

*Processi di fusione*

Come più volte ricordato, la tipologia delle materie prime e la presenza di specifici contaminanti condizionano fortemente la scelta del forno di fusione ed eventualmente anche il tipo di trattamento preventivo che deve essere effettuato sul rottame.
Nel caso specifico della realtà italiana si sottolinea che, tra le tecniche BAT relative ai processi di fusione, l'utilizzo del forno rotativo a sale risulta predominante rispetto ad altre tipologie di forni di fusione e ciò è dovuto principalmente ai seguenti fattori:

- la scarsità di materia prima (rottami) reperibile sul territorio nazionale e l'elevata capacità produttiva delle aziende italiane determinano il ricorso all'importazione di elevati quantitativi di rottami di varia tipologia;
- l'eterogeneità dei rottami che può richiedere l'utilizzo di specifici interventi praticati al fine di valorizzare al massimo la resa metallica, come ad esempio i processi di pretrattamento e selezione, comporta anche l'adozione di forni di fusione che presentano elevate caratteristiche di flessibilità quali appunto i forni rotativi a sale;
- l'efficienza termica, in considerazione della materia prima utilizzata, sia nei confronti dei forni ad induzione sia verso i forni ad riverbero.

Per i processi di fusione, i forni elencati nella tabella del capitolo precedente sono considerati come tecniche BAT.

*Altre fasi del processo*

Nella tabella successiva vengono indicate le tecniche BAT da adottare per altri processi presenti nel ciclo produttivo.

| **TECNICHE BAT PER ALCUNI PROCESSI** | | |
|---|---|---|
| **Fase del processo** | **Tecnica BAT** | **Note** |
| Raffinazione | Utilizzo di miscela di cloro e $Ar/N_2$ o sali $AlF_3$ | |
| Trattamento schiumature | Copertura con gas inerte e raffreddamento in tamburi sigillati o pressatura delle scorie per ridurre l'ossidazione del metallo ed aumentare la resa | Scorie umide possono rilasciare gas ammoniacali |
| Mantenimento e degasaggio del forno | Captazione dei fumi dai forni, dai canali di colata, se necessario raffreddare ed utilizzare filtri a manica | |
| Pretrattamento dei rottami | Utilizzo di correnti indotte per la separazione del materiale inerte o non metallico dai composti metallici (motori lineari) | Consentono di ottenere rottami più puliti da caricare ai forni di fusione, riducendo al contempo la quantità di sale |

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

*Captazione e depurazione delle emissioni di processo*

I sistemi di captazione e depurazione delle emissioni derivanti dalla varie fasi del processo produttivo dovrebbero possedere alcune caratteristiche quali:

a) sistemi di captazione il più possibile a tenuta sui forni di fusione e con una corretta depressione per evitare emissioni di tipo fuggitivo;
b) in alternativa alla raccolta dei fumi secondaria caratterizzata da elevati costi e consumi energetici, dovrebbero essere preferiti sistemi di captazione mirati per le singole fasi del processo in grado di catturare l'emissione alla fonte e per tutta la sua durata;
c) sistemi di captazione che prevedano ove possibile il recupero energetico e riutilizzo del calore associato ai fumi di processo; ad esempio il calore recuperato può essere utilizzato per preriscaldare la carica a forno;
d) adozione di impianti di depurazione delle polveri ad alta efficienza, quali i filtri a maniche od i filtri ceramici;
e) adozione di impianti di depurazione e recupero di gas acidi mediante iniezione di calce o bicarbonato di sodio; l'iniezione di carbone attivo può rimuovere la diossina contenuta nell'emissione.

Nella tabella seguente sono riassunte le tecniche BAT per il trattamento delle emissioni nell'alluminio secondario.

| **TECNICHE BAT PER LA DEPURAZIONE** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fase del processo** | **Captazione dei fumi** | **Post combustore** | **Filtro** | **Rimozione dei gas acidi** | **Rimozione VOC** |
| Stoccaggio e movimentazione materia prima | * Se polverosa | | * Se polverosa | | |
| Fusione | * | * Se necessario | * | * Se necessario | * Se necessario |
| Essiccazione e decoating | * Se necessario | * Se necessario | * Se necessario | * Se necessario | * Se necessario |
| Mantenimento e degasaggio | * Se necessario | | * Se necessario | | |
| Trattamento schiumature e scorie saline | * | * Per idrogeno e fosfine | * | | |

Nella tabella successiva sono indicati i potenziali inquinanti associati alle singole fasi del processo produttivo e le tecniche di abbattimento consigliate.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| **INQUINANTI ASSOCIATI ALLE SINGOLE FASI DEL PROCESSO** | | |
|---|---|---|
| **Fase del processo** | **Inquinante** | **Tecniche di abbattimento disponibili** |
| Movimentazione rottame | Polvere | Corretto stoccaggio<br>Captazione polveri e filtri a maniche |
| Pretrattamento rottame | Polvere<br><br>Composti organici* | Corretto pretrattamento<br>Captazione polveri e filtri a manica<br>Postcombustore e corretto raffreddamento |
| Fusione secondaria | Polvere e metalli<br><br>Gas acidi, alogenuri<br>Composti organici * | Captazione polveri ed efficienti sistemi di depurazione<br>Scrubber se necessario<br>Selezione e pretrattamento del materiale, postcombustione e corretto raffreddamento, iniezione di carbone, efficiente filtrazione |
| Mantenimento/degasaggio | Polvere, alogenuri e metalli<br><br>Composti organici* | Captazione polveri e depurazione<br>Postcombustione e corretto raffreddamento |
| Recupero scorie e schiumature | Polvere, ammoniaca, fosfine e metalli | Captazione gas e trattamento |
| * Nota: i composti organici includono i VOC come carbonio totale (escluso CO) e le diossine | | |

*Valori in emissioni associati all'utilizzo di tecniche BAT*

Le emissioni in aria provenienti dai processi produttivi sono comprensive delle emissioni depurate e convogliate, e di quelle fuggitive non captate; gli attuali e moderni sistemi di depurazione se correttamente gestiti assicurano un'efficiente rimozione degli inquinanti. Al momento attuale le informazioni disponibili indicano che le emissioni fuggitive possono rappresentare il contributo maggiore dell'emissione globale in atmosfera. Le emissioni fuggitive devono essere valutate caso per caso ed un valido strumento di misura può essere rappresentato dal grado di efficienza di captazione dei fumi prodotti.

Le tabelle successive riassumono, in funzione del processo adottato, le tecniche BAT utilizzabili e le relative performance ambientali raggiungibili.

COPIA TRATTA DA GURITEL - GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| **FORNI DI MANTENIMENTO E DI DEGASAGGIO** | | | |
|---|---|---|---|
| **Inquinante** | **Range correlato all'uso delle BAT** | **Tecniche che possono essere usate per raggiungere questi limiti** | **NOTE** |
| Polvere | < 5 mg/Nm$^3$ | Filtro a maniche | |
| $NO_X$ | < 100 mg/Nm$^3$<br><br>100 – 300 mg/Nm$^3$ | Bruciatori basso $NO_X$<br>Bruciatori ossigeno | Valori più alti sono associati all'uso di miscele arricchite in ossigeno. In questi casi il volume dei gas e la massa in emissione viene ridotta. |
| **Note: solo emissioni raccolte.**<br>Le emissioni associate sono indicate come medie giornaliere sulla base del monitoraggio continuo durante il periodo operativo. In casi in cui il monitoraggio continuo non sia praticabile, si applica il valore medio relativo al periodo di campionamento. Per il sistema di abbattimento usato, le caratteristiche del gas e della polvere e la corretta temperatura operativa , saranno prese in considerazione nella progettazione del sistema. | | | |

| **PRETRATTAMENTO, FUSIONE E RIFUSIONE** | | | |
|---|---|---|---|
| **Inquinante** | **Range correlato all'uso di BAT** | **Tecniche che possono essere usate per raggiungere questi limiti** | **NOTE** |
| Polvere | < 5 mg/Nm$^3$ | Filtro a maniche | Filtri a maniche ad alte prestazioni possono ridurre notevolmente i metalli. |
| $NO_X$ | < 100 mg/Nm$^3$<br><br>100 – 300 mg/Nm$^3$ | Bruciatori basso $NO_X$<br>Bruciatori ossigeno | Valori più alti sono associati all'uso di miscele arricchite in ossigeno. In questi casi il volume dei gas e la massa in emissione viene ridotta. |
| Carbonio organico totale come C | < 15 mg/Nm$^3$<br>< 50 mg/Nm$^3$ | Postcombustore<br>Combustione ottimizzata | Pretrattamento del rottame per rimuovere il rivestimento organico |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| | | | |
|---|---|---|---|
| Diossine | < 0,5 ng/ $Nm^3$ TEQ | Filtri a manica ad alta efficienza, postcombustione e successivo quenching. Altre tecniche sono disponibili (adsorbimento su carbone, ossidazione catalitica) | |
| **Note: solo emissioni convogliate**.<br>Le emissioni associate sono indicate come medie giornaliere sulla base del monitoraggio continuo durante il periodo operativo. In casi in cui il monitoraggio continuo non sia praticabile, si applica il valore medio relativo al periodo di campionamento. Per il sistema di abbattimento usato, le caratteristiche del gas e della polvere e la corretta temperatura operativa , saranno prese in considerazione nella progettazione del sistema. | | | |

*Acque reflue*

Questo tipologia di emissione è caratteristica di ogni singolo insediamento produttivo; in ogni caso gli impianti di trattamento delle acque esistenti sono in grado di assicurare elevate prestazioni ambientali. Le acque di scarico devono essere trattate per rimuovere i solidi sospesi, gli oli ed eventuali gas disciolti. In vari stabilimenti viene praticato il riciclo e riutilizzo delle acque di raffreddamento e delle acque depurate provenienti dal dilavamento dei piazzali.

Nel caso dell'alluminio secondario le emissioni di acque reflue possono pertanto derivare principalmente da:

a) stoccaggio all'aperto dei materiali;
b) utilizzo di scrubber ad umido per la depurazione degli aeriformi;
c) acque di raffreddamento.

*Residui di processo*

In questo ambito deve essere perseguito l'impegno per massimizzare il recupero e riutilizzo dei residui di processo, per ridurne la produzione o in alternativa per produrre residui con caratteristiche tali da poter essere impiegati in altri processi produttivi; questo approccio deve essere considerato come tecnica BAT.

In particolare si ricordano le seguenti tecniche:
a) utilizzo di forni che richiedono un minor consumo di miscela salina;
b) riciclo e recupero selettivo delle scorie saline;
c) ove possibile, riutilizzo dei refrattari e delle polveri di abbattimento dei fumi.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

Nella tabella successiva vengono riassunte le tecniche BAT consigliate per il trattamento dei residui.

| **Tecniche BAT per i residui di produzione** | | | |
|---|---|---|---|
| **Residuo** | **Origine** | **Trattamento** | **Note** |
| Scorie saline | Fusione a forno rotativo | Recupero per macinazione, dissoluzione e cristallizzazione. Produzione di sostanze recuperabili come granella di Al, sale e ossidi di alluminio. | Il processo dovrebbe permettere un elevato standard ambientale. Le emissioni fuggitive di polvere e gas come le fosfine, idrogeno dovrebbero essere raccolte ed abbattute. Previene lo smaltimento in discarica |
| Polveri da filtro | Depurazione fumi | Smaltimento previo trattamento o smaltimento in discarica Parziale riutilizzo nelle scorie saline o utilizzo nell'industria dell'acciaio | In alcuni paesi è vietato lo smaltimento sul suolo, possibile il trattamento termico (se neutralizzate con bicarbonato possono essere usate nel processo di recupero delle scorie saline) |
| Refrattari | Forni | Potenzialmente riutilizzabili con le schiumature, smaltimento in discarica | In alcuni paesi è vietato lo smaltimento al suolo |
| Schiumature | Tutti i forni che non usano sale ed inoltre da fonderie e smelters | Fusione in forni rotativi. Recupero, pellettizzazione usando forni rotativi a tamburo, la polvere può essere usata nel processo di recupero delle scorie saline | Previene lo smaltimento in discarica |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

*Specificità della realtà italiana e considerazioni sulla raggiungibilità delle prestazioni ambientali associabili alle BAT*

Le performance ambientali associate alle BAT sono da intendersi come migliori performance prevedibili a seguito dell'applicazione delle tecnologie considerate; esse rappresentano quindi delle indicazioni di massima e, per rappresentare uno strumento di riferimento affidabile e realistico per la definizione di eventuali limiti di emissione, devono tenere conto degli specifici processi in uso, della tipologia di materia prima utilizzata, delle caratteristiche tecniche degli impianti e delle specifiche condizioni ambientali locali.

In particolare valgono le seguenti considerazioni:

- la diversità di applicazione delle BAT nel caso di impianti nuovi o esistenti;
- nel caso di impianti esistenti, la fattibilità di eventuali ammodernamenti deve tener conto del principio richiamato nel Bref del corretto equilibrio costi/benefici sia in termini di investimenti che di gestione;
- l'effettiva " disponibilità " di tecniche sviluppate su larga scala in considerazione della specificità dei processi produttivi in uso e delle particolari condizioni di esercizio;
- la presenza di spazi " tecnici " adeguati per l'inserimento di nuove tecniche BAT.

Pertanto, rispetto a quanto riportato nel BRef in termini di migliori tecnologie impiantistiche, di pratiche gestionali moderne ed affidabili e di performance raggiungibili, nel caso specifico della produzione di alluminio secondario si ritiene utile evidenziare alcune specificità della realtà italiana.

Consumi energetici

Premesso che il consumo energetico per la produzione di 1 kg di alluminio proveniente dal riciclo di materie secondarie si aggira intorno al 5% del consumo necessario per produrre la stessa quantità da bauxite (alluminio primario), si riportano di seguito alcune considerazioni relative alla componente energetica nei processi per la produzione di alluminio secondario.

Le fasi di lavorazione all'interno del processo produzione di alluminio secondario si possono distinguere sommariamente in processi a freddo (fasi di pretrattamento dei rottami) ed a caldo (pretrattamento rottami e fusione); si deve considerare che:

a) la totalità delle aziende utilizza il metano come combustibile minimizzando di fatto la presenza di ossidi di zolfo nei gas di combustione;
b) a livello nazionale non vengono più utilizzati forni ad induzione che, utilizzando energia elettrica per la fusione dei rottami, sono contraddistinti da consumi energetici elevati;
c) il consumo di energia elettrica si concentra maggiormente in alcuni processi di pretrattamento dei rottami o nel riciclo dei sottoprodotti di fusione.

Pertanto risulta possibile dare una rappresentazione grafica delle distribuzione delle fonti energetiche all'interno del sistema produttivo secondo la tabella che segue.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON LINE

| Fase del processo | Energia elettrica | Combustibile (metano) |
|---|---|---|
| Frantumazione rottami | ** | |
| Cernita metalli | * | |
| Essiccazione | * | ** |
| Fusione (forni rotativi) | * | *** |
| Riciclo sottoprodotti di fusione | ** | |
| Depurazione emissioni | ** | * ( postcombustione ) |

Emissioni in atmosfera

Con riferimento alle indicazioni sulle prestazioni ambientali riferite alle specifiche tipologie di impianto richiamate nel BRef comunitario ed a seguito della ricognizione effettuata a livello di settore, per le principali fasi del processo produttivo, si riportano di seguito i valori di prestazione ottenibili con l'adozione delle tecniche considerate MTD rispetto a quelli attualmente raggiunti dalle aziende italiane.

| **Fase di processo** | **Tecniche considerate MTD** | **Parametri** | **Prestazioni Associabili alle MTD** | **Prestazioni attuali** |
|---|---|---|---|---|
| Pretrattamento<br><br>Processi a freddo (frantumazione, macinazione, flottazione a secco, cernita, ecc.) | Filtri a manica | Polveri | < 5 mg/Nm$^3$ | < 20 mg/Nm$^3$ |
| Pretrattamento<br><br>Processi a caldo (essiccazione trucioli, decoater) | Filtri a manica<br><br>Postcombustore e quench | Polveri | < 5 mg/Nm$^3$ | < 20 mg/Nm$^3$ |
| | | COV | < 50 mg/Nm$^3$ | < 50 mg/Nm$^3$ |
| | | Diossine | < 0,5 ng/Nm$^3$ | |
| Fusione rottami | Filtri a manica Postcombustore e quench | Polveri | < 5 mg/Nm$^3$ | < 20 mg/Nm$^3$ |
| | | COV | < 50 mg/Nm$^3$ | < 80 mg/Nm$^3$ |
| | | Diossine | < 0,5 ng/Nm$^3$ | |
| Recupero scorie (se presenti nel sito) | Filtri a manica, scrubber, postcombustore | Polveri | < 20 mg/Nm$^3$ | < 20 mg/Nm$^3$ |
| | | Ammoniaca | < 30 mg/Nm$^3$ | < 30 mg/Nm$^3$ |
| | | Fosfina | 0,1–0,5 mg/Nm$^3$ | < 1 mg/Nm$^3$ |
| | | Idrogeno solforato | 40 - 50[5] mg/Nm$^3$ | < 50 mg/Nm$^3$ |

[5] Nel Bref comunitario si riporta un intervallo caratteristico del settore pari a 50-100 mg/Nm$^3$

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

**Monitoraggio**

Il piano di monitoraggio ha lo scopo di:

- fornire le informazioni atte a documentare l'attuazione del livello di protezione ambientale richiesto dall'autorizzazione integrata IPPC;
- fornire indicazioni sulle misure ambientali previste per il controllo delle emissioni nell'ambiente, al fine di verificare condizioni di conformità rispetto ai Valori Limite di Emissione (VLE);
- fornire indicazioni in merito alle prestazione ambientali delle tecniche adoperate ed al loro possibile miglioramento;
- fornire dati utili alle comunicazioni aziendali per la costruzione dei registri nazionali e comunitari delle emissioni;
- fornire indicazioni specifiche (frequenze, elaborazione e valutazione dati) sulle modalità di effettuazione delle misure di monitoraggio ambientale.

In generale la scelta dei parametri da monitorare dipende dai processi produttivi, dalle materie prime e dai prodotti chimici usati nel singolo insediamento.

Devono pertanto essere considerati soltanto gli elementi e/o composti significativamente presenti nel ciclo di lavorazione.

I parametri di impatto ambientale relativi ai vari metalli non ferrosi sono riportati nei capitoli specifici della presente Linea Guida e in generale si riferiscono ad aria, acqua, suolo e rumore.

Il piano di monitoraggio, nella selezione dei parametri da considerare e nella formulazione del programma, deve tenere presente i livelli di rischio potenziale di danno ambientale, la probabilità del superamento dei valori limiti di emissione (VLE) e la gravità delle conseguenze dell'eventuale superamento dei limiti nel contesto del singolo insediamento.

Occorre inoltre considerare, in particolare nella determinazione delle frequenze:
- le caratteristiche tecniche specifiche dell'impianto in questione, la sua ubicazione geografica e le condizioni locali dell'ambiente;
- le condizioni operative del processo produttivo (ad es. processi continui o discontinui) ed i cicli delle varie operazioni;
- l'importanza di situazioni non di regime, quali l'avviamento e l'arresto;
- l'esistenza di un adeguato sistema di gestione ambientale a supporto di una generale affidabilità delle misure.

Le modalità specifiche di monitoraggio possono inoltre essere diverse ed in particolare seguire diversi approcci operativi, anche in funzione dell'affidabilità delle misure stesse e dei relativi tempi e costi.
Si possono in particolare avere.

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

- Misure dirette
- Parametri sostitutivi
- Calcoli
- Fattori di emissione

Occorre comunque tenere presente che ogni metodo tra quelli sopra indicati, non esclude gli altri e che una eventuale contemporaneità può rafforzare la attendibilità delle rilevazioni.

Gli impianti produttivi normalmente eseguono con opportuna frequenza una serie di controlli su parametri caratteristici del processo produttivo nel suo complesso. L'adozione di misure in continuo deve essere valutata caso per caso in funzione delle specificità ambientali locali ed impiantistiche.

In relazione alle specifiche caratteristiche di ogni singolo insediamento, sarà opportuno che l'autorità competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale ricerchi con l'azienda interessata la soluzione ottimale per definire un corretto, efficace e realistico piano di monitoraggio e di trasmissione dati.

Alcune indicazioni preliminari da prendere come riferimento possono essere formulate sulla base di quanto riportato nella presente Linea Guida e nello stesso documento BRef originale, tenendo comunque presente alcuni aspetti particolari:

- occorre ad esempio distinguere tra esigenze di confronto tecnologico, tipiche delle performance ambientali riportate nel BRef, e le esigenze di monitoraggio ambientale specifiche degli organi di controllo e delle stesse aziende.

Le tabelle che seguono riassumono i parametri più significativi e le frequenze (puramente indicative) utilizzabili come riferimento di partenza nella definizione del piano di monitoraggio. Le frequenze di monitoraggio qui proposte corrispondono a situazioni operative standard ed a normale prassi industriale. Esse non devono essere intese come la soluzione migliore per ogni situazione, sono modificabili in ragione di specifiche condizioni locali e prescindono da prescrizioni specifiche contenute nella normativa ambientale (attuale e futura) che deve essere, in ogni caso, rispettata.

Le tabelle seguenti, infine, riguardano le sole emissioni convogliate. Anche le emissioni diffuse e fuggitive costituiscono un aspetto rilevante e dovranno essere monitorate, in funzione dell'efficienza dei sistemi di prevenzione e captazione, tenendo presente che allo stato attuale non esiste un metodo unico e condiviso per la loro valutazione.

**EMISSIONI CONVOGLIATE IN ATMOSFERA**

| **Parametro** | **Unità di misura** | **Frequenza di monitoraggio** |
|---|---|---|
| Polveri | $mg/Nm^3$ | 6 -12 mesi |
| Metalli ( Cu, Pb, Cr tot, Zn, Hg, As, Ni ) | $mg/Nm^3$ | 6 – 12 mesi |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

| | | |
|---|---|---|
| Acido cloridrico e acido fluoridrico | $mg/Nm^3$ | 6 – 12 mesi |
| COV | $mg/Nm^3$ | 6 – 12 mesi |
| Diossine | $ng/Nm^3$ | vedi note successive |
| Ammoniaca | $mg/Nm^3$ | 6 – 12 mesi<br>Parametri riferiti al processo di recupero sottoprodotti di fusione (scorie saline) |
| Idrogeno solforato | $mg/Nm^3$ | |
| Fosfina | $mg/Nm^3$ | |

Si ritiene opportuno evidenziare che:

- metalli e sostanze tipiche della produzione possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle sopra riportate qualora specificamente indicate nella normativa nazionale e regionale;
- altri parametri previsti dal BRef e dalle liste EPER (vedi paragrafo monitoraggio nel capitolo di questo documento dedicato all'analisi dell'applicabilità ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento) potrebbero essere presenti in funzione delle sostanze/preparati utilizzati, e delle caratteristiche del processo e pertanto potrebbero essere oggetto di monitoraggio delle emissioni secondo una tempistica da valutare nel caso specifico; in tale ambito ricade anche il monitoraggio delle diossine, la cui formazione dipende dalle caratteristiche dell'alimentazione, dalla tipologia delle apparecchiature, dal processo;
- il monitoraggio in continuo può essere valutato dal gestore, ed eventualmente concordato con l'autorità competente, per una sua applicazione, in casi particolari, ai punti di emissione di maggiore rilevanza ambientale (sia in termini di portata degli effluenti che di pericolosità degli inquinanti presenti) anche al fine di documentare e garantire il rispetto dei limiti di emissione che saranno fissati per l'impianto.

**EMISSIONI IN ACQUA**

| **Parametro** | **Unità di misura** | **Frequenza di monitoraggio** |
|---|---|---|
| Solidi sospesi | mg/l | 4 – 6 mesi |
| pH | | 4 – 6 mesi |
| COD | mg/l | 4 – 6 mesi |
| Grassi ed oli | mg/l | 4 – 6 mesi |
| Metalli ( Al, Cu, Zn, Fe, Cr tot, Ni) | mg/l | 4 – 6 mesi |
| Altri parametri relativi al D.Lgs 152/99 ed alla lista EPER, di cui sia ammissibile riscontrarne la presenza. | mg/l | 4 – 6 mesi |

Nota: metalli e sostanze tipiche della produzione ed elencati nella normativa nazionale possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle indicate

COPIA TRATTA DA GURITEL – GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

Nel caso degli effluenti liquidi il monitoraggio in continuo può essere valutato e può essere applicato a parametri quali pH, temperatura e conducibilità, mentre non è tecnicamente attuabile per le determinazioni sui parametri chimici, quali metalli pesanti, solfati e cloruri.

**MONITORAGGIO DEI RIFIUTI**

Ai fini del monitoraggio, per i rifiuti prodotti dall'impianto oppure in ingresso all'impianto autorizzato, il gestore provvede a registrare e detenere, per un adeguato periodo di tempo, i seguenti elementi:

- la composizione;
- la migliore stima/pesata della quantità prodotta;
- i percorsi dello smaltimento;
- la migliore stima della quantità inviata al recupero;
- registri di carico e scarico, formulari di identificazione dei rifiuti, autorizzazioni degli impianti di smaltimento.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

## IL RAME E LE SUE LEGHE

Il rame ha elevate capacità tra cui:
- alta conducibilità elettrica;
- alta conducibilità termica;
- resistenza alla corrosione;
- di essere recuperato senza perdita di qualità.

Queste principali qualità del rame permettono di poterlo utilizzare per una vasta gamma di applicazioni, quali:
- conduttori elettrici e relativa componentistica
- ingegneria elettronica
- automobili
- costruzioni
- tubazioni
- costruzioni di navi ed aerei
- macchinari
- strumenti di precisione.

Si trova facilmente legato con lo Zn, Sn, Ni e Al ed altri metalli per comporre un'ampia gamma di leghe (bronzo, ottone, ecc).
La produzione del rame è basata sulla purezza catodica, es.99.95% di Cu, come riportato sulle norme standardizzate CEN.

*Fonti di materia prima*

Le principali sorgenti di rame in Europa possono essere trovate in:
- Portogallo (106.500 ton nel 1997);
- Svezia (86.600 ton).

*Produzione e consumo*

La produzione annuale di rame catodico è di 959.000 tonnellate utilizzando materia prima primaria e 896.000 tonnellate utilizzando materia prima secondaria.

| Paese | Miniera (x1000 t di Cu) | Fonderia (x1000 t di Cu) | Raffineria (x1000 t di Cu) | Semiprodotti (x1000 t di Cu) |
|---|---|---|---|---|
| **UE** | 239 | 1168 | 1854 | 4700 |
| **Non UE Europa** | 1135 | 1310 | 1271 | 500 |
| **Africa** | 642 | 562 | 531 | 20 |
| **Asia** | 1884 | 3330 | 3630 | 5600 |
| **America** | 6952 | 4586 | 6000 | 3900 |
| **Oceania** | 672 | 208 | 271 | 150 |

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

In Italia la produzione del rame e delle leghe del rame, sempre riferendoci all'anno 1997, ammonta a:

- 6.000 ton di rame primario catodico;
- 80.000 ton di rame secondario catodico;
- 990.000 ton di semiprodotti.

La tabella seguente mostra le produzioni in Europa, sempre all'anno 1997

| Nazione | Produzione di minerale (x1000 t) | Rame catodico primario (Anodico) (x1000 t) | Rame catodico secondario (Anodico) (x1000 t) | Semiprodotti (x1000 t) |
|---|---|---|---|---|
| **Austria** | | | 77 | 58 |
| **Belgio** | | 203 (35) | 183 (126) | 392 |
| **Danimarca** | | | | |
| **Finlandia** | 9 | 116 (171) | | 120 |
| **Francia** | | 6 | 29 | 684 |
| **Germania** | | 296 | 378 | 1406 |
| **Grecia** | | | | 81 |
| **Irlanda** | | | | |
| **Italia** | | 6 | 80 | 990 |
| **Lussemburgo** | | | | |
| **Olanda** | | | | |
| **Portogallo** | 108 | | | |
| **Spagna** | 37 | 229 (+61) | 63(+28) | 268 |
| **Svezia** | 87 | 95 | 34 | 206 |
| **Gran Bretagna** | | 9 | 58 | 483 |
| **Islanda** | | | | |
| **Norvegia** | 7* | 33 | | |
| **Svizzera** | | | | 70 |
| **Nota: * La produzione corrente del minerale cesserà nel 2000.** | | | | |

In Europa ci sono dieci maggiori raffinerie di cui cinque utilizzano materie prime primarie e secondarie le restanti solo materie prime secondarie. Le maggiori si trovano in Danimarca, Belgio, Svizzera e Finlandia con una capacità annua di rame catodico purificato che va da 100.000 a 250.000 tonnellate; altre industrie presenti in Italia, Spagna, Austria, Gran Bretagna e Belgio hanno una capacità annua che va da 35.000 a 100.000 tonnellate.

**Descrizione del processo di produzione, degli eventuali sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili anche con riferimento alle analisi comunitarie descritte nel BRef**

L'energia utilizzata nel processo elettrolitico è la più significativa. La richiesta energetica (netta) utilizzando concentrati di rame è nell'intervallo 14-20 GJ/t di rame

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

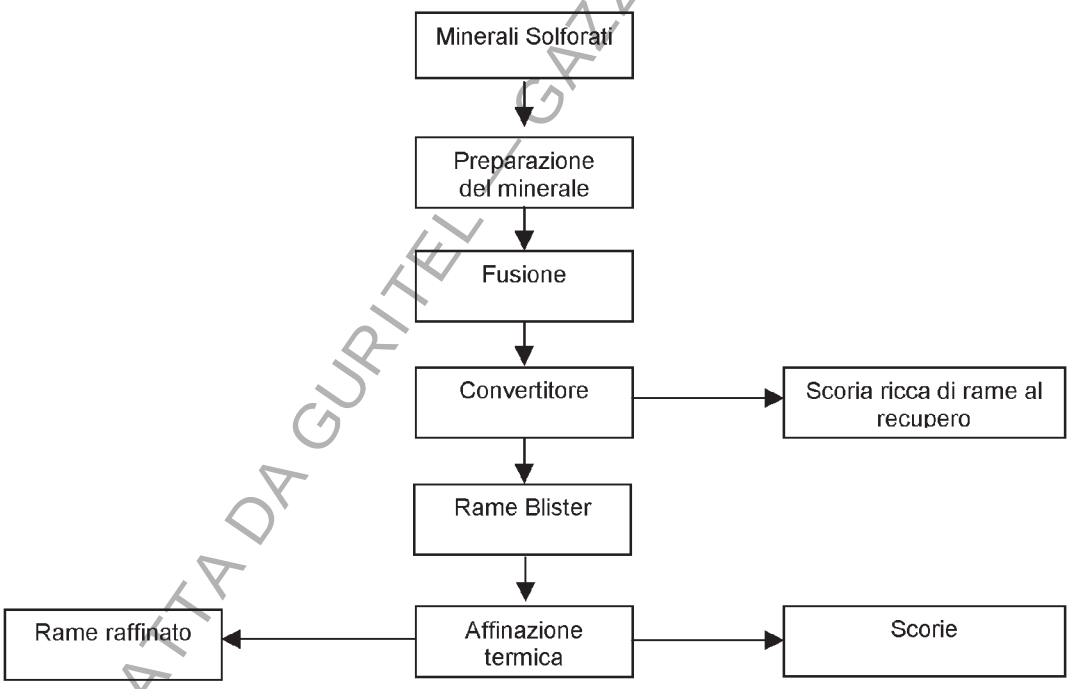
catodico. L'energia consumata attraverso la raffinazione elettrolitica per la produzione di rame è nell'intervallo 300-400 kWh per tonnellata di rame.

*Produzione Rame primario*

Il rame primario può essere prodotto dai composti primari e da altri materiali attraverso processi pirometallurgici ed idrometallurgici. I composti contengono generalmente anche altri metalli i quali vengono recuperati e separati dal rame attraverso particolari processi e tecniche. Il rame si trova raramente presente in natura allo stato nativo, mentre allo stato di composto si possono suddividere in due grandi categorie: ossidi e solfuri.

Processo pirometallurgico

Il numero di steps dipende dalla natura del concentrato usato. I minerali più importanti del rame sono solfuri e le fasi del processo sono: arrostimento, fusione, conversione, raffinazione e raffinazione elettrolitica. La figura seguente mostra uno schema del ciclo di lavorazione dei minerali contenenti solfuri di rame




COPIA TRATTA DA GURITEL - GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE