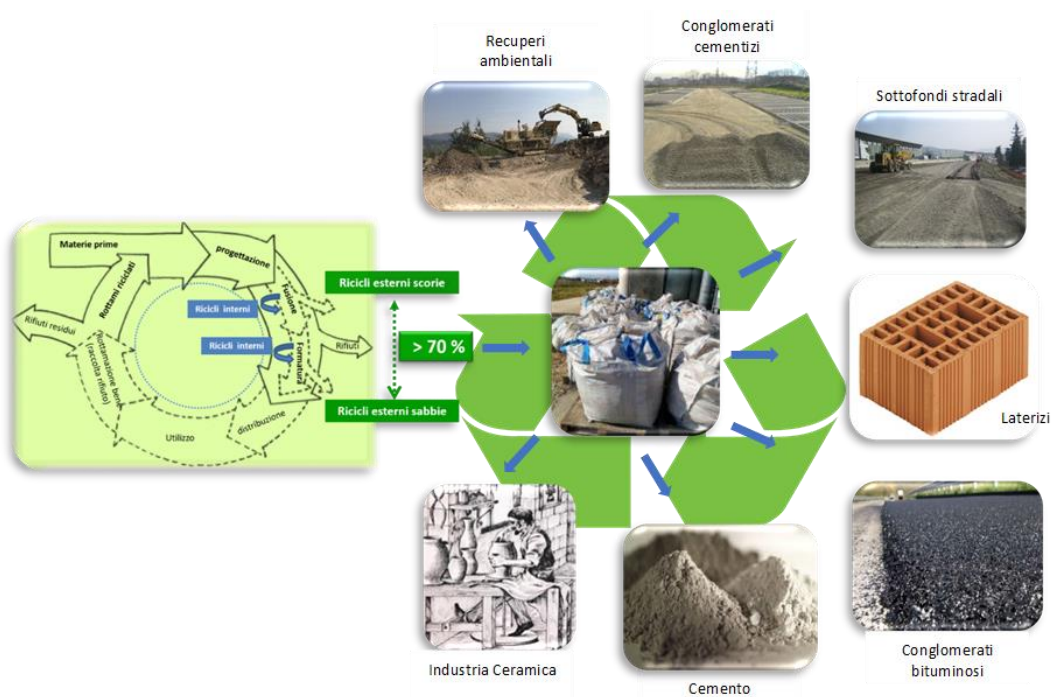


# DOSSIER TERRE ESAUSTE

I residui dei processi di Fonderia: caratterizzazione e prospettive di riutilizzo



Luglio 2020

---

*L'industria italiana delle fonderie è costituita da circa 1.000 imprese, occupa complessivamente poco più di 28.000 addetti diretti e realizza una produzione annua di 2,2 milioni di tonnellate (dati 2017), generando un fatturato complessivo di 7 miliardi di euro.*

*Tra le specializzazioni produttive, il comparto dei getti ferrosi (acciaio e ghisa) realizza un output pari a 1.2 milioni di tonnellate di getti a fronte di un fatturato di 2 miliardi di euro, mentre le fonderie di metalli non ferrosi (alluminio, magnesio, zinco e leghe di rame) producono un volume intorno ad 1 milione di tonnellate di getti con un fatturato di 5 miliardi di euro.*

*Nella classifica dei Top 10 in Europa, l'Italia occupa la seconda posizione, subito dopo la Germania, con una quota pari al 14% della produzione europea di getti ferrosi e non ferrosi.*

*In Lombardia è concentrato 46% delle imprese di fonderia italiane, che producono ben oltre il 50% del totale dei getti prodotti in Italia, poiché nella regione hanno sede alcune delle imprese di maggiori dimensioni.*

---

## SOMMARIO

<b>0. Finalità dello studio</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Il processo di fonderia</b> .....	<b>5</b>
1.1 Le fasi del processo produttivo .....	5
1.2 I residui prodotti dal processo di fonderia.....	6
<b>2. I residui di produzione: le terre esauste</b> .....	<b>8</b>
2.1 Descrizione dei residui .....	9
2.2 Natura dei leganti utilizzati nei processi di formatura .....	10
2.3 Contaminazioni di Terre e sabbie dovute ai residui di leganti .....	11
2.4 Caratteristiche chimico-fisiche e mineralogiche .....	11
2.5 Composizione chimica.....	11
2.5.1 Indagini relative agli inquinanti organici persistenti (POPs).....	12
<b>3. Gestione dei residui come sottoprodotti</b> .....	<b>13</b>
3.1 Trattamenti rientranti nella “normale pratica industriale” .....	13
3.2 Aspetti gestionali.....	13
3.3 Riepilogo verifica delle condizioni definite dall’Art. 184-bis D. Lgs. 152/06.....	13
<b>4. Gestione come rifiuto da recuperare con cessazione della qualifica di rifiuto (EoW)</b> .....	<b>15</b>
4.1 Trattamenti presso l’impianto autorizzato .....	18
4.2 Aspetti gestionali.....	18
4.3 Riepilogo verifica delle condizioni art. 184-ter D. Lgs. 152/2006 .....	19
4.4 Gli ostacoli all’utilizzo .....	20
<b>5. Utilizzi</b> .....	<b>20</b>
<b>6. Requisiti per l’utilizzo</b> .....	<b>20</b>
6.1 Requisiti standard di prodotto .....	20
6.2 Norme Tecniche di riferimento .....	28
6.2.1 Scheda Tecnica (per Sottoprodotto).....	28
6.3 Requisiti standard di tutela della salute e dell’ambiente .....	29
6.3.1 Verifica adempimenti REACH .....	30
6.3.2 Classificazione CLP .....	30
6.3.3 Ulteriori verifiche di pericolosità ambientale.....	32
<b>7. Analisi di Impronta Ambientale di prodotto (LCA)</b> .....	<b>32</b>
7.1 Vantaggi derivanti dall’impiego delle Terre e sabbie esauste in sostituzione di materie prime “vergini”	33
<b>8. Considerazioni economiche</b> .....	<b>34</b>
<b>9. Bibliografia</b> .....	<b>36</b>
<b>Appendice 1 – Categorie di impatto ambientale dell’analisi LCA/PEF</b> .....	<b>37</b>
<b>Allegati:</b>	
• Allegato 1, 2, 3 - Certificati analitici Test di Tossicità;	
• Allegato 4- Certificati analitici Test di Cessione ex allegato 3 DM 5.02.1998.	

---

## 0. FINALITÀ DELLO STUDIO

Il nuovo approccio alla gestione dei residui formalizzato nelle norme approvate nel maggio del 2018, ruota attorno al concetto di economia circolare che vede nella valorizzazione dei materiali “a fine vita” l’elemento centrale per creare nuove risorse, riducendo lo “sfruttamento” del nostro pianeta.

Obiettivo principale del presente studio è quello di favorire l’utilizzo dei principali residui derivanti dal Settore della fonderia come sottoprodotti o come prodotti da recupero rifiuti (c.d. “end of waste”), attraverso l’individuazione di un percorso e procedure certi ed univoci, per trattare in modo sicuro gli scarti e renderli utilizzabili come materie prime per altri processi produttivi e/o attività; in entrambi i casi il residuo rappresenta una valida alternativa all’utilizzo di materie prime “vergini”, favorendo le condizioni per creare un effettivo mercato per questi materiali “alternativi”.

Questo processo è complesso e richiede una serie di passaggi e di approfondimenti, che sono oggetto di puntuale trattazione nel presente studio:

1. individuazione delle fasi più importanti della filiera della gestione degli scarti di fonderia per ottenerne l’ottimizzazione del recupero, anche mediante la raccolta di dati e informazioni emergenti dal progetto Europeo LIFE EFFIGE, che ha al suo interno la filiera delle fonderie come oggetto di analisi LCA e l’impronta ambientale dei prodotti (le fusioni) di tre aziende rappresentative;
2. mappatura completa dei flussi produttivi dai quali hanno origine i suddetti residui, attraverso l’analisi del processo produttivo;
3. individuazione delle “normali pratiche industriali” applicate ai residui delle lavorazioni di fonderia, che consentano di indirizzarli verso processi di utilizzo;
4. definizione delle BAT anche sulla scorta dei documenti tecnici e dei regolamenti europei attuali, come il BREF di Settore;
5. contribuire a definire nuove indicazioni ed informazioni utili all’aggiornamento del BREF europeo di settore, che verrà revisionato nel prossimo biennio dalla Commissione preposta (TWG – Technical Working Group di Siviglia);
6. analizzare le motivazioni che ad oggi continuano a limitare l’utilizzo degli aggregati riciclati con riguardo alle barriere economiche, tecniche, culturali e normative esistenti, effettuando confronti con eventuali normative e buone pratiche esistenti in altre nazioni;
7. promuovere la sinergia e la cooperazione con altri settori, in particolare con il settore delle costruzioni e demolizioni (Codice CER Capitolo 17: rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione) poiché nonostante le differenze di classificazione dei rifiuti, vi sono similarità di trattamento, processi di riciclo con aspetti comuni, oltre a condividere il mercato per alcuni potenziali utilizzi;
8. pervenire ad una documentazione che attesti la qualità dei residui delle lavorazioni di fonderia (in particolare terre e sabbie) ai fini del loro riutilizzo, le cui caratteristiche per alcune applicazioni, risultano essere migliori della materia prima vergine che sostituiscono;
9. delineare procedure di controllo uniformi a livello regionale e il più semplificate possibili;
10. individuare sulla base dei risultati dello Studio le possibili azioni (di tipo formativo, promozionale o tecnico/normativo) che possano consentire il superamento delle “barriere” all’utilizzo dei materiali/ aggregati riciclati.

---

## 1. IL PROCESSO DI FONDERIA

Mediante il processo attuato nella fonderia è possibile realizzare una serie di prodotti finiti (fusioni), con caratteristiche fisiche, metallurgiche e dimensionali ben definite, colando direttamente il metallo allo stato liquido in una opportuna *forma*, lasciandovelo poi solidificare e raffreddare.

Nel sistema di formatura di tipo “a perdere”, in sabbia, (utilizzato nella maggior parte delle fonderie di metalli ferrosi e in molte fonderie di metalli non ferrosi), ciascuna forma viene utilizzata una sola volta, e dopo la colata del metallo, distrutta al momento della estrazione del getto; la *forma* è realizzata con sabbie silicee (o per particolari produzioni sabbie di cromite), opportunamente miscelate con leganti e/o additivi che conferiscono loro le proprietà necessarie per consentire le operazioni di *formatura*.

Durante la fase di *formatura*, viene predisposta l'impronta che riproduce, in negativo, la geometria esterna del pezzo da realizzare; tale impronta si ottiene costipando la terra di formatura, contenuta all'interno di un apposito telaio, contro un *modello* che ha la forma del pezzo da ottenere.

Per potere consentire l'estrazione del modello dall'impronta, la forma è predisposta divisa in due parti (1/2 forma inferiore e 1/2 superiore)

Qualora il pezzo da ottenere presenti delle cavità interne, si ricorre all'impiego delle *anime*, di altre parti di forma, cioè, preparate in apposite fasi produttive impiegando materiali analoghi a quelli utilizzati per le forme (sabbie e leganti); le anime riproducono in negativo la geometria interna del getto.

Le anime, successivamente, vengono posizionate all'interno dell'impronta in una delle due mezze forme, sulla quale viene poi accoppiata l'altra metà.

La forma così completata è pronta per ricevere il metallo liquido nella fase di *colata*; attraverso le canalizzazioni appositamente realizzate nella forma, esso andrà a riempire gli interspazi esistenti tra l'impronta e le anime in modo che, come scrisse cinque secoli or sono Vannoccio Biringuccio nel suo volume *De la Pirotechnia*: **“... nella forma ogni vacuo rende il pieno et ogni pieno rende il vacuo, secondo l'esser del modello”**.

Trascorso il tempo necessario per la solidificazione ed il raffreddamento del getto ottenuto, la forma viene distrutta nell'operazione di *distaffatura*, ed il pezzo separato dalla terra (fase di *sterratura*).

Nelle fasi di *finitura*, il getto viene separato dalle parti metalliche costituenti il sistema di colata (canali e attacchi di colata) e di alimentazione (materozze), nelle operazioni di *smaterozzatura*, e successivamente viene sottoposto alle operazioni di *granigliatura*, effettuate per eliminare i residui di sabbia rimasti attaccati al getto, e di *sbavatura* per l'asportazione di eventuali bave metalliche.

I controlli di qualità concludono il ciclo produttivo di un getto.

### 1.1 Le fasi del processo produttivo

Le fasi attraverso le quali si realizza il processo produttivo sono le seguenti:

1. Fusione;
2. Fabbricazione delle anime;
3. Realizzazione della forma (Formatura);
4. Colata (riempimento forma);
5. Distaffatura/sterratura;

6. Recupero terre e sabbie;
7. Finitura (taglio attacchi di colata e materozze, granigliatura, molatura, ecc.);
8. Controlli di qualità.

Il ciclo produttivo si completa con alcune attività sussidiarie quali quelle connesse con la gestione delle attrezzature di produzione (modelli e casse d'anima), e le attività di manutenzione di macchine ed impianti.

## 1.2 I residui prodotti dal processo di fonderia

Le imprese di Fonderia, caratterizzate da un elevato impatto ambientale ed energetico, hanno avviato da tempo, anche in Italia, politiche aziendali che hanno come obiettivo quello di rendere sostenibile la propria attività; una gestione efficiente del tema ambientale può portare benefici in termini economici, di riduzione dei rischi, di immagine e reputazione delle imprese.

L'analisi dei dati di Settore disponibili, pubblicati nel primo **Rapporto di sostenibilità**<sup>1</sup> del Settore fonderia redatto da Assofond nel 2017 hanno evidenziato il carattere "circolare" dell'economia delle Fonderie italiane, in relazione all'importante contributo dato all'industria del riciclo ed alle filiere coinvolte. Oltre all'utilizzo di rottami come materia prima, molta strada è stata fatta per valorizzare i rifiuti delle lavorazioni di fonderia, perseguendo l'obiettivo "zero rifiuti", attraverso la loro valorizzazione in conformità con i principi dell'economia circolare, quali "materie prime" utilizzabili *tout court* all'interno di processi industriali quali i cementifici, le industrie di laterizi, o utilizzati per la fabbricazione di manufatti per l'edilizia e l'ingegneria civile.

Da alcuni residui dei processi di lavorazioni di fonderia vengono, inoltre, estratti metalli quali alluminio, rame, zinco, nichel e cromo; qui la fonderia costituisce un anello fondamentale dell'industria del riciclo.

Il Settore della fonderia, in particolare quella di metalli ferrosi con sistemi di formatura "a perdere" in sabbia, è caratterizzato da un elevato rapporto rifiuti/prodotto netto; in tali fonderie il ciclo produttivo è caratterizzato da una elevata produzione specifica di rifiuti (in particolare costituiti da: **terre esauste** e **fini** legati al ciclo di lavorazione delle terre – CER 10.09.08; **polveri** derivanti dalla depolverazione delle emissioni in aria – CER 10.09.12; **scorie** di fusione – CER 10.09.03); analoghe considerazioni valgono per le fonderie di metalli non ferrosi con sistemi di formatura "a perdere".

I dati ufficiali disponibili (riportati nel primo rapporto sui rifiuti speciali pubblicato nel 1999 dall'Osservatorio nazionale sui rifiuti ed ISPRA confermano le valutazioni di Assofond, aggiornate nel 2015 in base a dati forniti da un campione rappresentativo di imprese, circa l'incidenza elevata di tali rifiuti sul prodotto, oscillante fra il **55** e il **95 %** (550 ÷ 950 kg/t di getti prodotti):

CER	TIPOLOGIA DI RIFIUTO	INCIDENZA (Kg/t)
10.09.03	Scorie di fusione	50 - 100
10.09.08	Terre esauste e fini	400 - 700
10.09.12	Polveri	100 - 150

<sup>1</sup> Documento scaricabile [RAPPORTO DI SOSTENIBILITÀ ASSO FOND](#)

---

ciò determina la rilevanza del problema dello smaltimento, sia da un punto di vista tecnico, che organizzativo ed economico per le imprese del settore fonderia.

L'attenzione delle imprese del Settore, negli ultimi anni si è molto focalizzata sulle modalità di **gestione dei residui** dei vari processi lavorativi, sia allo scopo di diminuirne le quantità, incentivando sia i riutilizzi all'interno dei processi di fonderia stessi, sia ricercando possibili **utilizzi esterni** alternativi alla «tradizionale» attività di smaltimento.

Il tema dell'utilizzo è stato oggetto di numerosi studi finalizzati a verificare da un lato gli aspetti tecnici (validità tecnica della sostituzione di materie prime naturali, con il residuo proveniente dai processi di fonderia) e dall'altro valutare gli aspetti "ambientali" del riutilizzo.

Anche da un punto di vista normativo, l'attuale legislazione privilegia in termini generali il riutilizzo rispetto alle attività di smaltimento (confronta Art. 180-bis D. Lgs. 152/06), anche se si deve registrare che alle affermazioni di principio sovente non fa riscontro una effettiva "incentivazione" alle attività di riutilizzo.

Attualmente la normativa, per i citati residui delle attività di fonderia, in relazione alla "natura giuridica" derivante dalla loro classificazione, individua le seguenti fattispecie, alle quali sono associabili differenti "percorsi":

- **rifiuto** (nel caso di residui di cui il produttore "intende disfarsi");
- **sottoprodotto** (nel caso in cui il residuo possenga "all'origine" i requisiti definiti all'art. 184-bis D. Lgs. 152/06);

Il residuo, una volta divenuto rifiuto, può tuttavia cessare di essere tale (c.d. "end of waste), attraverso una operazione di riciclaggio. Il residuo che diventa prodotto "**End of Waste**" ha "cessato di essere qualificato rifiuto" (nel caso di rifiuto che dopo essere stato sottoposto ad appropriate operazioni di recupero, ha acquisito caratteristiche tali da: "... *soddisfare i criteri specifici, da adottare nel rispetto delle condizioni* ..." definite dall'art. 184-ter D. Lgs. 152/06).

Pertanto, nel percorso finalizzato alla valorizzazione del residuo, a fianco del sottoprodotto, un'ulteriore opzione individuata dalle norme è rappresentata dalla possibilità, in base all'art. 184-ter del D. Lgs. 152/06, come modificato dall'Art. 14-bis della legge n. 128 del 2 febbraio 2019, che un rifiuto cessi di essere tale, ove sottoposto ad operazioni di recupero, e soddisfi "criteri specifici" che devono essere definiti in appositi atti normativi o atti amministrativi rilasciati dalle Autorità competenti ex Art. 208 D.Lgs. 152/06, nel rispetto di criteri generali fissati dal citato art. 184-ter.

Il solo strumento legislativo non è in grado, tuttavia, di giungere ad una reale valorizzazione dei residui/rifiuti; è necessario creare una **sensibilizzazione positiva**, di carattere politico e mediatico, sia a livello nazionale che locale, nei confronti dell'utilizzo delle sabbie e delle scorie di fonderia, in particolare per impieghi nelle opere pubbliche, dove in relazione ai significativi quantitativi di materiali necessari, si risolverebbe la gran parte dei problemi di smaltimento del settore.

Una effettiva attuazione delle indicazioni normative necessita di uno sforzo comune per individuare iniziative in grado di rendere concretamente attuabili attività di riutilizzo dei rifiuti di fonderia, in linea con i principi dell'economia circolare, di valorizzazione dei materiali a "fine vita", riducendo nel contempo gli attuali costi di smaltimento sempre meno sostenibili, che gravano sulle imprese del Settore, e contribuendo a ridurre l'impatto ambientale legato alla estrazione degli inerti naturali.

---

## 2. I RESIDUI DI PRODUZIONE: LE TERRE ESAUSTE

Il presente Dossier è relativo al residuo denominato **Terra esausta**; vengono definite “esauste” le terre/sabbie in esubero che devono essere eliminate dal ciclo produttivo perché in esubero.

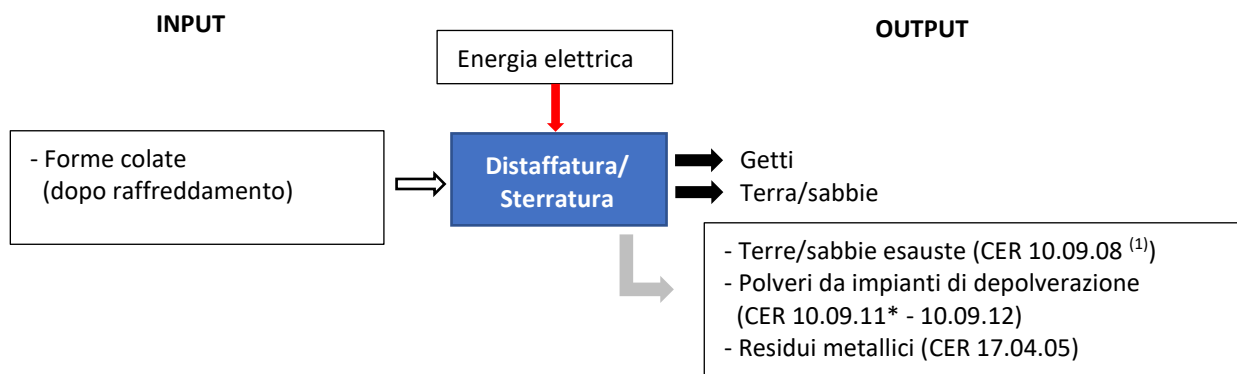
Di seguito vengono analizzate le varie fasi del processo di fonderia che impiega sistemi di formatura in terra, che portano alla produzione di terre esauste.

Per semplicità di esposizione, la descrizione del ciclo che genera il residuo viene effettuata utilizzando uno schema di processo, nel quale sono individuati gli elementi in ingresso e in uscita dal processo. Dal punto di vista dell’analisi LCA-PEF descritta nei paragrafi successivi, questa schematizzazione rappresenta anche i “confini del sistema produttivo” oggetto di analisi.

### Fase produttiva: Distaffatura/Sterratura

Nei processi di formatura “a perdere” ad ogni ciclo viene realizzata una forma in sabbia (legata con argille, silicati o leganti organici) che dopo le fasi di colata del metallo viene distrutta per estrarre il getto. Le terre/sabbie che hanno costituito la forma vengono avviate al recupero interno per essere successivamente riutilizzate.

Anche la sabbia che origina dalle anime presenti nella forma (prodotte con vari tipi di leganti inorganici o organici) viene recuperata assieme alle terre/sabbie costituenti la forma.



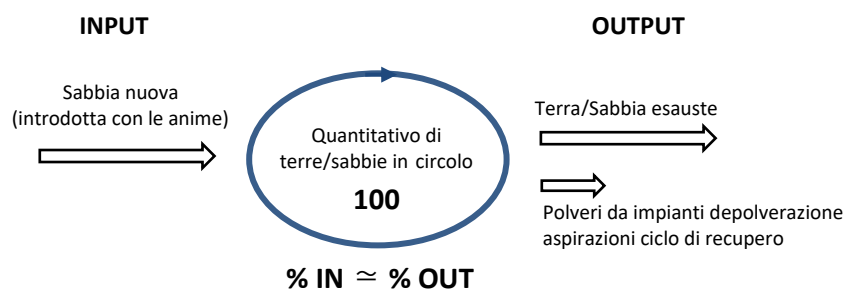
Nota (1) – Alle verifiche analitiche, le terre esauste si sono sempre rivelate NON pericolose

### Fase produttiva: Recupero terre e sabbie

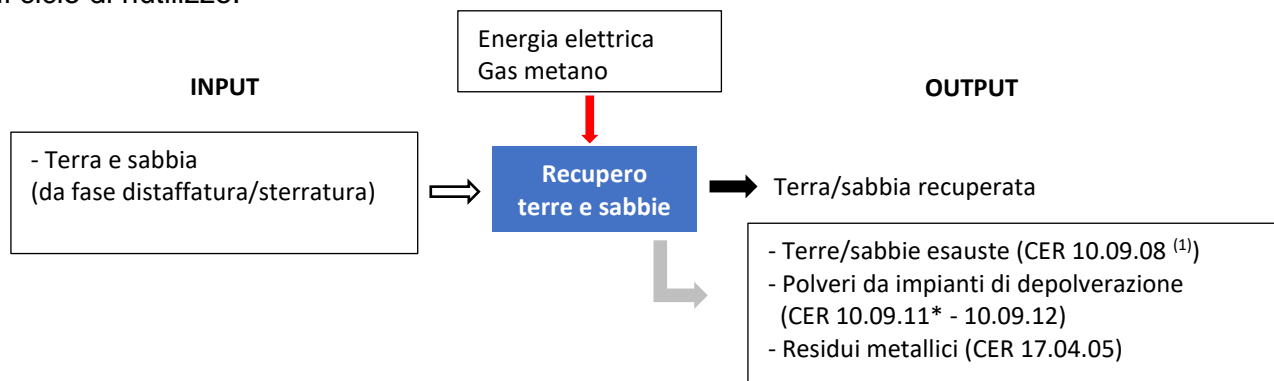
Le terre/sabbie vengono interamente avviate al riutilizzo interno, previo idoneo trattamento di recupero/rigenerazione, a differente grado di efficienza in relazione alla tecnologia di recupero utilizzata. Ad ogni ciclo, una quota parte delle terre/sabbie in esubero deve essere “scartata”; tale quota corrisponde al quantitativo di sabbia nuova introdotta attraverso le anime, al netto della quota necessaria al reintegro delle quantità corrispondenti alla resa del processo di recupero; in questo caso, le terre e sabbie non si configurano rifiuti.

Le caratteristiche chimico fisiche e qualitative di tali terre/sabbie scartate, anche se definite “esauste” sono le medesime di quelle rimesse in circolo.





Il ciclo di riutilizzo:



Nota (1) – Alle verifiche analitiche, le terre esauste si sono sempre rivelate NON pericolose

## 2.1 Descrizione dei residui

Fra i vari residui potenzialmente recuperabili decadenti dai processi di fonderia, il presente studio è focalizzato esclusivamente su: **terre e sabbie esauste** (CER 10.09.08 – 10.10.08) e **polveri** derivanti dal trattamento delle emissioni dei cicli di lavorazione delle terre e sabbie (CER 10.09.12 – 10.10.12), che rappresentano residui della medesima natura/composizione, solo a granulometria più fine delle terre/sabbie.

In relazione alla varietà di tipologie di impianti e di tecnologie produttive presenti in fonderia, per effettuare una caratterizzazione dei citati rifiuti, sia di tipo chimico – fisico che mineralogico, è necessario, prioritariamente, considerare lo specifico assetto tecnico-produttivo che origina il residuo.

Le imprese di fonderia sono caratterizzate in relazione al **tipo di lega** elaborata (ferrosa: ghisa, acciaio – non ferrosa: alluminio, magnesio, leghe di rame, leghe di zinco, nichel, titanio, piombo, leghe di metalli preziosi), al **tipo di formatura** (forme in sabbia “a perdere”; forma metallica “permanente”) e al sistema di **colata** (per gravità, a bassa pressione, ad alta pressione “pressocolata”).

Rispetto al tipo di lega elaborata, ai fini degli obiettivi di caratterizzazione dei residui decadenti dal processo di **fusione**, è rilevante il tipo di forno utilizzato in relazione alla fonte energetica utilizzata nel forno (elettrica o da combustibili: gas metano o GPL, carbone coke).

Rispetto al sistema di formatura in sabbia “a perdere” è rilevante il tipo di legante della sabbia utilizzato per forme ed anime: legante **inorganico** (argilla bentonite, silicati) o legante **organico** (resine).

Ciò premesso, con riferimento ai rifiuti originati dai processi di formatura, oggetto del presente studio, si possono individuare le seguenti fattispecie:

### A. Terre e sabbie esauste

1. Terre esauste derivanti da sistemi di formatura “a verde”;
2. Sabbie esauste derivanti da sistemi di formatura in silicato;
3. Sabbie esauste derivanti da processi di formatura in sabbia-resina.

### B. Polveri

1. Polveri derivanti dal ciclo di lavorazione terre “a verde”;
2. Polveri derivanti dal ciclo di recupero sabbia-resina.

## 2.2 Natura dei leganti utilizzati nei processi di formatura

Nei processi di formatura (di forme ed anime) impiegati in fonderia, vengono utilizzati leganti sia di tipo inorganico, costituiti prevalentemente da argille (tipo bentonite) e silicati (silicato di sodio), sia di tipo organico (resine) di varia natura chimica.

Nella tabella sottostante, ripresa dal BREF2 applicabile alle attività di fonderia, si riportano le varie tipologie di processi a presa chimica, con i relativi leganti, catalizzatori e additivi utilizzati in fonderia per la realizzazione di forme e anime:

PROCESSI		AGGLOMERANTI /ADDITIVI	CATALIZZATORE	IMPIEGO	
				Forme	Anime
INORGANICI	<b>Autoindurenti:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Silicato di sodio/SiO<sub>2</sub></li> <li>• Silicato di sodio/esteri</li> <li>• Cemento</li> </ul>	Silicato di sodio Silicato di sodio Cemento	SiO <sub>2</sub> in polvere Esteri organici Acqua	limitato limitato scarso	limitato limitato --
	<b>Con gasaggio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Silicato di sodio/CO<sub>2</sub></li> </ul>	Silicato di sodio	Anidride carbonica	limitato	diffuso
ORGANICI	<b>Autoindurenti:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemi no-bake furanici</li> </ul>	Resine furaniche	Acido (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> – PTS - ecc.)	diffuso	diffuso
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemi no-bake fenolici</li> </ul>	Resine fenoliche	Acido (PTS – Benzensolfonico)	diffuso	diffuso
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemi no-bake fenol-uretanici</li> <li>• Sistema Alphaset</li> <li>• Sistemi a base di oli</li> </ul>	A due componenti: 1- resina fenolica – 2 Isocianato Resina fenolico - alcalina Resine alchidiche, oli vari, diisocianati	Amminoderivati liquidi Esteri organici Ammine (liquide)	diffuso diffuso diffuso	diffuso diffuso diffuso
	<b>Con gasaggio (Cold Box)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema Ashland</li> <li>• Sistema Ardox/SO<sub>2</sub></li> <li>• Sistema Isofet</li> <li>• Sistema Betaset</li> </ul>	A due componenti: 1- resina fenolica – 2 Isocianato Resina furanica + perossidi Resina bisfenolica – resina acrilica Resina fenolica - alcalina	Ammine (DMA-DMIPA-DMEA) Anidride solforosa Anidride soforosa Formiato di metile	n.u. n.u. n.u. n.u.	diffuso limitato limitato diffuso
ORGANICI	<b>Termoindurenti</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Croning (Shell Moulding)</li> <li>• Sistemi Hot Box furanici</li> <li>• Sistemi Hot Box fenolici</li> <li>• Sistemi Termoshock</li> </ul>	Resina fenolica (tipo novolacca) Resine furaniche Resine fenoliche (tipo resoli) Resine fenoliche o fenol-furaniche	Calore	Limitato n.u. n.u. n.u.	diffuso diffuso diffuso limitato

Sintesi dei principali processi a presa chimica utilizzati per la formatura in fonderia

<sup>2</sup> Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry - May 2005

## 2.3 Contaminazioni di Terre e sabbie dovute ai residui di leganti

A seguito della fase di colata del metallo fuso nella forma, i leganti e/o additivi di natura organica subiscono una degradazione per effetto del calore, a vari livelli in relazione al gradiente di temperatura presente; temperatura via via decrescente dalla zona di contatto della terra con il metallo, verso l'esterno della forma.

Tale pirolisi dei costituenti la forma, dà origine allo sviluppo di vapori contenenti principalmente idrogeno, monossido di carbonio ed anidride carbonica oltre a vari COV; vapori che fuoriescono dalle forme.

Dopo distaffatura, nelle terre e sabbie possono, tuttavia, essere presenti residui di legante (bentonite nei processi "a verde" e residui di resine polimerizzate, in parte parzialmente combuste, nei processi a presa chimica) che possono determinare superamenti di alcuni parametri previsti attualmente dalla normativa sulle attività di utilizzo dei rifiuti speciali non pericolosi, nel caso in cui terre e sabbie esauste siano sottoposte a test di cessione; superamenti che, nella maggior parte dei casi è relativo al COD il cui limite è fissato a 30 mg/l.

Per tutti gli impieghi in processi industriali, eventuali contaminazioni di terre e sabbie non comportano alcun tipo di problema di carattere tecnico salvo alcuni specifici casi riportati nelle Schede tecniche del Capitolo 6.

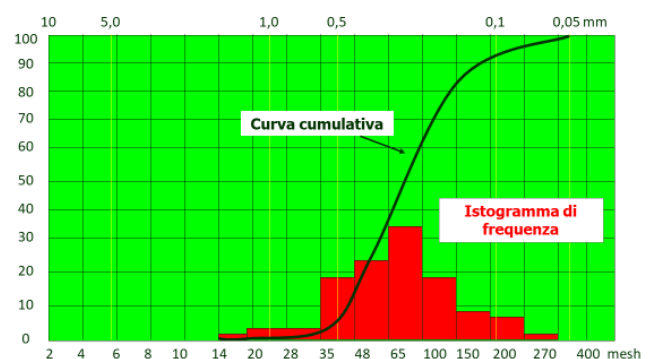
## 2.4 Caratteristiche chimico-fisiche e mineralogiche

Le terre/sabbie esauste sono sostanzialmente costituite da sabbia silicea (ad alta percentuale di quarzo), con residui di legante (di natura inorganica o organica); presentano una granulometria più o meno fine, colore dal grigio scuro al nero, sono inodore e non reattive. Il grano siliceo presenta buone caratteristiche di refrattarietà, durezza e resistenza analoghe a quelle della sabbia "verGINE" impiegata.

### CARATTERISTICHE DI REFRATTARIETÀ DI SABBIE UTILIZZATE IN FONDERIA

Sostanza	Formula chimica	Durezza Mohs	Temperatura rammollimento	Temperatura di fusione
Cromite	$\text{FeCr}_2\text{O}_4$	5,5	--	2.180 °C
Olivina	$\text{Mg}_2\text{SiO}_4$	6,5-7	1.500-1.600	1.900 °C
Quarzo	$\text{SiO}_2$	7	1.640	1.730 °C
Zircone	$\text{ZrSiO}_4$	7,5	1.740	> 2.000 °C
Chamotte	30 – 40 % $\text{Al}_2\text{O}_3$	Varia	1.300-1.400	1.600-1.700

### LE CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE



## 2.5 Composizione chimica

Le terre/sabbie di fonderia sono costituite per la quasi totalità da biossido di silicio ( $\text{SiO}_2$ ), con presenza di residui di argilla (bentonite) e/o di leganti organici (resine) sinterizzati.

Di seguito riportiamo, a titolo meramente esemplificativo, una tabella contenente due tipiche analisi di classificazione dei residui ai sensi della normativa sui rifiuti; i parametri normalmente indagati sono relativi ai composti ed elementi pericolosi che possono comportare l'attribuzione della caratteristica di pericolosità al rifiuto, ai sensi della vigente normativa.

Indipendentemente dal processo che origina il residuo (formatura "a verde" o in sabbia-resina) e dalla tipologia di resine e leganti utilizzati, le terre esauste risultano essere sempre non

pericolose, pur presentando oscillazioni nella composizione per i vari parametri analizzati; risultano, inoltre, sempre assenti i composti organici persistenti (PCB, diossine, furani ed altri POPs).

### 2.5.1 Indagini relative agli inquinanti organici persistenti (POPs)

Le indagini analitiche svolte sulle terre e sabbie esauste hanno escluso la presenza di POPs. Tali composti non entrano nella composizione delle materie prime utilizzate nei processi di formatura di forme ed anime, quali leganti (organici e/o inorganici), additivi e catalizzatori, né si possono sviluppare in fase di utilizzo delle forme a seguito delle operazioni di colata del metallo.

Parametri <sup>(1)</sup>		CER 10 09 08	CER 10 09 12
<b>Metalli</b>	Bario	29 - 170	70 - 80
	Berillio	(*)	(*)
	Cadmio	(*)	(*)
	Cobalto	2,5 - 4	2,5 - 4
	Cromo totale	10 - 110	20 - 130
	Cromo VI	(*)	(*)
	Mercurio	(*)	(*)
	Molibdeno	(*)	(*)
	Nichel	35 - 60	13 - 47
	Piombo	7 - 25	8 - 22
	Rame	10 - 410	20 - 240
	Stagno	10 - 15	6 - 16
	Tallio	(*)	(*)
	Vanadio	10 - 14	10 - 14
Zinco	50 - 270	49 - 1700	
<b>Semimetalli</b>	Antimonio	(*)	(*)
	Arsenico	(*)	(*)
	Tellurio	(*)	(*)
<b>Non metalli</b>	Selenio	(*)	(*)
<b>Composti organici</b>	Fenoli	(*)	10 - 12
	Idrocarburi leggeri	40 - 50	40 - 50
	Idrocarburi pesanti	170 - 190	217 - 220
	Idrocarburi totali	220 - 280	220 - 280
<b>IPA</b>	Acenaftene	(*)	(*)
	Acenanftilene	(*)	(*)
	Antracene	(*)	(*)
	Benzo[a]antracene	(*)	(*)
	Benzo[a]pirene	(*)	(*)
	Benzo[b]fluorantene	(*)	(*)
	Benzo[g,h,i]perilene	(*)	(*)
	Benzo[k]fluorantene	(*)	(*)
	Crisene	(*)	(*)
	Dibenzo[a,h]antracene	(*)	(*)
	Fenantrene	(*)	(*)
	Fluorantene	(*)	(*)
	Fluorene	(*)	(*)
	Indeno [1,2,3-cd] pirene	(*)	(*)
	Naftalene	0,5 - 4	0,5 - 4
Pirene	(*)	(*)	
<b>PCB</b>	PCB totali	(*)	(*)
<b>Altri composti</b>	Solventi clorurati	(*)	(*)
	Solventi organici alifatici	(*)	(*)
	Solventi organici aromatici	(*)	(*)
	Cianuri totali	(*)	(*)
	Cloruri	70 - 80	500-520
	Solfati	300 - 400	1700 - 1750
	pH	8,3 - 10,3	7 - 9
	Residuo secco a 105 °C	93% - 99%	82% - 99%
	Residuo secco a 550/600 °C	86% - 96%	86% - 99%
<b>Note: <sup>(1)</sup> Valori espressi in mg/Kg - (*) Inferiore al limite di rilevabilità</b>			

---

### 3 GESTIONE DEI RESIDUI COME SOTTOPRODOTTI

#### 3.1 Trattamenti rientranti nella “normale pratica industriale”

Il normale ciclo di recupero delle terre/sabbie effettuato all'interno della fonderia prevede alcuni “trattamenti” effettuati per consentire il successivo utilizzo di terre/sabbie all'interno del ciclo produttivo della fonderia, ed in particolare, uno o più fra i seguenti:

- setacciatura/vagliatura;
- deferrizzazione;
- “spogliatura” del grano dai residui di legante (trattamento meccanico);
- “calcinazione” per eliminare i residui di legante (trattamento termico);
- “lavaggio” per eliminare i residui idrosolubili di legante (trattamento ad umido);
- depolverazione, per eliminare dalle terre/sabbie “i fini”.

Le suddette pratiche industriali sono riportate anche nei citati documenti europei che individuano le migliori tecniche disponibili in grado di contenere gli impatti ambientali delle attività industriali, ai sensi della normativa per la prevenzione ed il controllo integrato dell'inquinamento (Direttiva 2010/75/UE); tale documento riporta al paragrafo 4.8, in particolare, le normali pratiche industriali ed i trattamenti cui vengono sottoposte le terre/sabbie per poter essere riutilizzate.

Le terre/sabbie in esubero vengono eliminate dal ciclo della fonderia dopo avere subito i trattamenti previsti nel ciclo di recupero interno, rendendole idonee alla maggior parte dei potenziali riutilizzi, in sostituzione degli “inerti naturali”.

La normale pratica industriale per il sottoprodotto terra/sabbia esausta si traduce in una lavorazione meccanica associata, in alcuni casi, ad un processo termico di calcinazione dei residui organici di resina rimasti attaccati al grano della sabbia; lavorazioni finalizzate a “pulire” il materiale dai residui (metallici e di leganti) del processo di fonderia allo scopo di rendere la terra idoneo al nuovo utilizzo, senza modificare dal punto di vista mineralogico il materiale.

#### 3.2 Aspetti gestionali

La gestione del residuo come sottoprodotto, dal punto di vista tecnico non comporta alcuna modifica del ciclo di fonderia in quanto il residuo è costituito prevalentemente dalla parte “in esubero” della terra/sabbia, con l'aggiunta delle quantità che vengono raccolte lungo il ciclo di recupero delle terre/sabbie stesse.

Il materiale, pertanto, ha caratteristiche chimico-fisiche e merceologiche analoghe a quelle di una terra/sabbia naturale, modificate a seguito dell'utilizzo specifico in fonderia.

Le terre/sabbie possono essere gestite come sottoprodotti in attività di utilizzo esterno in tutti quegli impieghi dove si utilizzano inerti naturali; processi industriali quali: produzione di cemento, di calcestruzzi, di laterizi, di ceramiche, di conglomerati bituminosi, di conglomerati per l'edilizia.

Le terre e sabbie esauste possono essere utilizzate, inoltre, per realizzare rilevati e sottofondi stradali, riempimenti e recuperi ambientali di aree degradate quali le ex cave dismesse.

#### 3.3 Riepilogo verifica delle condizioni definite dall'Art. 184-bis D. Lgs. 152/06

Il residuo costituito da terra/sabbia esausta soddisfa “all'origine” tutti i requisiti che individuano un sottoprodotto, come definito all'art. 184-bis del Codice Ambientale, ed in particolare:

- Provenienza da un processo di produzione;
- Certezza di utilizzo;

- 
- Utilizzo diretto senza ulteriori trattamenti ad eccezione delle “normali pratiche industriali”;
  - Utilizzo “legale”.

Di seguito si procede ad una disamina dei citati requisiti in relazione al residuo in parola e alla attività di utilizzo possibili.

***a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;***

Le terre e sabbie esauste decadono da un processo produttivo industriale: fonderia di metalli per la produzione di getti ferrosi/non ferrosi (codici ATECO: 24.51 – 24.52 – 24.53 – 24.54).

La terra/sabbia viene utilizzata per realizzare le forme destinate a ricevere il metallo liquido.

La terra/sabbia esausta è prodotta ad ogni ciclo di riutilizzo interno, quale eccedenza NON più riutilizzabile internamente.

La produzione del residuo non è “deliberata” ma conseguenza della fase di recupero interno delle terre/sabbie; un accadimento “fisiologico” al processo produttivo che si verifica ciclicamente, in conseguenza (e parallelamente) dell’attività di produzione dei getti.

Come chiarito dalla stessa Commissione CE nella sua Comunicazione COM(2007)59 del 21.02.2007<sup>3</sup>, lo “scopo primario” coincide con la “*produzione deliberata o meno del materiale, proprio al fine di tener distinti i prodotti industriali dai c.d. “sottoprodotti”*”. Ogniqualvolta l’oggetto o la sostanza sono prodotti intenzionalmente, essi costituiranno “prodotti industriali” primari, mentre ciò che è prodotto non intenzionalmente sarà, a seconda dei casi, rifiuto o sottoprodotto.

Nel caso di specie, oggetto della produzione (produzione deliberata) è il getto (ferroso o non ferroso).

La condizione relativa al fatto che il materiale debba essere “*parte integrante del processo produttivo*” non pone particolari problemi interpretativi; sono certamente “parte integrante” della produzione tutti quegli oggetti e/o residui che decadono in via continuativa, periodica o comunque non saltuaria dal processo di produzione di un determinato bene intenzionalmente prodotto. Sicuramente soddisfano il requisito in esame la terra/sabbia esausta decadente dal processo metallurgico di produzione di getti in fonderia.

***b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;***

La certezza dell’utilizzo della terra/sabbia esausta in numerosi processi e/o attività industriali rappresenta una prassi consolidata e facilmente dimostrabile.

Riguardo alla verifica della sussistenza del requisito in esame, la Commissione nella comunicazione COM(2007)59 del 21.02.2007 ha precisato che “*l’esistenza di contratti a lungo termine tra il detentore del materiale e gli utilizzatori successivi può indicare che il materiale oggetto del contratto sarà utilizzato e che quindi vi è certezza del riutilizzo*”.

Nel caso della terra/sabbia esausta l’esistenza di una prassi commerciale consolidata non può che deporre per la (ragionevole) certezza relativamente all’impiego dell’oggetto o sostanza.

---

<sup>3</sup> COM(2007) 59 - Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo relativa alla Comunicazione interpretativa sui rifiuti e sui sottoprodotti – Bruxelles, 21.02.2007

---

**c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;**

La terra/sabbia esausta viene utilizzata nello stato in cui si presenta a valle del processo di fonderia, senza necessità di alcuna ulteriore lavorazione, e avviata direttamente ai processi di recupero analogamente alla sabbia “vergine” che sostituisce.

**d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.**

L'ultimo dei requisiti da verificare per l'individuazione dei sottoprodotti, richiede che “la sostanza o l'oggetto soddisfi per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente”, senza comportare “impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana”.

La norma pone l'accento sulla necessità che il “sottoprodotto”, per essere tale, sia sostanzialmente equiparabile, sotto il profilo dell'impatto ambientale e sanitario, al bene che sostituisce. Il requisito richiede che non debbono essere necessarie speciali operazioni dirette a “innocuizzare” la sostanza perché questa possa essere impiegata nella pratica industriale.

Nel caso di specie delle terre/sabbie esauste, il loro stato è sostanzialmente equiparabile, sotto il profilo dell'impatto ambientale e sanitario, alla terra naturale/sabbia vergine di provenienza da cave o di origine fluviale che sostituisce.

Il requisito viene richiamato dalla Commissione europea, secondo la quale:

*“(…) il fatto che un sottoprodotto abbia un impatto ambientale maggiore di quello del materiale alternativo o di un altro prodotto di cui funge da sostituto può influire, in situazioni in cui il raffronto è possibile e pertinente, sulla classificazione del materiale come rifiuto o meno”.*

Nel caso della terra/sabbia esausta il suo impiego nei vari settori/attività industriali, sia dal punto di vista gestionale per gli aspetti di salute e sicurezza che coinvolgono i lavoratori, sia in relazione all'impatto per l'ambiente in fase di utilizzo, determina “impatti” assolutamente analoghi (in molti casi assolutamente uguali) a quelli che si hanno dall'uso di terre/sabbie “vergini”.

Va sottolineato che le caratteristiche del residuo, sia dal punto di vista tecnico che relativamente agli aspetti ambientali, non subiscono alterazioni nel tempo.

#### **4. GESTIONE COME RIFIUTO DA RECUPERARE CON CESSAZIONE DELLA QUALIFICA DI RIFIUTO (EOW)**

Terre e sabbie nel caso in cui il detentore decida di disfarsene classificandolo come rifiuto, devono essere caratterizzate e classificate attribuendo il relativo codice secondo i criteri definiti dalla Decisione 2000/532/CEE (European Waste Catalogue).

- per le terre/sabbie sono previsti i seguenti codici “a specchio”:
  - CER 10.09.07\* e 10.09.08; per i rifiuti derivanti da fonderie di metalli ferrosi;
  - CER 10.10.07\* e 10.10.08; per i rifiuti derivanti da fonderie di metalli non ferrosi;
  
- per le sabbie fini provenienti dagli impianti di captazione ed abbattimento emissioni sono previsti i seguenti codici “a specchio”:
  - CER 10.09.11\* e 10.09.12 per i rifiuti derivanti da fonderie di metalli ferrosi;
  - CER 10.10.11\* e 10.10.12 per i rifiuti derivanti da fonderie di metalli non ferrosi.

---

Le centinaia di verifiche analitiche effettuate nel tempo dai produttori e dagli smaltitori sui citati materiali ha accertato che il rifiuto, come già precedentemente indicato, è sempre classificabile come NON pericoloso.

Nel caso di gestione quali rifiuti, è comunque possibile accertare in una fase successiva la conformità del materiale ai requisiti dell'art. 184-ter del D. Lgs. 152/06 "cessazione della qualifica di rifiuto", trasformandolo in un "non rifiuto" (End of Waste) escluso dal campo di applicazione della normativa sui rifiuti, se sottoposto ad una operazione di recupero soddisfa specifici requisiti, adottati nel rispetto delle condizioni definite dal citato art. 184-ter come modificato dalla legge n. 128 del 2.11.2019, art. 14-bis:

*"1. Un rifiuto cessa di essere tale, quando è stato sottoposto a un'operazione di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo, e soddisfa i criteri specifici, da adottare nel rispetto delle seguenti condizioni:*

- a) la sostanza o l'oggetto sono destinati a essere utilizzati per scopi specifici;*
- b) esiste un mercato o una domanda per tale sostanza o oggetto;*
- c) la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti;*
- d) l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.*

*2. ... omissis ...*

*3. In mancanza di criteri specifici adottati ai sensi del comma 2, le autorizzazioni di cui agli articoli 208, 209 e 211 e di cui al titolo III-bis della parte seconda del presente decreto, per lo svolgimento di operazioni di recupero ai sensi del presente articolo, sono rilasciate o rinnovate nel rispetto delle condizioni di cui all'articolo 6, paragrafo 1, della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 novembre 2008, e sulla base di criteri dettagliati, definiti nell'ambito dei medesimi procedimenti autorizzatori, che includono:*

- a) materiali di rifiuto in entrata ammissibili ai fini dell'operazione di recupero;*
- b) processi e tecniche di trattamento consentiti;*
- c) criteri di qualità per i materiali di cui è cessata la qualifica di rifiuto ottenuti dall'operazione di recupero in linea con le norme di prodotto applicabili, compresi i valori limite per le sostanze inquinanti, se necessario;*
- d) requisiti affinché i sistemi di gestione dimostrino il rispetto dei criteri relativi alla cessazione della qualifica di rifiuto, compresi il controllo della qualità, l'automonitoraggio e l'accreditamento, se del caso;*
- e) un requisito relativo alla dichiarazione di conformità.*

*In mancanza di criteri specifici adottati ai sensi del comma 2, continuano ad applicarsi, quanto alle procedure semplificate per il recupero dei rifiuti, le disposizioni di cui al decreto del Ministro dell'ambiente 5 febbraio 1998, pubblicato nel supplemento ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, e ai regolamenti di cui ai decreti del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 12 giugno 2002, n. 161, e 17 novembre 2005, n. 269).*

*3-bis. ...omissis ...*

.....

*3-septies ... omissis ... "*

Le attività di recupero/utilizzo definite dal D.M. Ambiente 5 febbraio 1998 richiamate dal citato art. 184-ter, oltre che individuare gli impieghi per le terre e le sabbie esauste, individuano attività di recupero anche per i "fini" (polveri e fanghi) derivanti da filtri di aspirazioni di polveri di fonderia di ghisa e da fasi di rigenerazione delle sabbia, oltre che da abbattimento polveri derivanti dai cicli di lavorazione delle terre:

Nella tabella sottostante si riporta nel dettaglio la voce 7.25 dell'Allegato al D.M. 5 febbraio 1998, relativa a terre e sabbie esauste, la 7.27 relative ai fini derivanti dal ciclo di lavorazione



---

e rigenerazione terre e la voce 12.12 relativa ai fanghi derivanti dal ciclo di lavorazione delle terre; tutte fattispecie riconducibili al rifiuto della medesima natura e caratteristiche chimiche:

**7.25 Tipologia:** terre e sabbie esauste di fonderia di seconda fusione dei metalli ferrosi [100299] [100904] [100901] [100902] [100206].

**7.25.1 Provenienza:** fonderie di seconda fusione di ghisa e di acciaio.

**7.25.2 Caratteristiche del rifiuto:** sabbie e terre refrattarie miscelate con leganti inorganici (argille) e/o organici (resine furaniche, fenoliche e isocianati) il contenuto massimo di fenolo sul rifiuto tal quale è pari a 200 ppm; rifiuti di forme ed anime.

**7.25.3 Attività di recupero:**

- a) cementifici [R5];
- b) produzione di calce idraulica [R5];
- c) processi di rigenerazione delle sabbie di fonderia esauste [R5];
- d) industria dei laterizi della ceramica e dell'argilla espansa [R5];
- e) produzione di conglomerati per l'edilizia [R5];
- f) industria vetraria [R5];
- g) industria ceramica [R5];
- h) produzione conglomerati bituminosi [R5];
- i) utilizzo per rilevati e sottofondi stradali [R5] (il recupero è subordinato all'esecuzione del test di cessione sul rifiuto tal quale secondo il metodo in allegato 3 al presente decreto).

**7.25.4 Caratteristiche delle materie prime e/o dei prodotti ottenuti:**

- a) cemento nelle forme usualmente commercializzate;
- b) calce idraulica nelle forme usualmente commercializzate;
- c) sabbie di fonderia;
- d) laterizi e argilla espansa nelle forme usualmente commercializzate;
- e) conglomerati per l'edilizia nelle forme usualmente commercializzate;
- f) vetro nelle forme usualmente commercializzate;
- g) materiali e/o prodotti ceramici nelle forme usualmente commercializzate;
- h) conglomerati bituminosi nelle forme usualmente commercializzate;

**7.27 Tipologia:** materiali fini da filtri aspirazioni polveri di fonderia di ghisa e da rigenerazione sabbia [100203] [100299]

**7.27.1 Provenienza:** fonderie di seconda fusione di ghisa.

**7.27.2 Caratteristiche del rifiuto:** silice > 70%, ossidi di Al, ossidi di Mg, ossidi Fe e altri ossidi minori, non contenenti PCB e PCT >25 ppm e PCDD > 2,5 ppb.

**7.27.3 Attività di recupero:**

- a) cementifici [R5];
- b) produzione di calcestruzzo [R5];
- c) industria dei laterizi [R5];
- d) produzione di conglomerati per l'edilizia [R5];
- e) produzione vetraria [R5];
- f) produzione di conglomerati bituminosi [R5].

**7.27.4 Caratteristiche delle materie prime e/o dei prodotti ottenuti:**

- a) cemento nelle forme usualmente commercializzate;
- b) calcestruzzo nelle forme usualmente commercializzate;
- c) laterizi nelle forme usualmente commercializzate;
- d) conglomerati per edilizia nelle forme usualmente commercializzate;
- e) vetro nelle forme usualmente commercializzate;
- f) conglomerati bituminosi nelle forme usualmente commercializzate.

---

**12.12 Tipologia:** fanghi da abbattimento polveri da lavorazione terre per fonderie di metalli ferrosi [100204] [100205].

**12.12.1 Provenienza:** fonderie di ghisa e di acciaio.

**12.12.2 Caratteristiche del rifiuto:** fanghi contenenti ossidi di silicio 30-60%, ossidi di alluminio 6-10%, ossidi di magnesio 1-3%, ferro 4-30% ed altri ossidi minori.

**12.12.3 Attività di recupero:** previo eventuale essiccamento:

- a) cementifici [R5];
- b) industria dei prodotti per l'edilizia [R5];
- c) industria dei laterizi [R5];
- d) produzione di conglomerati bituminosi [R5].

**12.12.4 Caratteristiche delle materie prime e/o dei prodotti ottenuti:**

- a) cemento nelle forme usualmente commercializzate;
- b) prodotti per l'edilizia nelle forme usualmente commercializzate;
- c) laterizi nelle forme usualmente commercializzate;
- d) conglomerati bituminosi nelle forme usualmente commercializzate.

#### 4.1 Trattamenti presso l'impianto autorizzato

Le operazioni di recupero del rifiuto costituito da terre e sabbie generate dalle attività di fonderia, finalizzate a rendere il rifiuto idoneo ad un suo utilizzo possono essere, nella sostanza, i medesimi trattamenti che fanno parte del ciclo di recupero delle terre e sabbie interno alla fonderia e precisamente:

- setacciatura/vagliatura;
- deferrizzazione;
- trattamenti di eliminazione dei residui di legante (trattamenti meccanici, termici, "lavaggi" con acqua).

In molti casi le attività di recupero possono essere rappresentate da semplici operazioni di controllo sul rifiuto per verificare se terre e sabbie soddisfano i criteri definiti per lo specifico utilizzo del materiale (requisiti tecnici ed ambientali).

#### 4.2 Aspetti gestionali

Le attività di recupero devono essere gestite sulla base di criteri definiti nel decreto End of Waste o nei singoli decreti autorizzativi di cui al comma 3 del citato art. 184-ter, che devono individuare per ciascuna attività di riutilizzo:

- caratteristiche del rifiuto in ingresso;
- processi e tecniche di trattamento consentiti.
- caratteristiche del materiale in uscita dalle operazioni di recupero.
- criteri di qualità del processo di recupero, comprensivo delle fasi di controllo in input ed output del processo.

Analogamente ad altri decreti End of Waste, la norma prevede la predisposizione di una "Dichiarazione di conformità" che attesti la rispondenza del materiale ai requisiti previsti, che accompagni ciascun lotto di produzione lungo la filiera del riutilizzo; per lotto si intende il quantitativo di sabbia in uscita dall'impianto per la destinazione finale.

In allegato (Scheda 1), una proposta di documento "Dichiarazione di conformità".

---

### 4.3 Riepilogo verifica delle condizioni art. 184-ter D. Lgs. 152/2006

Di seguito si analizzano le condizioni definite dall'art. 184-ter al rifiuto costituito da terre e sabbie esauste, sottoposto ad un'operazione di recupero affinché si possa configurare un EOW:

**a) la sostanza o l'oggetto sono destinati a essere utilizzati per scopi specifici**

Terre e sabbie sono comunemente utilizzate all'interno dei vari processi/attività descritte nei capitoli 5 e 6 del presente studio (cementifici, industria dei laterizi, industria ceramica, produzione di conglomerati cementizi, produzione di conglomerati bituminosi, realizzazione di sottofondi e rilevati stradali, attività di recupero di aree degradata, ecc.).

In tali impieghi il materiale EOW sostituisce l'inerte naturale utilizzato.

**b) esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto**

Attualmente terre e sabbie esauste vengono avviate ad attività di riutilizzo in impianti autorizzati al loro impiego; una modifica normativa che attribuisse la qualifica di EOW a tale materiale sicuramente favorirebbe lo sviluppo di un mercato ben più ampio di quello attuale, oggi limitato a causa dei vincoli normativi che incidono sui costi del materiale rendendolo economicamente "poco vantaggioso" rispetto all'utilizzo di un inerte "vergine".

**c) la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti**

Terre e sabbie esauste dal punto di vista chimico-fisico e mineralogico, sono analoghe agli inerti naturali e, pertanto, presentano tutti i requisiti tecnici previsti per i vari impieghi nei quali sono utilizzati materiali inerti naturali. In alcuni casi la "qualità" del quarzo delle sabbie impiegate in fonderia (principalmente: caratteristiche di refrattarietà e forma del grano) è migliore di quello delle sabbie naturali di origine fluviale utilizzata, la qual cosa conferisce al prodotto finale caratteristiche tecniche migliori. Anche la presenza di residui di legante inorganico argilloso (bentonite) all'interno dei residui di terre esauste derivanti da processi di formatura "a verde", in alcuni impieghi è utile per migliorare le caratteristiche del prodotto finale.

**d) l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà ad impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana**

L'esperienza di utilizzo di terre e sabbie esauste in attività autorizzate alla gestione dei rifiuti fin qui acquisita, ha dimostrato la assoluta compatibilità dal punto di vista ambientale e di sicurezza del personale; il comportamento del EOW sarebbe assolutamente analogo a quello di un inerte naturale "vergine" impiegato nei vari processi industriali più volte elencati.

Anche l'utilizzo di terre e sabbie esauste in attività di costruzione di rilevati e sottofondi stradali si è dimostrata compatibile con le esigenze di tutela ambientale; per tale utilizzo, come avviene nel caso della legislazione francese, è opportuno definire "scenari di impiego" specifici in relazione a criteri di *risk assessment* legati alla tipologia dell'opera da realizzare e alle caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell'area interessata; criteri da definirsi in alternativa all'attuale criterio qualitativo affidato al test di cessione di cui all'allegato 3 del D.M. 5.02.98 che risulta essere estremamente selettivo.

Per i citati impieghi, di costruzione di rilevati e sottofondi stradali, in attesa della definizione di criteri di "valutazione del rischio" si propone un criterio di valutazione basato sul test di cessione mutuato dall'allegato 3 al DM 5.02.98, integrato ove necessario, dal test di tossicità (ecotossicità) previsto dalla normativa CLP.

---

#### 4.4 Gli ostacoli all'utilizzo

L'esperienza di questi anni ha dimostrato che l'utilizzo dei residui di fonderia, in particolare terre e sabbie esauste, che il Settore origina in quantità considerevoli, seppure tecnicamente realizzabile, è limitato da aspetti legati alla sua classificazione di "rifiuto"; ciò determina costi di gestione importanti in relazione al ridotto valore economico del materiale di cui trattasi, appesantimenti "burocratici" legati alla concessione delle autorizzazioni e alla gestione del rifiuto (fideiussioni, controlli, registrazioni, ecc.) ed infine vincoli "culturali" dovuti alla diffidenza legata alla gestione di un rifiuto e non di un prodotto.

Tutto ciò per il settore delle fonderie porta a dovere affrontare notevoli costi per le attività di smaltimento dei propri residui con conseguente perdita di competitività delle imprese italiane sul mercato globale.

Il superamento di tali limiti passa attraverso una differente classificazione dei citati residui, in linea con le esigenze di valorizzazione dei rifiuti posta dalle nuove direttive europee e dei principi alla base dell'Economia Circolare.

#### 5. UTILIZZI

Nel presente capitolo si individuano gli utilizzi che possono avere le terre e sabbie esauste; tali utilizzi, molti dei quali "consolidati" nell'esperienza applicativa del D.M. 5/02/1998, che verranno analizzati nel dettaglio nei capitoli successivi, si individuano in molti degli impieghi industriali nei quali è tradizionalmente impiegato un inerte naturale, e precisamente:

- Cementifici;
- Industria della ceramica;
- Industria del vetro;
- Produzione di conglomerati per l'edilizia;
- Produzione di conglomerati bituminosi;
- Produzione di laterizi e mattoni;
- Utilizzo per realizzazione di rilevati e sottofondi stradali;

Va chiarito preliminarmente che per alcune tipologie di riciclo vi sono già dei processi industriali attivi, mentre per altri vi sono solo delle verifiche sperimentali che hanno mostrato la potenzialità del processo, ma non si è ancora arrivati all'implementazione su un vero e proprio impianto industriale su larga scala. Questo aspetto verrà messo in evidenza nell'analisi dei singoli processi di riutilizzo.

Esistono, inoltre, allo stato, progetti finalizzati alla verifica di fattibilità per nuovi "canali" di riutilizzo (progetti europei "LIFE") che potrebbero portare ad individuare ulteriori impieghi.

#### 6. REQUISITI PER L'UTILIZZO

##### 6.1 Requisiti standard di prodotto

La presente sezione del Dossier si concentra sui processi di riciclo delle terre esauste, per tutti gli impieghi precedentemente individuati, e precisamente:

- Cementifici;
- Industria ceramica;
- Industrie del vetro;
- Produzione di conglomerati per l'edilizia;
- Produzione di conglomerati bituminosi;
- Produttori di laterizi e mattoni;

- Utilizzo per realizzazione di rilevati e sottofondi stradali.

E' opportuno sottolineare che gli impieghi riportati possono utilizzare il residuo indipendentemente dalla sua "natura giuridica" di sottoprodotto o end of waste.

Come già sottolineato, per favorire l'utilizzo delle terre esauste, in relazione al basso valore intrinseco della materia prima "vergine" che vanno a sostituire nei vari impieghi specifici elencati, è importante non gravare il materiale di "costi amministrativi" di gestione del residuo.

In tale ottica, la gestione del residuo come sottoprodotto risulta essere l'opzione maggiormente auspicabile, che minimizza i costi rendendo vantaggioso l'impiego del residuo in alternativa alla materia prima.

Per ciascuna attività/settore di utilizzo vengono presentate "Schede" che elencano i requisiti merceologici del residuo richiesti per lo specifico impiego.

#### Scheda settore di destinazione 1

Tipologia di impresa	<b>Cementifici e imprese di conglomerati cementizi</b>
Caratteristiche tecniche richieste per l'utilizzo	1) tenore di silice > 65% o meglio 70% (cosa in genere verificata); 2) quantità di cromo molto bassa, meglio se attorno a 300-400 ppm (tenori maggiori di cromo creano problemi sul prodotto); 3) COD basso, inferiore al 5%; 4) granulometria necessariamente inferiore a 5 mm. Il settore riutilizza sabbie/terre associate al codice CER 10.09.08, ma non le frazioni fini derivanti dalle fasi di depolverazione delle emissioni (CER 10.09.12) perché queste ultime in genere presentano un COD maggiore e perché possono creare problemi alla qualità delle emissioni in aria durante la cottura, in quanto i citati residui di terre/sabbie vengono inserite fra i materiali di carica del forno (il 4-8% in peso sul totale della carica del forno), successivamente trattati alla temperatura di 1.500 °C. Per l'utilizzo dei residui di terre/sabbie per la produzione di conglomerati cementizi, in particolare le malte refrattarie, pur in presenza di studi scientifici che segnalano oltre che compatibilità anche miglioramenti nelle caratteristiche finali del prodotto, rispetto all'utilizzo di sabbia vergine, non sono segnalate evidenze di mercato.
Processi di preparazione del residuo in entrata	Nessuno.
Ostacoli o materiali che possono impedire il riutilizzo	Presenza nel residuo di quantità di cromo eccessiva (> di 500-600 ppm). COD > 5%.
Verifiche e controlli che vengono effettuati	Deve essere assolutamente tracciata l'origine del residuo. Il residuo deve essere accompagnato da analisi chimica (attualmente: analisi di classificazione del rifiuto).
Prezzi di riferimento possibili attuali e potenziali	Attualmente le principali imprese del settore ritirano gli scarti ad un costo medio per la fonderia di 7 euro a tonnellata. La sabbia naturale viene pagata un prezzo compreso fra 3 a 6 euro a seconda della qualità della sabbia. La gestione del residuo come "non rifiuto" (sottoprodotto o EOW) porterebbe se non ad una valorizzazione del residuo con la fissazione di un "prezzo di mercato", ad una sensibile riduzione del costo di conferimento per il produttore del residuo.

## Scheda imprese di destinazione 2

Tipologia di impresa	<b>Vetriere</b>
Caratteristiche tecniche richieste per l'utilizzo	<p>Attualmente non vi sono esperienze di utilizzo industriale del residuo; l'impiego nell'industria del vetro è stato oggetto di studi sperimentali che ne individuano fattibilità e potenzialità.</p> <p>Il riutilizzo potrebbe essere condizionato da alcune caratteristiche delle terre/sabbie, ed in particolare:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) La presenza di ferro, che non pregiudica la qualità del vetro elaborato ma produce viraggi di colore: per ottenere un colore scuro si utilizzano sabbie con una percentuale di ferro fino a 2.000 p.p.m, mentre per il vetro bianco il tenore di ferro non deve superare 100-200 p.p.m. Il costo della sabbia è in relazione al contenuto di impurità (ossidi di ferro). Più bassa è la quantità di ossidi di ferro e maggiore è il costo della sabbia. Quindi le terre e le sabbie dovrebbero contenere poche impurità (ossidi di ferro). In generale le quantità di tali impurità devono essere contenute nei seguenti range: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Flint Glass (vetro per lenti e prismi): <math>Fe_2O_3</math> compreso fra 0.015% e 0.05 %;</li> <li>b. Flat Glass (vetro per lastre, finestre, etc.): <math>Fe_2O_3</math> compreso tra 0.10% e 0.15 %;</li> <li>c. Containers Glass (contenitori e bottiglie): <math>Fe_2O_3</math> compreso tra 0.10 % e 0.40%, in relazione alla colorazione del vetro (bianchi o colorati).</li> </ol> </li> <li>2) La sabbia deve avere una granulometria specifica (normalmente compresa tra 200 e 700 <math>\mu m</math>) e non deve contenere minerali altofondenti.</li> </ol>
Processi di preparazione del residuo in entrata	Lavaggio e pulizia del materiale per eliminare le impurità presenti. Tale fase di lavaggio è inserita nel processo produttivo e attualmente è applicata sulle sabbie "vergini" approvvigionate.
Ostacoli o materiali che possono impedire il riutilizzo	<p><b>OSTACOLI DI NATURA TECNICA</b></p> <p>Quantità di cromo eccessiva, in quanto gli ossidi di cromo sono materiali altofondenti che oltre ad aumentare i costi di produzione (maggiore energia per la fusione), possono creare problemi di difettosità nel prodotto sia strutturale che di colore. Vi possono essere, inoltre, altri problemi (da verificare) legati alla eventuale presenza di microinquinanti presenti dopo la fase di lavaggio.</p> <p><b>OSTACOLI DI NATURA NON TECNICA</b></p> <p>Come accennato, il Direttore della Stazione Sperimentale del Vetro, ha confermato che attualmente non c'è alcuna vetreria che utilizza terre/sabbie di fonderia. Al riguardo esistono studi sperimentali e specifica letteratura accademica. È necessario, pertanto, che il riciclo dei residui di terra e sabbia di fonderia sia "validato" con verifiche su scala industriale. Si tratta di una opportunità interessante perché il settore potrebbe assorbire importanti volumi di terre/sabbie, infatti una vetreria media produce 400.000 pezzi al giorno e usa 20-40 ton di sabbia vergine: ciò significa mediamente 10.000 tonnellate di sabbia per ogni vetreria.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Pratica industriale. Una vetreria che produce 400.000 pezzi al giorno, per effettuare prove su scala industriale deve poter</li> </ol>

	<p>disporre di dati “certi” sui risultati per evitare conseguenze negative sul prodotto in fase di utilizzo, che avrebbero pesanti ricadute economiche e di immagine. Nessuna impresa vuole correre rischi senza avere una sicurezza molto elevata sulla fattibilità dell'utilizzo oltre che sui risultati qualitativi sul prodotto. Occorre, pertanto, definire delle BAT precise e validate;</p> <p>2) Logistica. La maggior parte delle vetrerie sono sorte vicino a cave di sabbia; nel caso di utilizzo di residui di fonderia devono essere tenuti in conto i costi della logistica, che potrebbero ridurre la convenienza economica della sostituzione di materia prima;</p> <p>3) Problemi “culturali”. I capi-forno sono persone molto conservative che si attengono ad una tradizione e introdurre importanti modifiche quale è quella di cambiare materia prima, potrebbe comportare notevoli difficoltà operative.</p> <p>Nonostante i citati problemi, alla Stazione Sperimentale pensano che in futuro si dovrà arrivare ad un approfondimento del tema “sostituzione” della materia prima con residui, anche se non sarà facile. Spingere verso un'economia circolare con materie prime complesse e schede tecniche di output sempre più dettagliate richiederà un lavoro tecnico elevato ma interessante perché le materie prime vergini saranno sempre meno disponibili (e tendenzialmente più care) e l'adesione ai principi dell'economia circolare è una necessità di cui il settore del vetro è consapevole.</p>
Verifiche e controlli che vengono effettuati	Il problema allo stato attuale non si pone in quanto sono utilizzate esclusivamente sabbie di cava.
Prezzi di riferimento possibili attuali e potenziali	La sabbia naturale viene pagata un prezzo attorno a 18 - 20 euro/t se è di alta qualità, mentre è un po' più basso per quella utilizzata per produzione di vetro colorato. Dato i più elevati costi di materia prima sostenuti dal settore del vetro (ad esempio rispetto al cemento) l'interesse economico di un potenziale mercato sarebbe sicuramente elevato, e rappresenta una notevole opportunità, per una attività di riciclo.

### Scheda imprese di destinazione 3

Tipologia di impresa	<b>Settore ceramico</b>
Caratteristiche tecniche richieste per l'utilizzo	Al momento, non sono definite schede tecniche applicabili alle terre e sabbie di fonderia.
Processi di preparazione degli scarti in entrata	--
Ostacoli tecnici o materiali che possono impedire il riciclo	<p><b>OSTACOLI TECNICI</b></p> <p>Il processo è a 1.200 gradi e alcuni elementi si inertizzano. Ma il problema dei microinquinanti è comunque da considerare. Sicuramente ci sono due fattori critici: il cromo esavalente e la presenza di frazioni “respirabili” di silice libera cristallina.</p> <p>Per il cromo esavalente i valori sono i seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rilascio in Acqua: &lt; 0,005 mg/L (APAT CNR IRSA 3150 C Man 29 2003;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rilascio da solido: &lt; 5,0 mg/kg (CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986).</li> </ul> <p>Per la silice libera cristallina, il limite a livello europeo è stato inserito nella direttiva europea 2017/2398 – Annex III (normativa non ancora recepita da tutti gli stati membri, fra cui l'Italia); al momento è fissato a 0,1 mg/m<sup>3</sup> con un accordo di revisione fra 5 anni.</p> <p>In ceramica nel distretto si è applicato sino ad ora un limite di tipo assicurativo fissato da INAIL a 0,05 mg/m<sup>3</sup>. Nelle terre e sabbie di fonderia le granulometrie della Silice sono quasi sempre superiori; si tratta di verificare che le frazioni “respirabili”, ove presenti, siano nei limiti definiti dalle norme di tutela dei lavoratori.</p> <p><b>OSTACOLI DI NATURA NON TECNICA</b></p> <p>Come nel settore delle vetrerie, nessuna impresa di ceramica usa stabilmente scarti di fonderia nel proprio ciclo produttivo. Si sono fatte delle sperimentazioni su materiali provenienti da filiere “affini” come quella del vetro o con materiali provenienti da pietra e marmo macinati. Anche in questo caso ci sono deversi studi accademici, ma nessuno di tali materiali è stato utilizzato su scala industriale. Il prodotto di punta del settore ceramico è il gres porcellanato che impiega diversi componenti: argille, fondenti e altro e il processo di cottura è a 1.200 gradi. Attualmente l'argilla viene importata dall'Ucraina perché consente volumi molto elevati e tempi di produzione molto veloci. Secondo informazioni avute dalla direttrice del Centro Ceramico di Bologna, la letteratura scientifica riporta studi dai quali risulta la possibilità di utilizzo di terre e delle sabbie di fonderia, ma non è a conoscenza di esperienze a livello industriale, dove molti potrebbero essere le incognite.</p> <p>Si pongono di fatto gli stessi problemi presenti nel settore del vetro: potenzialità indubbie a livello di letteratura accademica, ma mancanza di BAT e, di prassi consolidate che garantiscano il risultato.</p> <p>Ciò premesso, non è ancora ben chiaro il possibile riutilizzo di terre e sabbie di fonderia: se la sostituzione di una percentuale di materia prima vergine o se, come nel settore dei laterizi, come costituente che limita il calo di volume dell'impasto durante la cottura. Senza dubbio il riutilizzo dei residui di fonderia necessita di un serio processo di verifica.</p> <p>L'interesse potenziale esiste sia per motivi economici vista la provenienza estera della materia prima impiegata, sia di natura ambientale.</p> <p>Allo stato attuale è stato possibile utilizzare materiali di riciclo (scarto di vetro, marmo e pietra) a livello industriale solo nell'ambito di un recente progetto LIFE (chiuso lo scorso anno), nel quale è stato realizzato un gres con l'86% di materiale riciclato.</p>
Prezzi di riferimento possibili attuali e potenziali	Il Settore non ha indicato prezzi di riferimento della materia prima, ma le argille si importano tutte dall'Ucraina. Solo questo fatto, considerando i problemi geopolitici, la dipendenza dall'estero e i costi di trasporto, renderebbero assai interessante la sostituzione di questo materiale con materiali locali di riciclo se rappresentassero un'alternativa tecnica valida.



#### Scheda imprese di destinazione 4

Tipologia di impresa	<b>Settore laterizi</b>
Caratteristiche tecniche richieste per l'utilizzo	<p>Per gli utilizzi di terre/sabbie in questo settore oltre alla letteratura accademica vi sono concrete esperienze industriali. I residui silicei vengono impiegati nel ciclo produttivo del laterizio in parziale sostituzione delle sabbie silicee di origine fluviale. Dal punto di vista qualitativo, gli studi e l'esperienza industriale hanno dimostrato un netto miglioramento dovuto alla migliore qualità del quarzo delle sabbie utilizzate in fonderia, che hanno un miglior comportamento in fase di "cottura" del mattone compensando la riduzione di volume dell'argilla alluvionale. Come per i settori della ceramica e del vetro, l'industria dei laterizi potrebbe assorbire grandi quantità di residui, dato che una impresa media di laterizi può utilizzare nel proprio processo produttivo 10.000 - 15.000 tonnellate all'anno di sabbie. In questo settore, a differenza che nel vetro e nella ceramica, vi sono maggiori possibilità concrete di un riciclo in quanto vi sono già delle BAT consolidate.</p> <p>La miscela di impasto viene predisposta nella cosiddetta fase di "pre-lavorazione". La fase di pre-lavorazione comprende tutte quelle attività finalizzate alla realizzazione di una miscela/impasto di argilla e dimagrante (tufo, terra/sabbia di fonderia) opportunamente "sminuzzata" tale da permetterne l'estrusione in una fase successiva.</p> <p>Se fosse utilizzata "tal quale" l'argilla avrebbe un ritiro durante il processo di essiccazione molto elevato (indicativamente 9 %) e ciò potrebbe causare problemi di qualità del materiale (fessurazioni da essiccazione). La miscelazione con materiale inerte ha l'obiettivo pertanto di limitare il ritiro in essiccazione e di ridurre il contenuto di carbonato di calcio presente all'interno della materia prima principale (argilla). Ovviamente i materiali inerti devono avere caratteristiche tali da rispettare i parametri di qualità e di resistenza meccanica del prodotto finito. Il tufo (sabbia silicea) e le terre di fonderia, fino ad oggi utilizzate, hanno caratteristiche tali da permettere il raggiungimento di tali risultati. Indicativamente la quantità di inerte miscelato nell'impasto di argilla è di circa il 15 % ma può variare a seconda delle ricette produttive (a seconda delle famiglie di articoli prodotti si utilizzano ricette di impasto diverse).</p>
Processi di preparazione degli scarti in entrata	Nessuno.
Ostacoli tecnici o materiali che possono impedire il riciclo	<p>Il processo è ad alta temperatura, 1.200 gradi, quindi anche in questo caso molti microinquinanti si inertizzano.</p> <p>Non è mai stato fatto uno studio che valuti le conseguenze sul prodotto di eventuali microinquinanti non inertizzati.</p> <p>Un altro ostacolo non secondario è il fatto che le sabbie di fonderia, ad elevato contenuto di quarzo, sono particolarmente abrasive e quindi il loro utilizzo comporta una manutenzione della fornace più intensa: due volte l'anno in luogo di una volta l'anno, con conseguenti maggiori costi.</p>

	Esistono, inoltre, problemi di natura culturale ma soprattutto mancanza di conoscenza delle potenzialità tecniche ed economiche offerte dal riutilizzo delle terre/sabbie di fonderia.
Verifiche e controlli che vengono effettuati	Attualmente le imprese che utilizzano Terre/sabbie esauste gestiscono il materiale come rifiuto all'interno di una attività autorizzata (AIA).
Prezzi di riferimento possibili attuali e potenziali	Il costo di smaltimento pagato dalla fonderia è attualmente intorno ai 15 - 20 euro/t. La gestione come sottoprodotto o come materia prima secondaria (EoW) lo può ridurre di 2/3. Come in precedenza affermato, è difficile pensare di arrivare all'opzione "costo nullo" o prezzo > 0 in quanto il riutilizzo comporta maggiori costi di manutenzione rispetto all'impiego di sabbia vergine. Tali opzioni sono possibili solo qualora vi fossero dei significativi incrementi nei costi di cavazione della sabbia naturale.

### Scheda imprese di destinazione 5

Tipologia di impresa	<b>Conglomerati bituminosi</b>
Schede tecniche richieste per l'utilizzo	<p>Per i conglomerati bituminosi esiste un decreto End of Waste (Decreto del Ministero dell'Ambiente del <b>28 marzo 2018, n. 69</b>) che prevede controlli sui rifiuti in ingresso all'impianto atti a verificare l'assenza di materiale diverso dal conglomerato bituminoso, nonché il rispetto di alcuni specifici parametri. La norma prevede, inoltre, specifici controlli sul prodotto. I criteri di verifica e i parametri sono i seguenti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Semplice controllo visivo, dei rifiuti in ingresso. Per «controllo visivo» si intende il controllo dei rifiuti con codice CER 17.03.02 che investe tutte le parti del lotto ed impiega le capacità sensoriali umane o qualsiasi apparecchiatura non specializzata;</li> <li>2. Verifiche sul granulato di conglomerato bituminoso;</li> <li>3. Test sul campione di granulato di conglomerato bituminoso mediante il prelievo di campioni secondo le metodiche definite dalla norma UNI 10802, con frequenza di campionamento pari a 1 campione ogni 3.000 m<sup>3</sup> e analisi eseguite da un laboratorio certificato che verifichi i seguenti parametri: Amianto e IPA (sommatoria parametri da 25 a 34 di Tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152). I limiti massimi di concentrazione ammissibile sono: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Sommatoria IPA: 100 mg/kg;</li> <li>b. Amianto: 1.000 mg/kg.</li> </ol> </li> <li>4. Test di cessione sul granulato di conglomerato bituminoso mediante il prelievo di campioni secondo le metodiche definite dalla norma UNI 10802, con frequenza di campionamento e criterio di verifica analoghi a quelli del punto 3. I parametri di verifica sono quelli elencati nel Decreto del Ministero dell'ambiente 5 febbraio 1998 (e appendice A alla norma UNI 10802, secondo la metodica prevista dalla norma UNI EN 12457-2) con gli stessi limiti.</li> </ol>
Processi di preparazione degli scarti in entrata	Tutti i materiali vengono macinati per avere una specifica granulometria, variabile a seconda del tipo di conglomerato.

Ostacoli tecnici o materiali che possono impedire il riciclo	<p><b>OSTACOLI TECNICI</b> L'utilizzo di terre/sabbie esauste non comporta alcun problema tecnico. Da verificare la presenza di problemi sull'idoneità del prodotto, dovuti all'eventuale presenza nel materiale in ingresso di residui di resine fenoliche e/o furaniche. Questi residui di resina nella preparazione dei conglomerati bituminosi con temperatura di 130 - 150 gradi, non bruciano, a differenza di quanto avviene in altri utilizzi industriali (di cottura del clincker, produzione di vetro).</p> <p><b>OSTACOLI DI NATURA NON TECNICA</b> Problemi legati alla "natura giuridica" di rifiuto del residuo attualmente impiegato, di natura culturale citati per le altre possibilità di riciclo.</p>
Verifiche e controlli che vengono effettuati	Attualmente il residuo è accompagnato da un certificato analitico di classificazione redatto ai sensi della normativa sui rifiuti.
Prezzi di riferimento possibili attuali e potenziali	Si utilizzano sabbie e materiali rocciosi di costo generalmente molto basso. Attualmente il riutilizzo comporta comunque per il produttore del rifiuto un costo. La gestione come "non rifiuto" comporterebbe un sicuro risparmio per il settore della fonderia.

#### Scheda imprese di destinazione 6

Tipologia di impresa	<b>Sottofondi e rilevati stradali</b>
Schede tecniche richieste per l'utilizzo	Il materiale per i sottofondi e i rilevati stradali è sostanzialmente un riempitivo che deve dare delle garanzie di stabilità. Attualmente alcuni materiali di scarto di fonderia (terre/sabbie, fini di terre, scorie di fusione) possono essere utilizzati per questo impiego, se superano il test di cessione previsto dal D.M. 5.02.1998 sulle attività di riutilizzo dei rifiuti non pericolosi.
Processi di preparazione degli scarti in entrata	Nessuno. Il materiale sostituisce gli inerti naturali.
Ostacoli tecnici o materiali che possono impedire il riciclo	<p><b>OSTACOLI TECNICI</b> Dal punto di vista tecnico nessuno; numerosi studi e applicazioni pratiche ne hanno ampiamente dimostrato l'idoneità. Dal punto di vista ambientale, la presenza di "inquinanti" quali i residui di resine organiche possono condizionare il risultato del test di cessione, in particolare per il parametro COD il cui limite appare eccessivamente restrittivo (30 mg/l), rendendo il materiale non conforme, dal punto di vista normativo, all'impiego.</p> <p><b>OSTACOLI DI NATURA NON TECNICA</b> Gli ostacoli di natura non tecnica sono connessi, come si diceva in precedenza, al concetto stesso di rifiuto. Normalmente questo genere di utilizzo è ottimale per grandi opere pubbliche come la costruzione di strade o autostrade, realizzazione di terrapieni o altri impieghi in sostituzione di terre e sabbie di origine naturale. Si tratta quasi sempre di materiali "poveri" a basso valore aggiunto per le stesse industrie estrattive.</p>

	In caso di riutilizzo, il “risparmio” per l'utilizzatore non giustifica la responsabilità che grava sui direttori dei lavori che operano la scelta di sostituire gli inerti naturali con “un rifiuto”, in particolare negli appalti pubblici spesso oggetto di indagine da parte della magistratura per molteplici ragioni, e che pertanto, considerano il ricorso all'utilizzo di rifiuti come un ulteriore “fattore di rischio” da evitare a priori. È fondamentale per prevenire questo problema, pervenire ad una diversa classificazione del residuo, oltre ad una seria campagna informativa verso le stazioni appaltanti, le imprese di costruzioni e gli ordini professionali, per promuovere l'economia circolare.
Verifiche e controlli che vengono effettuati	Attualmente il riferimento utilizzato è il Test di cessione ai sensi del D.M. 5.02.1998 e s.m.i. Dal punto di vista tecnico, l'idoneità del materiale non richiede alcuna verifica.
Prezzi di riferimento possibili attuali e potenziali	Il prezzo della sabbia naturale impiegata in edilizia è attualmente intorno ai 10 - 15 euro/t. Considerati i costi di smaltimento di terre/sabbie esauste, il riutilizzo di tali residui comporterebbe notevoli vantaggi economici sia per il produttore che per il riutilizzatore, oltre agli indubbi vantaggi ambientali: riduzione dell'escavazione di inerti e azzeramento del ricorso allo smaltimento in discarica.

Un ulteriore potenziale riutilizzo, attualmente non contemplato nel D.M. 5.02.1998 per le terre e sabbie esauste, è rappresentato dai recuperi ambientali di aree degradate (quali, ad esempio, le ex cave).

Al riguardo segnaliamo che la stessa Legambiente, che da anni conduce “battaglie” di sensibilizzazione auspicando interventi per risolvere il problema del degrado ambientale causato dalle attività di coltivazione delle cave<sup>4</sup> e della loro dismissione, in un recente convegno sul tema del riutilizzo dei rifiuti, ha espresso interesse per lo sviluppo di ipotesi di riutilizzo di terre e sabbie esauste di fonderia oltre che quali materiali sostitutivi degli inerti naturali, quali materiali “di riempimento” per il recupero ambientale di tali aree.

## 6.2 Norme Tecniche di riferimento

Attualmente non esistono normative tecniche che definiscono caratteristiche del residuo, fatta eccezione per l'impiego nelle costruzioni in terra; per questa attività sono disponibili Norme tecniche di recente pubblicazione.

In particolare, la parte 2 della norma UNI EN 16907 del gennaio 2019, descrive e classifica i materiali impiegati nelle costruzioni in terra, da un punto di vista delle caratteristiche fisiche e mineralogiche.

### 6.2.1 Scheda Tecnica (per Sottoprodotto)

Si riporta una scheda tecnica, redatta sulla base dello schema inserito nel DM Ambiente n. 264/2016.

<sup>4</sup> Rapporto Cave 2017- ed. Legambiente onlus - Roma

<b>TERRA/SABBIA ESAUSTA</b>
<b>Anagrafica del produttore</b>
• Denominazione sociale - CF/P.IVA;
• Indirizzo della sede legale e della sede operativa
<b>Impianto di produzione</b>
• Indirizzo
• Autorizzazione/Ente rilasciante Data di rilascio
<input type="checkbox"/> AIA n. xxxxx del gg/mm/aaaa <input type="checkbox"/> AUA n. xxxxx del xx/xx/xxxx
• Descrizione e caratteristiche del processo di produzione
Fonderia di seconda fusione per produzioni di getti di acciaio/ghisa/alluminio, con sistemi di formatura in:
<input type="checkbox"/> sabbia - argilla <input type="checkbox"/> sabbia - silicato <input type="checkbox"/> sabbia - resina
• Indicazione dei materiali in uscita dal processo di produzione (prodotti, residui e rifiuti)
Fusioni (prodotti); bocconi metallici (sottoprodotti destinati a riciclo interno), terre e sabbie esauste destinati a riutilizzo esterno
<b>Informazioni sul materiale</b>
• <b>Tipologia e caratteristiche del residuo e modalità di produzione</b>
Terra/sabbia silicea derivanti da processi di formatura in fonderia di:
<input type="checkbox"/> metalli ferrosi: <input type="checkbox"/> Acciaio <input type="checkbox"/> Ghisa
<input type="checkbox"/> metalli non ferrosi: <input type="checkbox"/> Alluminio <input type="checkbox"/> Leghe di Rame <input type="checkbox"/> Leghe di Zinco <input type="checkbox"/> Altre leghe non ferrose
• <b>Conformità del materiale rispetto all'impiego previsto</b>
Residuo idoneo a sostituire la sabbia vergine nei processi produttivi industriali e costruzioni stradali
<b>Destinazione del sottoprodotto</b>
• <b>Tipologia di attività o impianti idonei ad utilizzare il residuo</b>
Cementifici; produzione di calce idraulica; produzione di calcestruzzo; produzione di laterizi; industria della ceramica; produzione di conglomerati per l'edilizia; produzione vetraria; produzione di conglomerati bituminosi; utilizzo per rilevati e sottofondi stradali
• <b>Impianto o attività di destinazione</b>
<b>Tempi e modalità di deposito e movimentazione</b>
Residuo stabile, non putrescibile, non deperibile – Stoccare al coperto
• <b>Modalità di raccolta e deposito del residuo</b>
Materiale <input type="checkbox"/> Sfuso <input type="checkbox"/> in Big Bags <input type="checkbox"/> Altro (specificare)
• <b>Indicazione del luogo e delle caratteristiche del deposito e di eventuali depositi intermedi</b>
• <b>Tempo massimo previsto per il deposito a partire dalla produzione fino all'impiego definitivo</b>
Non definito: materiale non soggetto ad alterazioni, non putrescibile, non produce percolato.
• <b>Modalità di trasporto</b>
<input type="checkbox"/> Sfuso <input type="checkbox"/> in Big Bags <input type="checkbox"/> Altro (specificare)
<b>Organizzazione e continuità del sistema di gestione</b>
Il residuo, decadente dal processo di formatura in fonderia è prodotto in continuità
• <b>Descrizione delle tempistiche e delle modalità di gestione finalizzate ad assicurare l'identificazione e l'utilizzazione effettiva del sottoprodotto.</b>
La produzione del residuo può essere tracciata, fin dalla sua origine.

### 6.3 Requisiti standard di tutela della salute e dell'ambiente

Allo scopo di verificare le caratteristiche del residuo per gli aspetti legati alla tutela ambientale e della salute umana, sono state eseguite una serie di caratterizzazioni analitiche.

---

La scelta circa i tipi di prove cui sottoporre il residuo è stata operata considerando il residuo in ottica di recupero in sostituzione di una materia “vergine” e, come tale, soggetta ai criteri di classificazione definiti dalle Direttive europee concernenti la classificazione, l’etichettatura e l’imballaggio delle sostanze pericolose (Regolamento CLP) ed il Regolamento REACH applicabile a tutti i “chemicals” immessi sul mercato europeo.

Concettualmente gli scarti di fonderia destinati ad attività di riutilizzo esterno, sono da considerarsi come nuovi input di un processo produttivo e quindi come tali vanno valutati quali “prodotti” e non come rifiuti, sottoposti non a test di cessione secondo il D.M. 5/02/1998, ma al test di ecotossicità previsto dalla normativa CLP. Questa logica è perfettamente coerente con il fatto che, oltretutto, i principali processi di riutilizzo degli scarti non prevedono la loro immissione diretta (residuo tal quale) nell’ambiente, fatta eccezione delle attività di recupero per la realizzazione di rilevati e sottofondi stradali, attività verso la quale ad oggi è destinata una quota minima dei residui di fonderia; per questo specifico riutilizzo, se necessario, è possibile considerare un eventuale test di cessione o, molto più razionalmente in ottica di economia circolare, come già accennato, definendo “scenari di impiego” specifici in relazione a criteri di *risk assessment* legati alla tipologia dell’opera da realizzare e alle caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell’area interessata, in analogia con quanto previsto dalla normativa tecnica francese definita dal *Ministère de l’Ecologie, du Développement Durable et de l’Energie*<sup>5</sup>, per il riutilizzo delle scorie di siderurgia.

### 6.3.1 Verifica adempimenti REACH

Il residuo è costituito da minerali inseriti nell’Allegato V del REACH esenti da registrazione ex art. 2, paragrafo 7, lettera b), Regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006).

Le sabbie e la bentonite (argilla) utilizzate in fonderia, sono presenti in natura (in particolare le sabbie, estratto da cave, subiscono esclusivamente processi di lavorazione quali: vagliatura, lavaggi in acqua ed essiccazione; lavorazioni che, ai sensi del punto 39) dell’art. 3 del Regolamento, consentono di definire tali materiali quali “Sostanze presenti in natura”).

Inoltre, i residui in parola non subiscono, durante il processo di fonderia, o nelle successive lavorazioni di “pulizia” del residuo per il successivo utilizzo, modificazioni chimiche (ai sensi del punto 40 dell’art. 3 del Regolamento), rimanendo immutata la struttura chimica e mineralogica del materiale originale.

Il residuo, infine, non contiene alcuna sostanza di cui all’allegato XIII sottoposta a restrizione e/o dell’allegato XIV sottoposte ad autorizzazione, né risulta essere “contaminato” da alcuna delle sostanze SVHC di cui all’art. 59, paragrafo 10 del Regolamento REACH.

Non essendo classificato come pericoloso, il residuo non necessita della Scheda di Sicurezza (SDS) di cui al Regolamento REACH (art. 31 e Allegato II Regolamento (UE) 1907/2006 e s.m.i.).

### 6.3.2 Classificazione CLP

#### 6.3.2.1 Analisi dei potenziali fattori di ecotossicità

I test di ecotossicità sono uno degli elementi principali per la valutazione della “qualità ambientale” dei prodotti. Si è cercato di approssimare il problema nel modo più ampio possibile cercando di distinguere tra:

---

<sup>5</sup> *Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière. Les laitiers sidérurgiques – Octobre 2012*

- 
1. le verifiche che possono essere fatte utilizzando i test già consolidati allo stato attuale, definiti secondo degli standard ISPRA e/o standard riconosciuti a livello internazionale;
  2. test e analisi che possono essere potenzialmente utili ma che richiedono un lavoro di ricerca specifico con università e centri specializzati.

Nel presente lavoro si è optato per la prima ipotesi di lavoro, immediatamente fruibile, in particolare facendo riferimento, come già indicato, al Regolamento CLP per i prodotti chimici e alla normativa REACH. Queste normative che riguardano la classificazione dei prodotti chimici immessi sul mercato sono state considerate a scopo precauzionale, in quanto per la massima parte le terre e sabbie di fonderia sono costituite da materiali di origine naturale con presenza di residui di leganti di natura inorganica (argille e silicati) e/o organica (resine) in basse percentuali (inferiori al 3% in peso).

Allo scopo di valutare gli “effetti ambientali” di tali residui seguendo il principio di precauzione, si è deciso di valutare gli eventuali effetti di ecotossicità che potessero limitarne il riutilizzo.

### 6.3.2.2 Criteri di campionamento

Allo scopo di garantire la rappresentatività dei materiali utilizzati, al fine delle verifiche analitiche necessarie per caratterizzare il residuo, i campionamenti sono stati effettuati nel rispetto della norma UNI 10802:2013.

Questo procedimento di campionamento manuale si effettua in funzione dello stato fisico del residuo, dello stato e caratteristiche dello stoccaggio realizzato presso il produttore/detentore e dell’obiettivo dell’analisi.

L’importanza di questo criterio di campionamento è data dalla garanzia di rappresentatività del campione prelevato; infatti anche qualora il materiale si presentasse visivamente eterogeneo in relazione al suo stato fisico e/o pezzatura, è possibile ottenere un campione di laboratorio in grado essere rappresentativo del residuo nel suo complesso.

I campionamenti devono essere effettuati da personale qualificato e corredati di verbale di campionamento atto a descrivere la metodologia utilizzata e quant’altro necessario per garantire la conformità e rappresentatività dei campioni sottoposti ad analisi.

Il verbale di campionamento sarà parte integrante del certificato analitico risultante.

### 6.3.2.3 Verifica ecotossicità CLP

La normativa CLP considera tra i criteri di ecotossicità per l’ambiente due elementi:

1. pericoloso per l’ambiente acquatico;
2. pericoloso per lo strato di ozono.

Le verifiche svolte hanno riguardato esclusivamente il primo punto, in quanto, in mancanza di elementi volatili nel residuo Terre e sabbie di fonderia, possono ragionevolmente escludersi rischi a carico dello strato di ozono.

Relativamente alla valutazione dell’ecotossicità in acqua, su un set di campioni di fonderia, sono stati eseguiti, a cura di un qualificato laboratorio, i seguenti test:

1. Test di tossicità acuta con Zebrafish – OECD/OCDE 203 (1992)
2. Saggio ecotossicologico - Daphnia magna Straus OECD/OCDE 202 (2004)
3. Test di ecotossicità con Pseudokirchneriella subcapitata OECD/OCDE 201 (2011)
4. Test cronico di tossicità - Daphnia magna Straus OECD/OCDE 211 (2012)

Allegato ai certificati analitici dei Test di ecotossicità effettuati, sono riportate, per ciascuno dei tre campioni di residuo analizzati (N. 2 relativi a terre esauste ed 1 relativo a fini derivanti

---

da processi di lavorazione delle terre) le relative Relazioni tecniche descrittive delle modalità di gestione dei campioni e delle metodologie di prova utilizzate.

Nel merito dei test, segnaliamo che Assofond ha in corso contatti con ISPRA finalizzati ad un chiarimento in merito al tipo di test cui sottoporre i residui derivanti dai cicli produttivi di fonderia, al fine di una loro classificazione in ottica di riutilizzo (non come rifiuto).

#### 6.3.2.4 Scheda di Sicurezza e/o Scheda informativa

Il residuo, classificato non pericoloso, non necessita della Scheda di Sicurezza (SDS) di cui al Regolamento REACH (art. 31 e allegato II Regolamento (UE) n. 1907/2006 e s.m.i. ).

Il residuo potrà essere accompagnato da una scheda tecnica informativa e nel caso di EOW, da una “Dichiarazione di conformità” del prodotto alle prescrizioni del Decreto EOW.

#### 6.3.3 Ulteriori verifiche di pericolosità ambientale

Allo scopo di fornire un quadro il più possibile esaustivo in merito alle eventuali caratteristiche di pericolosità del residuo, sui campioni di terre e sabbie esauste (CER 100908 – 101008) e sulle polveri derivanti dal trattamento delle emissioni dei cicli di lavorazione delle terre e sabbie (CER 100912 – 101012) sottoposti ai test di ecotossicità, sono stati eseguiti anche i test di cessione previsti dall’Allegato 3 del D.M. 5 febbraio 1998, richiesti per le attività di recupero che prevedono immissione diretta del rifiuto in ambiente (realizzazione di rilevati e sottofondi stradali).

Per la valutazione dell’idoneità all’utilizzo “non legato” del residuo per immissione diretta in ambiente, nel presente studio si propone un Test di cessione (Scheda 2) mutuato da quello previsto dal DM 5.02.98, con i relativi criteri di accettabilità.

### 7. ANALISI DI IMPRONTA AMBIENTALE DI PRODOTTO (LCA)<sup>6</sup>

Nel settore delle fonderie è stata fatta una analisi di PEF screening (Product Environmental Footprint) nell’ambito del progetto LIFE EFFIGE. Le analisi di impronta ambientale PEF sono un tipo di LCA particolarmente dettagliato che ha una sua specifica regolamentazione europea, espressa nella Raccomandazione 2013/179 e nei manuali che vengono aggiornati periodicamente (l’ultimo è la PEF Guidance v. 6.3 del giugno 2018). Con questa metodologia la Commissione Europea vuole spingere le imprese a dotarsi di strumenti univoci e condivisi di misurazione delle performance ambientali. È importante considerare che questo genere di analisi non valuta solo le emissioni di carbonio e il riscaldamento globale come classi di impatto ambientale, ma quindici classi totali che riguardano, oltre ai parametri citati, anche l’eutrofizzazione (marina, terrestre e di acqua dolce), l’acidificazione delle piogge, il consumo di suolo e delle risorse minerali, etc.<sup>7</sup>

Le analisi di PEF screening sono indagini che vengono condotte su un campione rappresentativo di imprese del settore e sono volte a stimare una classe di “impatti medi”, che

---

<sup>6</sup> I dati utilizzati nell’analisi di PEF screening del settore hanno fatto riferimento alle seguenti fonti e ai seguenti database:

- “Foundries energy benchmark”, ENEA and ASSOFONDO, 2017;
- “Rapporto di Sostenibilità”, ASSOFOND, 2017
- “Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry”, European Commission, 2005
- ECOIVENT 3.4 database.

<sup>7</sup> Tra le classi di impatto considerato vi sono anche tre categorie di impatto che riguardano l’ecotossicità per l’essere umano (due specifiche e una di tossicità in acqua dolce). Si tratta di categorie ancora in fase di approfondimento; il test in acqua non ha specifica attinenza con i test di ecotossicità dei rifiuti, poiché questi ultimi seguono un modello diverso (quello di Rosebaum et al., 2008) che considera gli impatti generali derivanti da tutte le fasi produttive.



vengono prese come soglie di benchmark rispetto alle quali confrontare i valori delle singole imprese. Queste analisi sono il punto di riferimento per l'adozione di regole europee o per l'ottenimento di marchi green come il recente "Made Green in Italy", utilizzati anche come base per le certificazioni ambientali.

In sintesi, questa analisi si fonda sulla modellazione delle fasi del processo produttivo, sulla definizione dell'unità funzionale di un prodotto rappresentativo del settore, sull'analisi dei flussi in entrata e in uscita (emissioni) in ogni fase del ciclo produttivo e sul calcolo degli impatti per ogni categoria mediante software che utilizzano ampi dataset internazionali.

Lo studio completo può essere richiesto ad Assofond, che coordina la filiera delle fonderie, mentre la PEFCR del settore è disponibile sul sito del progetto EFFIGE: [www.lifeeffige.eu](http://www.lifeeffige.eu). Qui di seguito si riportano alcuni elementi di sintesi volti a fornire il quadro generale degli impatti ambientali. Alcune tabelle sono in inglese perché il progetto ha molti dei suoi report in inglese, ma il significato e i valori sono facilmente interpretabili.

Il prodotto rappresentativo che è stato scelto è una tonnellata di getto di ghisa, differenziato in base alla tecnologia produttiva; i pesi percentuali per ciascuna tecnologia produttiva sono assegnati in base alle relative quote rispetto al totale del volume di produzione del settore.

L'analisi LCA/PEF messa in atto dalle fonderie attraverso la loro associazione di rappresentanza Assofond ha permesso di mettere in evidenza quali siano gli impatti del ciclo produttivo delle fonderie ma è anche un punto di partenza per valutare gli effetti positivi del processo di riciclo dei residui delle lavorazioni.

TAVOLA 7.1 PRODOTTO RAPPRENTATIVO

Prodotti rappresentativi		Tecniche di produzione		Tecniche di fusione	
SU1	Getti di Ghisa	Green sand casting	84%	Cupola furnace	20%
				Electric furnace	50%
				Rotary furnace	30%
		Sand casting	14%	Electric furnace	90%
				Rotary furnace	10%
		Permanent mold casting	2%	Electric furnace	100%

Se una tonnellata di scarti di fonderia non finisce in discarica ma viene riutilizzata in un vero e proprio processo di riciclo, ad esempio nel caso delle terre esauste come sostituto della sabbia di origine naturale, quali vantaggi ci possono essere in termini ambientali ed economici? Il prossimo paragrafo prova a fornire una prima risposta al quesito in termini ambientali mentre il capitolo 8 fornisce una risposta sugli aspetti economici.

### 7.1 Vantaggi derivanti dall'impiego delle Terre e sabbie esauste in sostituzione di materie prime "vergini"

L'obiettivo di questo paragrafo è quello di fornire indicazioni qualitative in merito ai possibili vantaggi che possono derivare da un processo di riciclo. È evidente che questo genere di analisi richiederebbe una completa elencazione di tutti i residui e dei loro possibili utilizzi alternativi, cosa che attualmente manca. Tuttavia, si può formulare una ipotesi esemplificativa facendo riferimento ad uno dei principali riutilizzi delle terre/sabbie, ovvero la sostituzione della sabbia vergine. Le sabbie vergini sono molteplici e il loro valore è funzione della percentuale di silice contenuta, del colore, della granulometria e del grado di purezza. Le

---

sabbie utilizzate per il processo di produzione del vetro sono di qualità elevata; come già analizzato, le sabbie di fonderia possono sostituire quelle vergini nella produzione del vetro, come riportato negli studi accademici effettuati; sostituzione che risulterebbe essere fattibile dal punto di vista tecnico, sebbene manchino esperienze condotte su scala industriale.

In letteratura sono presenti analisi LCA sull'estrazione di una tonnellata di sabbia vergine destinata a vari usi, tra cui quello della produzione del vetro<sup>8</sup>; la produzione di una tonnellata di sabbia vergine ha un elevato impatto ambientale. Osservando solo gli impatti climatici in termini di Kg di CO<sub>2</sub> equivalenti, si osserva che a seconda della tecnologia utilizzata, l'estrazione di una tonnellata genera dai 33 ai 52,5 kg di CO<sub>2</sub>: prendendo la media tra i due valori arrotondata per difetto, si ottiene un valore di 42 Kg di CO<sub>2</sub> equivalente. Considerando che una vetreria consuma mediamente 10.000 tonnellate di sabbia all'anno, questo significa che il processo di estrazione della sabbia vergine per una vetreria comporta emissioni di CO<sub>2</sub> per 420 tonnellate all'anno.

L'impiego di un materiale di riciclo porterebbe a risparmiare tale impatto ambientale; un ulteriore vantaggio ambientale deriva dalla riduzione dei quantitativi di rifiuto eventualmente conferito in discarica, ove non trovasse canali di riutilizzo.

## 8. CONSIDERAZIONI ECONOMICHE

Attualmente lo smaltimento delle terre e sabbie esauste rappresenta una quota significativa dei costi di produzione di un getto, in relazione ai quantitativi in gioco.

Mediamente lo smaltimento di una tonnellata di terre/sabbie esauste costa 10 euro (+ trasporto), con punte anche di molto superiori, in relazione alle condizioni di mercato che sono molto variabili e soggette a "logiche" diverse di quelle tipiche del rapporto fra domanda e offerta.

Il costo totale per lo smaltimento dei vari rifiuti decadenti dal ciclo produttivo della fonderia è mediamente del 1-2 % del fatturato del Settore; la quota parte di tali costi è relativo allo smaltimento di terre e sabbie esauste.

Una gestione del residuo come non rifiuto porterebbe come primo risultato ad una riduzione di tali costi con una prospettiva di creare un mercato nel quale le terre/sabbie esauste abbiano un valore in quanto "sostituto" degli inerti naturali, più o meno elevato in relazione al valore della materia prima che va a sostituire.

Nel caso di sostituzione di materia prima proveniente dall'estero vi sarebbe un interesse maggiore del mercato in relazione all'origine nazionale delle terre/sabbie esauste con minori costi di trasporto (oltre che di minore costo in termini ambientali).

Nel caso delle sabbie utilizzate in vetreria, ad esempio, con un valore di mercato che va da 10 a 20 euro/tonnellata, ipotizzando la possibilità di sostituzione con sabbie di fonderia, si avrebbero ampi margini di mercato in quanto:

1. un prezzo intermedio (ad esempio tra 3 e 5 euro per tonnellata) rappresenta un'opportunità per entrambi i soggetti: fonderia che lo cede e impresa che lo acquista;
2. i settori presi in esame hanno la potenzialità di assorbire elevate quantità di questi residui: considerati i volumi di produzione<sup>9</sup>, è facilmente ipotizzabile che, implementando un appropriato percorso di sviluppo industriale in ottica di economia

---

<sup>8</sup> Si veda Anamarija Grbeš *A Life Cycle Assessment of Silica Sand: Comparing the Beneficiation Processes*, in "Sustainability" - Sustainability 2016, 8(1), 11; <https://doi.org/10.3390/su8010011>.

<sup>9</sup> Si è visto che una vetreria assorbe 10.000 t di sabbia, mentre un'impresa di laterizi che produce mattoni ne può assorbire mediamente 20.000, ma può arrivare anche a molto oltre.

---

circolare, si possa riciclare l'intera produzione annua di residui di fonderia nei settori citati, orientandosi progressivamente verso settori con più elevato valore aggiunto.

In merito al punto 2, si osservi che la ricerca scientifica è in continuo sviluppo e le opzioni sui possibili riutilizzi per gli scarti di fonderia si stanno progressivamente allargando. Il problema è quello di creare le giuste condizioni al riutilizzo superando le barriere legali e culturali.

Un ultimo aspetto che non deve essere trascurato è l'elevata tendenza all'innovazione del settore. La concorrenza internazionale è sempre più agguerrita e questo spinge le imprese verso investimenti in innovazione, finalizzati alla riduzione dei costi per unità di prodotto. Un risparmio di costi di smaltimento verrebbe reinvestito praticamente quasi per intero, creando rinnovamento, incremento di occupazione ed effetti moltiplicativi intersettoriali.

---

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. Anamarija Grbeš *A Life Cycle Assessment of Silica Sand: Comparing the Beneficiation Processes*, in "Sustainability", *Sustainability* **2016**, 8(1), 11; <https://doi.org/10.3390/su8010011>.
2. ASSOFOND *Rapporto Ambientale*, 2016
3. ASSOFOND *PEF Screening report of Cast-Iron*, EFFIGE project, [www.lifeeffige.eu](http://www.lifeeffige.eu);
4. ENEA and ASSOFONDO *Foundries energy benchmark*, 2017;
5. European Commission *Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry*, 2005;
6. ECOIVENT 3.4 database;
7. Legambiente *Rapporto Cave*, 2017;
8. Legambiente *Rapporto recycle*, 2018;

## APPENDICE 1 – CATEGORIE DI IMPATTO AMBIENTALE DELL'ANALISI LCA/PEF

Impact Categories	Indicator	Description
Climate Change (GWP 100)	kg CO <sub>2</sub> eq	Capacity of a greenhouse gas to influence radiative forcing. It relates to the capacity to influence changes in the global, average surface-air temperature and subsequent change in various climate parameters and their effects, such as storm frequency and intensity, rainfall intensity and frequency of flooding, etc.
Ozone Depletion	kg CFC-11 eq	Ozone Depletion accounts for the degradation of stratospheric ozone due to emissions of ozone depleting substances, for example long-lived chlorine and bromine-containing gases (e.g. CFCs, HCFCs, Halons).
Human Toxicity - cancer effects	CTUh	Human Toxicity –cancer - accounts for the adverse health effects on human beings caused by the intake of toxic substances through inhalation of air, food/water ingestion, penetration through the skin in so far as they are related to cancer.
Human Toxicity – non- cancer effects	CTUh	Human Toxicity- non cancer – accounts for the adverse health effects on human beings caused by the intake of toxic substances through inhalation of air, food/water ingestion, penetration through the skin in so far as they are related to non-cancer effects that are not caused by particulate matter/respiratory inorganics or ionising radiation.
Particulate Matter/Respiratory Inorganics	kg PM <sub>2.5</sub> eq	Particulate Matter/Respiratory Inorganics accounts for the adverse health effects on human health caused by emissions of Particulate Matter (PM) and its precursors (NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> )
Ionising Radiation – human health effects	kg U <sub>235</sub> eq	Ionising Radiation, human health accounts for the adverse health effects on human health caused by radioactive releases.
Photochemical Ozone Formation	kg NMVOC eq	Photochemical Ozone Formation accounts for the formation of ozone at the ground level of the troposphere caused by photochemical oxidation of Volatile Organic Compounds (VOCs) and carbon monoxide (CO) in the presence of nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> ) and sunlight. High concentrations of ground-level tropospheric ozone damage vegetation, human respiratory tracts and manmade materials through reaction with organic materials.
Acidification	molc H <sup>+</sup> eq	Acidification addresses impacts due to acidifying substances in the environment. Emissions of NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> and SO <sub>x</sub> lead to releases of hydrogen ions (H <sup>+</sup> ) when the gases are mineralised. The protons contribute to the acidification of soils and water when they are released in areas where the buffering capacity is low, resulting in forest decline and lakes acidification.
Eutrophication – terrestrial	mol N eq	Nutrients (mainly nitrogen and phosphorus) from sewage outfalls and fertilised farmland accelerate the growth of algae and other vegetation in water. The degradation of organic material consumes oxygen resulting in oxygen deficiency and, in some cases, fish death. Eutrophication translates the quantity of emission of substances into

Impact Categories	Indicator	Description
		a common measure expressed as the oxygen required for the degradation of dead biomass.
Eutrophication – aquatic	kg P eq	Nutrients (mainly nitrogen and phosphorus) from sewage outfalls and fertilised farmland accelerate the growth of algae and other vegetation in water. The degradation of organic material consumes oxygen resulting in oxygen deficiency and, in some cases, fish death. Eutrophication translates the quantity of emission of substances into a common measure expressed as the oxygen required for the degradation of dead biomass.
Eutrophication – marine	kg N eq	Nutrients (mainly nitrogen and phosphorus) from sewage outfalls and fertilised farmland accelerate the growth of algae and other vegetation in water. The degradation of organic material consumes oxygen resulting in oxygen deficiency and, in some cases, fish death. Eutrophication translates the quantity of emission of substances into a common measure expressed as the oxygen required for the degradation of dead biomass.
Ecotoxicity for aquatic fresh water	CTUe	Ecotoxicity addresses the toxic impacts on an ecosystem, which damage individual species and change the structure and function of the ecosystem. Ecotoxicity is a result of a variety of different toxicological mechanisms caused by the release of substances with a direct effect on the health of the ecosystem.
Land Transformation	kg C deficit	Land Transformation relates to use (occupation) and conversion (transformation) of land area by activities such as agriculture, roads, housing, mining, etc. Land occupation considers the effects of the land use, the amount of area involved and the duration of its occupation (changes in quality multiplied by area and duration). Land transformation considers the extent of changes in land properties and the area affected (changes in quality multiplied by the area).
Resource Depletion – water use related to local scarcity of water	m <sup>3</sup> water eq	Resource Depletion addresses use of natural resources, either renewable or non-renewable, biotic or abiotic.
Mineral, fossil & renewable resource depletion	kg Sb eq	Resource Depletion addresses use of natural resources, either renewable or non-renewable, biotic or abiotic.

Modello di scheda di **dichiarazione di conformità**

-- -- --

Dichiarazione n. \_\_\_\_/anno \_\_\_\_

(NOTA: riportare il numero della dichiarazione in modo progressivo)

**DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ (DDC)**

Dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà ai sensi e per gli effetti dell'articolo 184-ter del D. Lgs. n. 152/06 e s.m.i. e dell'autorizzazione n. .... del .... / .... / .....

(articoli 47 e 38 del D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)

**Anagrafica del produttore**

Denominazione sociale ..... CF/P.IVA ..... Iscrizione al registro imprese ..... Indirizzo .....  
Numero civico ..... CAP ..... Comune ..... Provincia ..... Impianto di  
produzione ..... Indirizzo ..... Numero civico ..... CAP ..... Comune ..... Provincia .....  
Autorizzazione n ..... del ..... Ente rilasciante .....

**Il produttore sopra indicato dichiara che**

- il lotto di prodotto recupero dalle terre e sabbia di fonderia esauste è rappresentato dalla seguente quantità in volume: ..... (NOTA: indicare in cifre e lettere i m<sup>3</sup>);
- il predetto lotto rispetta i requisiti standard di prodotto ed i requisiti di tutela della salute e dall'ambiente, previsti nell'ambito di utilizzo.

**Il produttore dichiara infine di**

- essere consapevole delle sanzioni penali, previste in caso di dichiarazioni non veritiere e di falsità negli atti e della conseguente decadenza dai benefici di cui agli articoli 75 e 76 del D.P.R. 445/2000;
- essere informato che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con mezzi informatici, esclusivamente per il procedimento per il quale la dichiarazione viene resa (articolo 13 del decreto legislativo 30 giugno 2003, n. 196).

A supporto dei dati riportati nella presente dichiarazione si allegano<sup>10</sup>

Luogo e data

Timbro e firma del produttore

<sup>10</sup> Alla dichiarazione di conformità devono essere allegati i relativi rapporti di analisi, laddove richiesto per l'utilizzo specifico.

### TEST DI CESSIONE

Il presente Test è utilizzabile per la valutazione della conformità del residuo terra esausta nel caso di utilizzi non legati (quali ad esempio rilevati e sottofondi stradali, "capping" di discarica, ecc.); la terra esausta, indipendentemente dal suo status giuridico (sottoprodotto / End of Waste), viene sottoposta al Test di cessione, condotto secondo quanto previsto dalla norma tecnica UNI EN 1744-3 "Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati – Preparazione di eluati per dilavamento di aggregati".

Il Test di cessione del residuo è finalizzato a verificare l'eventuale presenza, e relativa concentrazione, di determinati parametri, che sono considerati rilevanti - in determinate concentrazioni e condizioni - per il loro potenziale impatto sia sulla salute umana, sia sull'ambiente. Tali parametri sono stati individuati a partire dalla tabella di cui all'allegato 3 del D.M. 5 febbraio 1998, con l'esclusione di alcune sostanze/elementi, tenendo conto delle peculiarità e delle specificità di composizione chimica del materiale in esame (terra esausta).

Nello specifico, per l'analisi del Test di cessione, sono stati esclusi i seguenti parametri presenti invece nell'allegato 3 del D.M. 5 febbraio 1998:

- Bario;
- Rame;
- Berillio;
- Cobalto;
- Vanadio;
- Arsenico;
- Cadmio;
- Piombo;
- Selenio;
- Mercurio;
- Amianto;

Per i parametri esclusi, negli eluati delle terre esauste, si registrano infatti valori al di sotto della soglia di rilevabilità analitica oppure, qualora rilevati, i valori sono sempre significativamente inferiori ai rispettivi valori limite riportati nell'allegato 3 del D.M. 5 febbraio 1998. Ciò accade in quanto, nel processo che subiscono le terre di formatura in fonderia, mancano le condizioni per la loro stessa formazione.

Per quanto riguarda i valori limite proposti per i restanti parametri, essi corrispondono a quelli previsti dall'allegato 3 del D.M. 5 febbraio 1998:

Parametri	Concentrazioni limite	Unità di misura
Nitrati	50	mg/l NO3
Fluoruri	1,5	mg/l F
Solfati	250	mg/l SO4
Cloruri	100	mg/l Cl
Zinco	3	mg/l Zn
Nichel	10	microgrammi/l Ni
Cromo totale	50	microgrammi/l Cr
COD	30	mg/l
PH	5.5 < > 12.0	--



---

La verifica della conformità della terra esausta di fonderia, per gli utilizzi non legati, richiede dunque, l'effettuazione del Test di cessione (svolto secondo la norma tecnica UNI EN 1744-3), e la valutazione dei risultati ottenuti per i parametri riportati in tabella, secondo il seguente protocollo:

- se tutti i parametri rispettano il proprio limite, allora la terra esausta è conforme per gli utilizzi non legati;
- se uno o più parametri analizzati non rispettano il proprio limite, allora la conformità della terra esausta per gli utilizzi non legati può essere verificata attraverso il Test di ecotossicità, effettuato secondo le modalità indicate nel Regolamento CE 1272/2008, c.d. Regolamento CLP. Solo se il Test di ecotossicità, sia acuta che cronica, è superato, il materiale (terra esausta) è conforme a utilizzi non legati. Nel caso di test di ecotossicità acuta con valore < 100 mg/l, il test di ecotossicità cronica non verrà effettuato poiché non necessario;
- se il test di tossicità non è superato, allora il materiale non è conforme agli utilizzi non legati.