

Centro studi e ricerche MatER

Materia & Energia da Rifiuti

Progetto a Tema

Recupero dei residui da processi di trattamento dei rifiuti

SINTESI

INDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | OBIETTIVI..... | 3 |
| 1.1 | I residui solidi di incenerimento | 3 |
| 1.2 | I residui della selezione del vetro | 3 |
| 2 | QUADRO NORMATIVO | 4 |
| 3 | TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO | 4 |
| 3.1 | Recupero dei residui solidi di incenerimento | 4 |
| 3.1.1 | <i>Smaltimento in discarica.....</i> | <i>4</i> |
| 3.2 | Recupero degli imballaggi in vetro | 5 |
| 3.2.1 | <i>Recupero degli scarti della selezione del vetro.....</i> | <i>6</i> |
| 4 | PANORAMA ITALIANO DEL RECUPERO | 6 |
| 4.1 | Recupero delle scorie di incenerimento | 7 |
| 4.2 | Recupero degli scarti vetrosi sul territorio nazionale..... | 9 |
| 5 | CASO DI STUDIO | 10 |
| 5.1 | Ipotesi di calcolo per l'analisi economica..... | 11 |
| 5.2 | Confronto scenari | 12 |
| 6 | CONCLUSIONI | 13 |
| 6.1 | Osservazioni | 13 |
| | BIBLIOGRAFIA..... | 14 |

1 OBIETTIVI

Il progetto prevede la valutazione delle potenzialità di recupero e riutilizzo dei sottoprodotti di impianti di incenerimento e di impianti di trattamento della frazione differenziata multi materiale. In particolare si vuole focalizzare l'attenzione da una parte sulle ceneri ottenute dalla termovalorizzazione di Rifiuti Solidi Urbani, dall'altra sulla granella di vetro ottenuta da processi di trattamento della RD multi materiale.

In primo luogo si cercherà di fare chiarezza sulle normative vigenti, sia in ambito europeo che italiano. In seguito verranno analizzate le tecnologie disponibili, ricercando inoltre eventuali processi innovativi; in più si indagheranno possibili sinergie tra i prodotti ottenuti dai vari processi di trasformazione dei residui. Una volta individuate le filiere maggiormente significative verranno svolti bilanci di materia, energia ed ambientali per determinarne le prestazioni tecniche, nonché analisi economiche per valutarne la reale fattibilità e diffusione.

1.1 I residui solidi di incenerimento

I sistemi di combustione dei rifiuti solidi generano tre tipi di residui solidi:

1. Le ceneri pesanti (o scorie, *bottom ashes*): costituiscono circa il 15-25% in peso del materiale incenerito nei termovalorizzatori dotati di forno a griglia, in quelli a letto fluido le quantità diminuiscono leggermente (~10-15%); vengono raccolte alla base della camera di combustione.
2. Le ceneri volanti (*fly ashes*): costituiscono una frazione minore (~2-3%), provenienti dai sistemi di depolverazione installati sull'impianto; presentano una granulometria più fine e un maggior grado di contaminazione (metalli pesanti e cloruri), sono definite come "materiale particolato in uscita dalla camera di combustione e rimosso dal flusso di gas dei fumi prima dell'aggiunta di qualsiasi tipo di materiale assorbente" (IAWG, 1997).
3. Residui del trattamento fumi FGT (*Flue Gas Treatment Residues*): sono costituiti dai sali di neutralizzazione dei gas acidi, dall'eventuale carbone attivo e dall'eccesso di reagente (calce o bicarbonato di sodio, in generale); le caratteristiche di tali particelle, generalmente classificate come rifiuti pericolosi, variano in funzione delle unità di trattamento presenti nella linea fumi.

1.2 I residui della selezione del vetro

Gli scarti vetrosi provenienti dal ciclo di trattamento del rottame di vetro proveniente dalla RD dei rifiuti urbani sono classificati in due tipologie:

1. scarti dell'impianto di separazione corpi opachi (~70%): costituiti prevalentemente da frammenti di vetro con granulometria <15 mm, che i separatori ottici considerano opachi (perché troppo spessi, colorati o rivestiti da etichette), inquinati

da frammenti ceramici, oltre che di natura organica (plastica, carta, sughero, residui oleosi, etc)

2. frazione con pezzatura <10-15 mm (~30%): frazione scartata in testa agli impianti di recupero deputati al trattamento, in quanto troppo fine per essere sottoposta a separazione automatica dei corpi opachi, contenente perciò granuli ceramici altofondenti ed insolubili nel processo di fusione quando raggiungono dimensioni > 1,2-1,5 mm

2 QUADRO NORMATIVO

A seguito dell'emanazione del D.Lgs n. 205 del 3 dicembre 2010 che prevede il recepimento della direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo in materia di rifiuti, viene definita la gerarchia di priorità da attuare nella gestione dei rifiuti, privilegiando nell'ordine, la prevenzione (riduzione della quantità di rifiuti prodotta), preparazione per il riutilizzo, riciclaggio, recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia, ed infine smaltimento, con l'obiettivo di minimizzare le quantità inviate a questa fase.

Le caratteristiche dei materiali inviabili a recupero, nonché le modalità, sono sanciti dal DM 5 febbraio 1998 e successive modifiche ("Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n° 22); in particolare, nell'Allegato 1 del suddetto decreto, vengono sancite le "norme tecniche generali per il recupero di materia dai rifiuti non pericolosi".

3 TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO

3.1 Recupero dei residui solidi di incenerimento

Le BAT (Best Available Techniques) per il trattamento dei residui solidi da incenerimento, individuate nel BREF pubblicato dal JRC di Siviglia nel 2006 sull'incenerimento dei rifiuti (JRC, 2006), sono suddivise in due macro sezioni: trattamento delle scorie (*Bottom Ashes*) e strategie per il trattamento dei residui solidi della depurazione dei fumi (*FGT Residues*, anche detti *APC Residues*, Air Pollution Control Residues).

3.1.1 Smaltimento in discarica

Le scorie di incenerimento, fino ad oggi, in Italia ed in Europa, classificate come rifiuti non pericolosi possono essere smaltite in discariche per rifiuti urbani, in discariche per rifiuti speciali non pericolosi o in discariche dedicate.

Il quadro completo delle discariche per rifiuti non pericolosi in Italia relativamente al 2009 è costituito da (ISPRA, 2011, 2012). Lo smaltimento di scorie in discariche per rifiuti urbani è denominato "codisposal" in quanto le scorie vengono smaltite insieme agli RU, in gran parte come copertura giornaliera dei rifiuti. Vista la carenza di volumetrie per lo

smaltimento di RU le scorie possono essere inviate a discariche per rifiuti speciali non pericolosi.

3.2 Recupero degli imballaggi in vetro

Affinché il vetro possa essere riciclato, ossia trasformato in un prodotto “pronto al forno” direttamente riutilizzabile in vetreria, è necessario sottoporlo ad alcune operazioni di selezione per eliminare i composti estranei ed omogeneizzare il materiale.

L’efficienza nella separazione dei corpi opachi rappresenta un limite tecnologico alla nobilitazione del rottame: essendo costituiti ad esempio da prodotti non fusibili quali ceramica, vetroceramica, porcellana, sassi, ecc. possono causare problemi in vetreria a causa della produzione di materiale non conforme.

Gli scarti derivanti dai processi di selezione del rottame del vetro sono fortemente influenzati dalla qualità del materiale in ingresso, funzione a sua volta del tipo di raccolta differenziata e di conferimento.

Il processo di riciclaggio prevede la miscelazione del rottame di vetro selezionato “pronto al forno” con le materie prime tradizionali, successivamente introdotte in continuo nel forno fusorio che opera a temperature di circa 1500°C. La quantità totale inviata a recupero nel 2010, riassunta in Tabella 1: rispetto all’impresso al consumo relativo allo stesso anno (pari a 2.153.245 t), la frazione recuperata (1.441.436 t), al netto di import e vetro piano, corrisponde al 67%.

Tabella 1: vetro riciclato (CoReVe, 2011)

| Tipologia | Settore di recupero | 2010 (t) | % |
|--|-----------------------------------|------------------|------------|
| Vetro piano (raccolta nazionale) | Vetro cavo-altri comparti vetrari | 265.493 | 13,9 |
| Imballaggi da gestione consortile (raccolta nazionale, flusso 1) | Vetro cavo | 767.392 | 40,2 |
| Imballaggi da gestione consortile (raccolta nazionale, flusso 2) | Vetro cavo | 333.358 | 17,5 |
| Imballaggi da gestione indipendente (raccolta nazionale) | Vetro cavo | 310.615 | 16,3 |
| Import (vetro) | Vetro cavo-altri comparti vetrari | 201.091 | 10,5 |
| Sabbia di vetro (“ceramic sand”) | ceramica | 16.499 | 0,9 |
| Sabbia di vetro | edilizia | 13.741 | 0,7 |
| Import (sabbia di vetro) | Ceramica/edilizia | 312 | 0,02 |
| TOTALE | | 1.908.332 | 100 |

Dal 2000 al 2010 si osserva un trend di aumento delle quantità di vetro totale riciclate; a questo risultato concorre anche l’utilizzo della sabbia di vetro ottenuta dal recupero secondario dei cascami dei lettori ottici di cernita degli inerti diversi dal vetro (ceramiche, porcellane, pietre, etc.) e delle frazioni fini, conteggiate nelle quantità inviate a riciclo.

3.2.1 Recupero degli scarti della selezione del vetro

Il vetro di scarto, per le sue caratteristiche, può trovare impiego come materiale fondente e stabilizzante, soprattutto quando riutilizzato nelle miscele di rifiuti pericolosi come eternit, ceneri volanti da inceneritore, polveri di abbattimento fumi, etc. se sottoposte a fusione per la produzione di materiale inerte (CoReVe, 2011).

I maggiori settori di riutilizzo degli scarti vetrosi sono attualmente:

- l'industria del vetro: scarti del ciclo del trattamento del vetro possono essere riutilizzati, dopo una serie di trattamenti volti a ridurre la pezzatura (macinazione fino a granulometria <1 mm) ed il contenuto di composti organici, in aggiunta al rottame di vetro (fino al 10-20% del rottame complessivamente utilizzato) per la produzione di vetro nuovo
- l'edilizia: effettuando trattamento di lavaggio e condizionamento degli scarti è possibile l'utilizzo per la produzione di inerti per l'edilizia

La ricerca nel settore del recupero degli scarti vetrosi in Italia attualmente è rivolta alla possibilità di riutilizzo nei settori ceramica, materiali cellulari per isolamento termico/acustico nell'edilizia, calcestruzzi e malte polimeriche

4 PANORAMA ITALIANO DEL RECUPERO

I settori di recupero più consolidati sono (Figura 1):

- per le scorie di incenerimento l'industria delle costruzioni (cemento e calcestruzzo)
- per gli scarti del vetro il settore delle ceramiche e delle costruzioni (piastrelle, gres) insieme al recupero in vetreria come per il rottame di vetro, a seguito di trattamenti.

Le scorie di incenerimento e gli scarti della lavorazione del vetro trovano quindi possibilità di utilizzo congiunto in settori quali le vetroceramiche ed i materiali isolanti; tuttavia tali applicazioni sono ancora in fase di ricerca e non esistono applicazioni industriali su larga scala che coinvolgano quantitativi di materiali significativi.

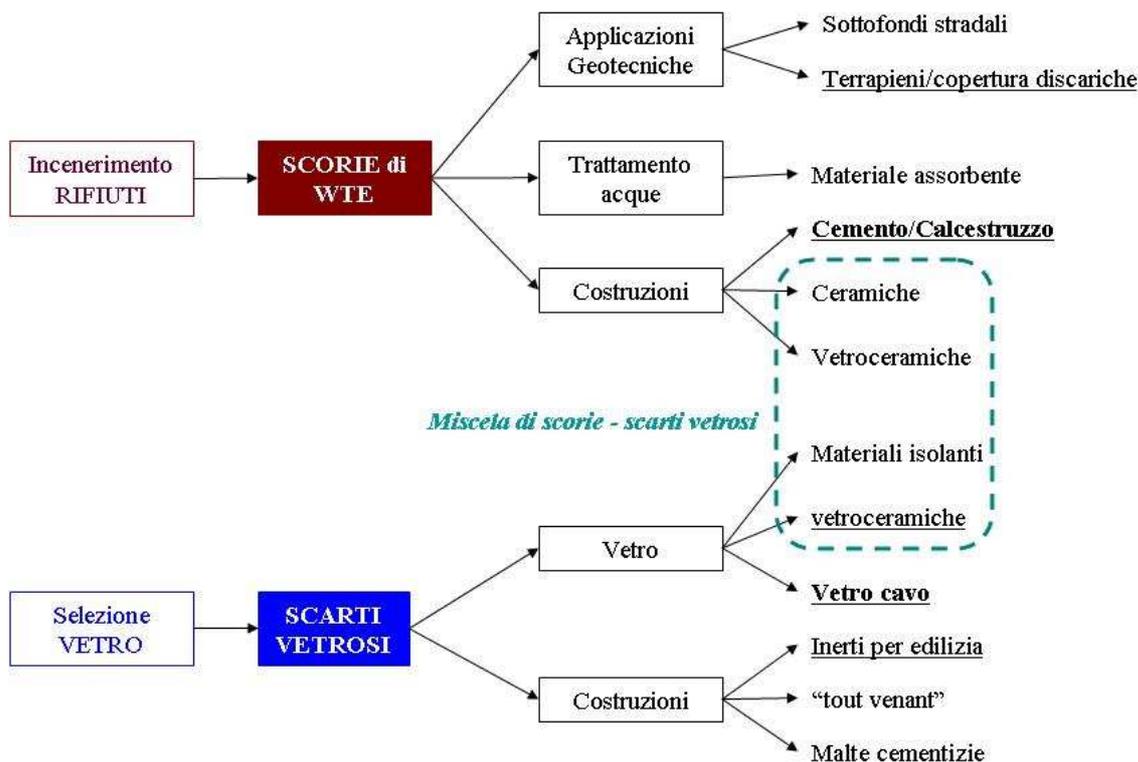


Figura 1: possibili scenari di utilizzo degli scarti del vetro e delle scorie di incenerimento di rifiuti (sottolineate le più frequenti applicazioni a livello nazionale)

4.1 Recupero delle scorie di incenerimento

In Tabella 2 sono elencati gli impianti presenti in nord Italia per il trattamento delle scorie di termovalorizzazione. I trattamenti delle scorie possono prevedere una fase preliminare di stoccaggio per ridurre l'umidità; le scorie successivamente vengono sottoposte a vagliatura per rimuovere le frazioni più grossolane. Normalmente seguono fasi di rimozione di metalli ferrosi (tramite sistemi a magnete) e non ferrosi (con sistemi a correnti indotte – “eddy current”). Altre fasi di vagliatura si possono alternare durante il processo per predisporre diversi tagli granulometrici. Spesso le scorie subiscono anche una fase di lavaggio per separare la frazione più fine e lisciviare i metalli pesanti e talvolta una inertizzazione finale con aggiunta di additivi (es: cemento).

Una descrizione dettagliata dei possibili processi di trattamento e degli impianti italiani, oltre che alcuni di quelli europei, è disponibili in DIIAR (2010) ed in ATOR (2011).

Tabella 2: elenco non esaustivo degli impianti di trattamento delle scorie in Italia

| Ditta | Località | Processo | Destinazione materiale | Capacità (kt/a) | Inerte riutilizzabile |
|-------|-------------|--|-----------------------------|-----------------|-----------------------|
| HERA | Modena (MO) | Selezione e recupero metalli ferrosi e non ferrosi | Sottofondi stradali (CIC ©) | 60 autorizzate | 72% |
| BSB | Noceto (PR) | Vagliatura, lavaggio, | Inerti nella produzione del | 50 autorizzate | 66% |

| | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---|--|-----------------|---------|
| | | separazione dei metalli, triturazione | calcestruzzo | 30 lavorate | |
| Ecolombardia 18 –gruppo A2A | Lacchiarella (MI) | Vagliatura, separazione ferrosi e non ferrosi, lavaggio, inertizzazione | Sottofondi stradali | 120 autorizzate | 80% |
| Officina dell’Ambiente | Lomello (PV) | Selezione e recupero metalli ferrosi e non ferrosi | Materia prima secondaria (Matrix ®) per produzione di cemento e di prodotti e manufatti per le costruzioni | 250 autorizzate | |
| IRIS Ambiente | Conselve (PD) | Carbonatazione (3-4 giorni), vagliatura, separazione metalli ferrosi e non ferrosi | Inerti in cementificio (fine) Ripristino ambientale (ghiaia) | 150 lavorate | 70%-80% |
| RMB Spa | Polpenazze del Garda (BS) | Vagliatura, frantumazione, flottazione, lavaggio, cernita manuale e selezione meccanica | Materia prima secondaria per diversi usi | 187 autorizzate | |

L’avvio di rifiuti urbani ad incenerimento ha visto una crescita costante fino al raggiungimento di 4.605.192 tonnellate nel 2009 (ISPRA 2011). Considerando una percentuale di scorie variabile tra il 15% ed il 25% in peso, si ottiene un valore medio di 921.038 t di scorie prodotte nel 2009, da avviare a recupero o smaltimento. Il confronto tra i dati di gestione del 2007 e del 2010 (ENEA Federambiente, 2006, 2009, 2012) mostra un progressivo aumento del quantitativo di scorie inviate a recupero (Figura 2), che nel 2010 hanno raggiunto il 70% del totale prodotto.

Gestione Scorie

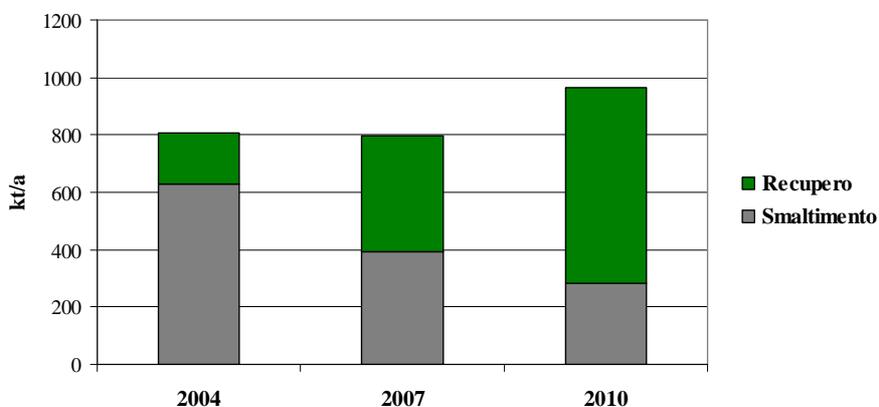


Figura 2: gestione delle scorie in Italia (ENEA Federambiente, 2006, 2009, 2012)

Considerando le capacità complessive di trattamento degli impianti dislocati in Italia, circa 800.000 t possono essere inviate a recupero, corrispondenti a circa l'85% delle scorie totali prodotte nel 2009.

4.2 Recupero degli scarti vetrosi sul territorio nazionale

Sul territorio italiano è presente un unico impianto di grande taglia, in nord Italia, in provincia di Biella. Lo schema di trattamento è descritto in Figura 3 e costituisce attualmente l'unico impianto di grande taglia per il recupero degli scarti vetrosi.

La capacità di trattamento è pari a 200.000 t/a di scarti vetrosi e produce 170.000 t/a di *glassy sand* riutilizzabile in vetreria in sostituzione fino al 30% del materiale in ingresso, nella produzione del vetro verde (in caso di vetro ambra si devono utilizzare percentuali minori, circa il 18%).

In processo di trattamento si divide nelle seguenti fasi:

- macinazione e vagliatura per ridurre le dimensioni,
- lavaggio con acqua per abbassare il COD,
- ciclo di purificazione delle acque di lavaggio,
- essiccazione della sabbia di vetro.

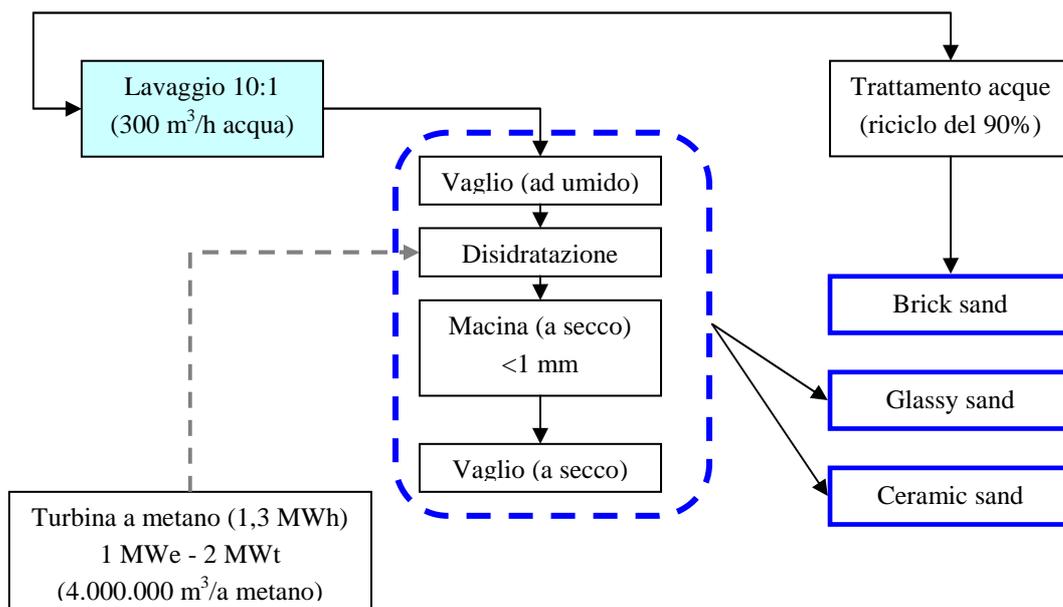


Figura 3: descrizione del processo di trattamento degli scarti vetrosi

Il processo di trattamento da origine a 3 tipi di prodotto che si differenziano per granulometria e qualità:

- *glassy sand* ha granulometria compresa tra 70-800 μm e contenuto molto basso di sostanze organiche (85%)
- *ceramic sand* che presenta granulometria e contaminazione maggiore ed è utilizzabile nell'industria ceramica (10%);

- *brick sand*, prodotta a partire dai fanghi in uscita dalla fase di trattamento acque, filtropressati al 25-30% di umidità residua ed uniti ad argille, può essere riutilizzati in edilizia (5%).

5 CASO DI STUDIO

Sono state confrontate strategie alternative di recupero per entrambi i materiali di scarto, sulla base di un caso tipo relativo ad un impianto situato nel nord Italia, nel quale sono presenti:

- una line di trattamento termico di RU con capacità pari a circa 50.000 t/a, che produce circa 9.000 t/a di scorie, dopo un processo di deferrizzazione,
- un impianto di selezione del rottame di vetro, dotato di sistema di selezione ottica, il cui sovrvallo (materiale vetroceramica, con pezzatura 1-2 cm) viene sottoposto a vagliatura, la quantità finale di scarti vetrosi, non classificabili come “pronto al forno” ammonta a circa 15.000 t/a.

Sono stati ipotizzati e confrontati 2 scenari di recupero per entrambi i materiali, il bilancio economico degli scenari è stato affiancato a quello dello smaltimento in discarica dei materiali tal quali.

Gli SCENARI 1 e 2 (descritti in Figura 4) prevedono il recupero delle scorie di incenerimento in due impianti di diversa tipologia e dislocazione ed il recupero degli scarti vetrosi nell’impianto di trattamento adibito alla valorizzazione di questi materiali nel Nord Italia.

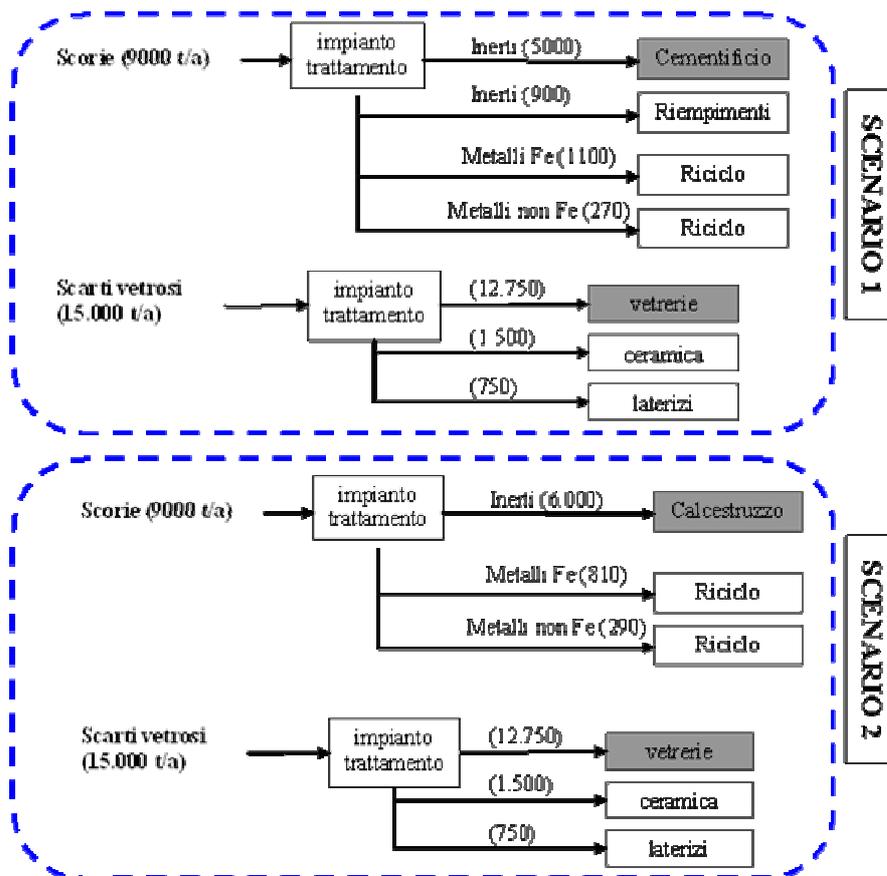


Figura 4: scenari di recupero delle scorie e degli scarti vetrosi in diversi impianti di trattamento delle scorie

I due scenari alternativi vengono confrontati con lo smaltimento in discarica di entrambe le frazioni di scarto, le scorie vengono sottoposte a trattamento preliminare presso lo stesso termovalorizzatore, in cui subiscono una semplice deferrizzazione grossolana con separatore magnetico.

Un elenco delle discariche disponibili sul territorio del Veneto, che smaltiscono rifiuti non pericolosi, speciali ed inerti, è disponibile in ISPRA (2011).

5.1 Ipotesi di calcolo per l'analisi economica

Per i bilanci economici degli scenari analizzati sono stati utilizzati valori medi ricavati da un'indagine relativa ad impianti del nord Italia (indagine LEAP, 2011).

Nel caso di conferimenti a breve distanza (inferiori ai 50 km) generalmente il prezzo di trattamento è comprensivo del trasporto; per questo il costo del trasporto è stato considerato come aggiuntivo solo nel caso di lunghe distanze (superiori ai 50 km). Per i costi relativi alla gestione delle scorie si è assunto il valore stimato per il termovalorizzatore di Gerbido, pari a 23 €/t di rifiuto in ingresso, comprensivo di tutti gli oneri di gestione (ATOR, 2011); nel caso in esame corrisponde ad un costo di circa 130 €/t di scorie. In tabella 3 sono riassunti i dati utilizzati per il bilancio economico degli

scenari analizzati; i costi di trattamento nei vari impianti derivano da una raccolta dati diretta effettuata attraverso i gestori degli impianti nel corso dello studio.

I costi di trattamento delle materie vetrose risultano essere più contenuti, in ragione dello scarso valore del materiale finale. La somma del costo di trasporto e del costo di trattamento non supera i 30 €/t per ragioni di economie complessive. Per conferimenti entro i 350 km il costo di trasporto si aggira intorno ai 20 €/t, il trattamento quindi costa dai 5 ai 10 €/t.

Tabella 3: dati utilizzati per l'analisi economica

| Smaltimento in DISCARICA | | | | | | |
|--------------------------|-------------|--------|-----------------|-------|-----------|----------------------|
| | | t/a | Distanza (km) | €/t | €/tkm | Costo medio totale € |
| Scorie | Discarica | 9.000 | 55 (Trevigiano) | 128 | - | 1.150.000 |
| Sabbia di vetro | Discarica | 15.000 | 55 (Trevigiano) | 20-25 | 0,19-0,22 | 508.494 |
| Recupero SCENARIO 1 | | | | | | |
| | | t/a | Distanza (km) | €/t | €/tkm | Costo totale |
| Scorie | Trattamento | 9.000 | 50 (Padova) | 47-48 | - | 427.500 |
| Sabbia di vetro | Trattamento | 15.000 | 350 (Biella) | 25-30 | - | 412.500 |
| Recupero SCENARIO 2 | | | | | | |
| | | t/a | Distanza (km) | €/t | €/tkm | Costo totale |
| Scorie | Trattamento | 9.000 | 255 (Brescia) | 30-40 | 0,12-0,13 | 627.629 |
| Sabbia vetro | Trattamento | 15.000 | 350 (Biella) | 25-30 | - | 412.500 |

5.2 Confronto scenari

L'analisi economica degli scenari di recupero, a confronto con lo smaltimento in discarica, è presentata in Figura 5. Il costo si riferisce ai quantitativi totali gestiti annualmente di scorie di incenerimento e di residui della selezione del vetro nel caso di studio; vista la variabilità dei costi di trattamento e gestione si sono utilizzati valori massimi e minimi per ogni scenario.

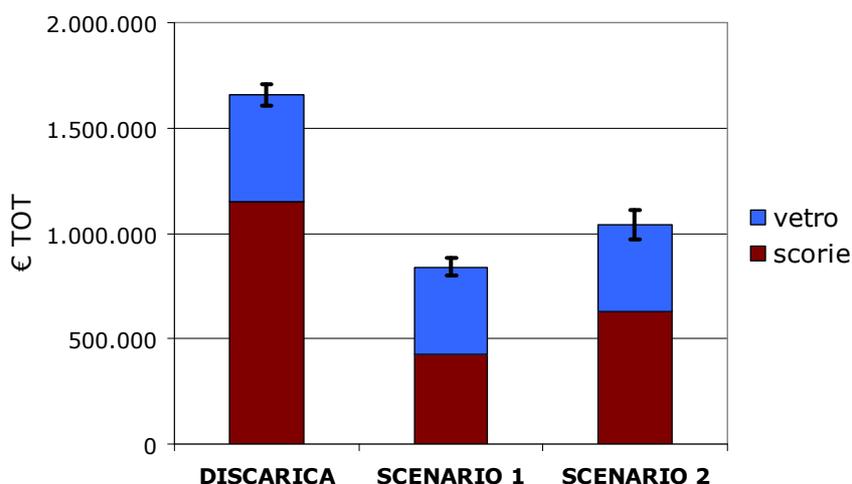


Figura 5: spesa totale di gestione delle scorie e dei residui del rottame di vetro nei 3 casi considerati (le barre di errore rappresentano il valore massimo e minimo)

6 CONCLUSIONI

Dall'analisi delle possibili tecnologie di recupero emerge che è possibile la valorizzazione di entrambe le tipologie di scarti oggetto dell'analisi (scorie di termovalorizzazione e scarti della selezione del vetro). Esistono evidenze sperimentali di utilizzo congiunto di questi residui, che tuttavia non sono sviluppate su larga scala industriale e non permettono dunque la gestione di grandi quantitativi.

Alla luce delle tecnologie disponibili e del panorama impiantistico nazionale sono stati individuati due possibili scenari di recupero che prevedono la valorizzazione delle scorie in due impianti di trattamento ubicati nel nord Italia e che si differenziano per il tipo di riutilizzo della frazione inerte (in cementifici e per calcestruzzo) e l'invio dei residui della selezione del vetro ad un impianto di recupero situato in nord Italia che permette di riutilizzare la totalità del materiale trattato, principalmente in vetreria (85%) ma anche in altri settori industriali (ceramiche 10% ed edilizia 5%).

Dall'analisi economica degli scenari, confrontati con lo smaltimento in discarica, emerge che:

- complessivamente il recupero dei materiali risulta economicamente migliore dello smaltimento in discarica,
- la distanza di conferimento gioca un ruolo chiave ai fini dell'analisi: lo scenario 2, che prevede di inviare le scorie da incenerimento in un impianto più lontano, presenta costi di smaltimento complessivi maggiori dello scenario 1,
- il recupero del vetro risulta più oneroso rispetto a quello delle scorie, in confronto allo smaltimento in discarica, il cui costo è piuttosto contenuto data la natura inerte del materiale.

6.1 Osservazioni

I risultati presentati in figura 5 sono soggetti a notevole variabilità, che deriva da diversi fattori:

- il costo di smaltimento viene concordato caso per caso tra il gestore dell'impianto e l'azienda che effettua il trattamento per il recupero del materiale: la definizione di un prezzo standard risulta quindi particolarmente complessa;
- ulteriore incertezza è introdotta dalla prassi di forfetizzare il costo di trasporto insieme a quello di recupero, soprattutto in caso di distanze brevi di trasporto;
- il costo di smaltimento in discarica è a sua volta soggetto ad importanti variazioni, anche in ragione della collocazione geografica e della disponibilità di discariche nell'area;
- è ragionevole assumere che il costo di smaltimento in discarica sia soggetto ad aumento, in ragione della progressiva diminuzione delle capacità di smaltimento come diretta conseguenza della direttiva 99/31/CE e 98/2008/CE.

Bibliografia

ATOR (Associazione d'ambito Torinese per il governo dei Rifiuti) Analisi delle possibilità di recupero/smaltimento delle ceneri di fondo prodotte dal termovalorizzatori di Gerbido. Settembre 2011.

CoReVe (2011) "Programma specifico di Prevenzione (risultati di riciclo 2010)"

DIAR (Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie, Rilevamento del Politecnico di Milano) (2010) Separazione e recupero dei metalli e valorizzazione delle scorie di combustione dei rifiuti urbani. Promosso da CiAl (Consorzio Imballaggi Alluminio) con la collaborazione di Federambiente.

ENEA Federambiente, Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani in Italia, 1° edizione, ottobre 2006.

ENEA Federambiente, Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani in Italia, 2° edizione, febbraio 2009.

ENEA Federambiente, Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani in Italia, 3° edizione, marzo 2012.

IAWG (International Ash Work Group) Municipal Solid Waste incinerator residues, Studies in Environmental Science vol. 67, Elsevier Science, Amsterdam 1997.

ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) Rapporto rifiuti Urbani 2011. Luglio 2011.

ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) Rapporto rifiuti Speciali Edizione 2011. Febbraio 2012.

JRC (Joint Research Centre) (2006) Integrated Pollution Prevention and Control - Reference Document On The Best Available Techniques For Waste Incineration.