



DGR 1800 del 15 dicembre 2021

2° PERIODO DI PROGETTO –RELAZIONE INTERMEDIA PROGETTO INERTEX

WP-2

TITOLO DELIVERABLE

D6 - Report contenente linee guida dei processi di miscelazione elaborate anche sulla scorta dei risultati di cui alle sperimentazioni realizzate in WP3

CONTENUTI

1. Obiettivi iniziali	2
2. Linea guida normativa	2
2.1. <i>Indicazione dalla normativa vigente</i>	2
2.2. <i>Applicazione delle prescrizioni nel software</i>	4
3. Risultati	6
3.1. <i>Risultati delle sperimentazioni</i>	9
3.2. <i>Indicazioni per possibili altre applicazioni</i>	14
3.3. <i>Indicazioni per una corretta valutazione economica</i>	17
3.4. <i>Conclusioni</i>	19
4. Ruoli e attività svolta dai partner	21
5. Ruoli e attività svolta dai consulenti	21
6. Bibliografia	22

1. Obiettivi iniziali

Determinazione e standardizzazione dei processi di miscelazione, attraverso lo studio e la redazione di linee guida dei processi di miscelazione, che costituiranno utili strumenti per individuare nuove metodiche alternative e migliorative da segnalare agli operatori di settore. Le linee guida terranno conto delle sperimentazioni di cui al WP3.

2. Linea guida normativa

2.1. Indicazione dalla normativa vigente

Dalle “Linee guida recanti i criteri per l’individuazione e l’utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99” ^[1] “i processi di inertizzazione (ed in particolare i cosiddetti processi di “stabilizzazione e solidificazione”) sono impiegati nel trattamento di una vasta gamma di rifiuti pericolosi e non pericolosi e consentono di ridurre sensibilmente il rilascio di alcune sostanze inquinanti presenti nel rifiuto stesso, attraverso la formazione di composti insolubili che creano una struttura polimerica o cristallina stabile, in grado di imprigionare gli elementi tossici (stabilizzazione); tali processi, inoltre, migliorano le caratteristiche del rifiuto facilitandone la gestione, in quanto quest’ultimo viene trasformato in un prodotto solido, in genere con buona resistenza meccanica e bassa permeabilità. Il processo di stabilizzazione agisce sullo stato chimico-fisico dei rifiuti per mezzo di appositi additivi modificando la pericolosità delle sostanze contenute nei rifiuti stessi e trasformando, in genere, i rifiuti pericolosi in rifiuti non pericolosi.

Se, in seguito al processo di stabilizzazione, le componenti pericolose non vengono completamente trasformate in sostanze non pericolose e possono risultare ancora disperdibili nell’ambiente nel breve, medio o lungo periodo il rifiuto è, invece, da considerarsi solo parzialmente stabilizzato.

In tutti i processi di inertizzazione, si procede alla miscelazione del rifiuto o del terreno contaminato con leganti o altri reagenti chimici; gli additivi utilizzabili possono essere sia di natura inorganica che organica.

I processi di inertizzazione possono costituire l’unica fase di trattamento del rifiuto liquido o solido o del terreno contaminato, ovvero essere adottati come trattamenti integrativi di altri processi (per esempio di lavaggio o incenerimento).

In ogni caso, essi sono classificabili, a seconda dei reagenti utilizzabili, in:

1. Processi a base di reagenti inorganici (cemento - a base neutra o acida, calce, argilla);
2. Processi a base di reagenti organici (sostanze termoplastiche, polimeri organici, composti macroincapsulanti)



Dalle linee guida in materia di miscelazione rifiuti (art. 187 D. Lgs 152/2006) vi sono:

- ✓ Miscelazione non in deroga
- ✓ Miscelazione in deroga

Per le miscelazioni di deroga “i soggetti che intendono effettuare operazioni di miscelazioni non in deroga di cui all’art. 187 D. Lgs. 152/2006 dovranno richiedere opportuna autorizzazione allegando la seguente documentazione:

1. Dettagliata relazione tecnica contenente:

- ✓ una esaustiva illustrazione circa la convenienza ambientale dell’operazione di miscelazione;
- ✓ le misure da adottare in materia di sicurezza ed igiene degli ambienti di lavoro e di tutela della salute umana e dell’ambiente;
- ✓ le aree dedicate, le attrezzature, gli impianti e le modalità operative e la finalità del trattamento;
- ✓ la potenzialità dell’impianto di miscelazione, espressa sia in t/g che in t/a;
- ✓ la provenienza dei rifiuti da miscelare;
- ✓ i CER, le caratteristiche di pericolosità (classe H) e lo stato fisico dei rifiuti da miscelare
- ✓ il CER da attribuire alla miscela ottenuta;
- ✓ il tipo di operazione cui sarà destinata la miscela;

2. Scheda di miscelazione da compilare per ogni gruppo di rifiuti da miscelare.

Mentre per le miscelazioni in deroga al divieto generale di cui al comma 1 dell’art. 187 D. Lgs 152/2006, “la miscelazione può essere autorizzata a condizione che:

- ✓ sia effettivamente dimostrato, nella relazione tecnica presentata, il rispetto delle condizioni di cui all’art. 177, comma 4 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., e l’impatto negativo della gestione dei rifiuti sulla salute umana e sull’ambiente non risulti accresciuto;
- ✓ l’operazione di miscelazione sia effettuata da un ente o da un’impresa che ha ottenuto un’autorizzazione ai sensi degli art. 208, 209 e 211 del d.lgs. 152/06 ovvero una Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA);
- ✓ sia effettivamente dimostrato, nella relazione tecnica presentata, che l’operazione di miscelazione è conforme alle migliori tecniche disponibili di cui all’art. 183, c.1, lettera nn) D.Lgs. 152/06;

- ✓ l'operazione non può consistere né in una diluizione né in una miscelazione che comporti una riduzione delle concentrazioni iniziali di sostanze pericolose sotto le soglie che definiscono il carattere pericoloso del rifiuto e determini la declassificazione da rifiuto pericoloso a non pericoloso.”

2.2. Applicazione delle prescrizioni nel software

Per delineare e progettare il workflow del software INERTEX sono state prese in considerazione delle precise definizioni presenti nel regolamento all'articolo 183 del decreto legislativo n. 152 del 2006, nonché le seguenti^[2]:

- ✓ "rifiuti inerti derivanti dalle attività di costruzione e demolizione": i rifiuti derivanti dalle operazioni di costruzione e demolizione identificati al capitolo 17 dell'elenco europeo dei rifiuti di cui alla decisione della Commissione 2000/532/Ce del 3 maggio 2000, ove elencati nell'Allegato 1, Tabella 1, punto 1, del presente regolamento;
- ✓ "altri rifiuti inerti di origine minerale": i rifiuti non appartenenti al capitolo 17 dell'elenco europeo dei rifiuti di cui alla decisione della Commissione 2000/532/Ce ed elencati nell'Allegato 1, Tabella 1, punto 2, del presente regolamento;
- ✓ "rifiuti inerti": i rifiuti solidi derivanti dalle attività di costruzione e demolizione e altri rifiuti di origine minerale che non subiscono alcuna trasformazione fisica, chimica o biologica significativa, che non si dissolvono, non bruciano, non sono soggetti ad altre reazioni fisiche o chimiche, non sono biodegradabili, e che, in caso di contatto con altre materie, non comportano effetti nocivi tali da provocare inquinamento ambientale o danno alla salute umana;
- ✓ "aggregato riciclato": aggregato minerale risultante dal recupero di rifiuti di materiale inorganico precedentemente utilizzato nelle costruzioni;
- ✓ "aggregato artificiale": aggregato di origine minerale risultante dal recupero di rifiuti derivante da un processo industriale che implica una modificazione termica o di altro tipo;
- ✓ "aggregato recuperato": aggregato riciclato o artificiale prodotto dai rifiuti di cui alle lettere a) e b) che hanno cessato di essere tali a seguito di una o più operazioni di recupero nel rispetto delle condizioni di cui all'articolo 184-ter, comma 1, del decreto legislativo n. 152 del 2006, e delle disposizioni del presente regolamento;
- ✓ "lotto di aggregato recuperato": un quantitativo non superiore ai 3.000 metri cubi di aggregato recuperato;
- ✓ "produttore di aggregato recuperato" o "produttore": il gestore dell'impianto autorizzato per la produzione di aggregato recuperato;

- ✓ "dichiarazione di conformità": la dichiarazione sostitutiva di certificazioni e dell'atto di notorietà rilasciata dal produttore ai sensi degli articoli 46 e 47 del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445 e attestante le caratteristiche dell'aggregato recuperato:
- ✓ "autorità competente": l'autorità che rilascia l'autorizzazione ai sensi del Titolo III-bis della Parte II o del Titolo 1, Capo IV, della Parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006. ovvero l'autorità destinataria della comunicazione di cui all'articolo 216 del medesimo decreto legislativo."

Il workflow (**Figura 1**) per la progettazione del software INERTEX, come descritto nella Deliverable 2, prevede la suddivisione e il raggruppamento di miscele con sostanze tra loro compatibili partendo dalla distinzione tra rifiuti di smaltimento o recupero, stato fisico, pH, pericolosità (HP) ed infine la presenza di inquinanti e valori limite. Questo permette di determinare e standardizzare dei processi di miscelazione per aziende ed Enti autorizzati del settore, promuovendo una valutazione sostenibile, a basso impatto ambientale, in linea con i valori dell'economia circolare e con la bozza del nuovo regolamento nazionale (luglio 2024) sulla cessazione della qualifica di rifiuto per gli inerti (End of Waste)^[2].

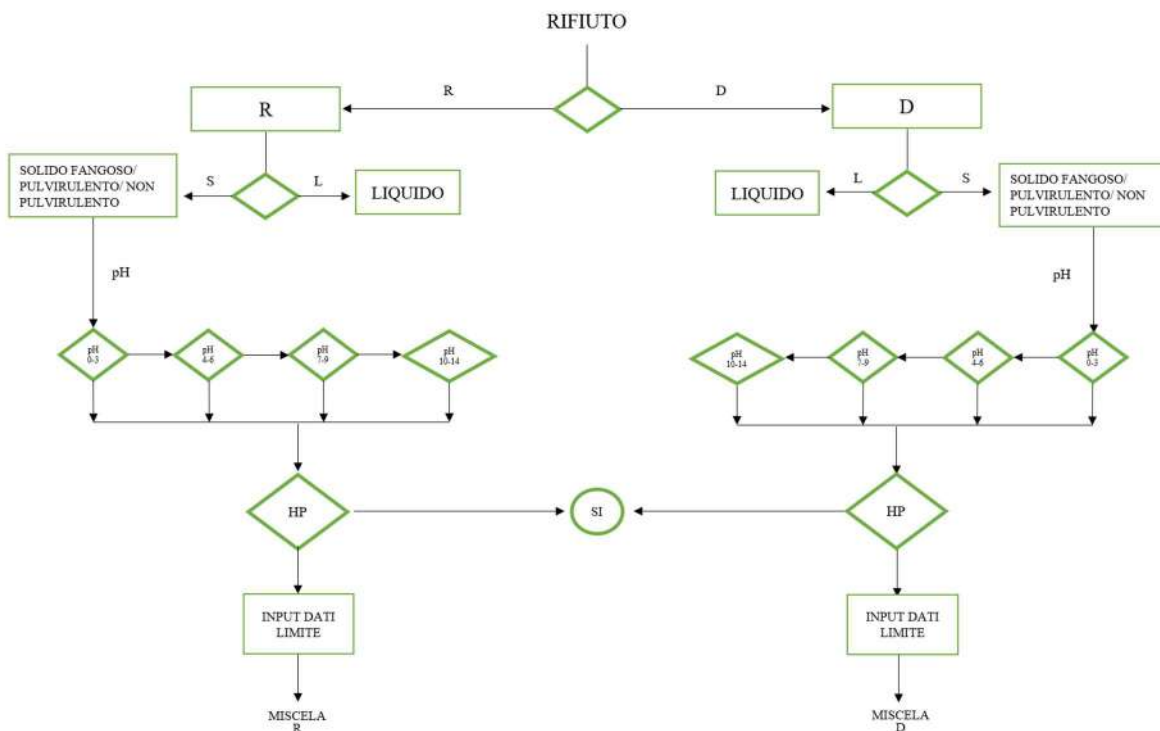


Figura 1: Workflow del sistema informatizzato INERTEX

3. Risultati

Per delineare il progetto INERTEX sono state prese in considerazione le linee guida in materia di miscelazione di rifiuti (art. 187 D. Lgs 152/2006) all'interno di impianti soggetti ad autorizzazione unica di cui all'art. 208 D.Lgs 152/2006 Parte IV e alle operazioni di miscelazione da effettuare all'interno di impianti soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (A.I.A.) di cui al D. Lgs152/2006 Parte II Titolo III-bis^[3].

“Ai fini delle presenti linee guida si intende per ^[3]:

- ✓ Accorpamento: unione di rifiuti aventi medesimo codice CER al fine di ottimizzarne il trasporto successivo. L'accorpamento non comporta l'attribuzione di un diverso codice CER.
- ✓ Diluizione: particolare tipo di miscelazione, espressamente non consentita neppure come “miscelazione in deroga” dall'art. 185 co. 5-ter D. Lgs 152/2006, che consiste in una riduzione delle concentrazioni iniziali di sostanze pericolose sotto le soglie che definiscono il carattere pericoloso del rifiuto, attuata al solo fine di ottenere la declassificazione del rifiuto da pericoloso a non pericoloso.
- ✓ Miscelazione: unione di rifiuti aventi diverso codice CER ma medesimo stato fisico al fine di inviare la miscela ottenuta ad un diverso impianto di smaltimento o recupero. La miscelazione comprende la diluizione di sostanze pericolose. L'operazione di miscelazione comporta l'attribuzione di un diverso codice CER. La miscelazione di cui alla presente definizione è autorizzata come operazione R12 ovvero D13.
- ✓ Miscelazione non in deroga: miscelazione di rifiuti pericolosi aventi medesime caratteristiche di pericolosità ovvero miscelazione di rifiuti non pericolosi.
- ✓ Miscelazione in deroga: miscelazione di rifiuti pericolosi aventi differenti caratteristiche di pericolosità ovvero miscelazione di rifiuti pericolosi con rifiuti non pericolosi.
- ✓ Partita di rifiuti: quantità di miscela omogenea per cui si è effettuata la prova di miscelabilità.
- ✓ Tecnico responsabile: soggetto che assume tale incarico in sede di rilascio di autorizzazione alla gestione dei rifiuti. “

Attraverso queste è possibile combinare rifiuti con diverso codice CER, ma con lo stesso stato fisico, come delineato nelle Deliverable 1-2.

Alla base del progetto INERTEX vi sono i valori dell'economia circolare, quindi la predilezione a massimizzare, ove possibile, il recupero e il riciclo dei rifiuti a fine vita affrontando il tema della riduzione della pericolosità dei rifiuti industriali che determinano impatti significativi e immediati sull'ambiente. Questo filone è ripreso anche nella bozza del nuovo Decreto Inerti che riesamina i limiti sulla presenza di contaminanti

negli aggregati recuperati, facilitando il processo di recupero senza compromettere la sicurezza ambientale, portando a processi di recupero più efficienti trasformando i rifiuti inerti in prodotti riutilizzabili^[1-3]. Tale sviluppo comporta un incremento del tasso di riciclo e un'espansione del mercato degli aggregati recuperati sostituendo i materiali inerti naturali in varie applicazioni edili e infrastrutturali^[4].

Alla base del progetto, inoltre, vi è la sicurezza dei lavoratori: è vietata la miscelazione di rifiuti che possa causare una dannosa ripercussione sugli operatori, come una miscelazione che sviluppa gas tossici o molesti, come reazioni esotermiche e di polimerizzazione^[2].

Nel caso il recupero/ripristino della miscela di rifiuti non sia tecnicamente o economicamente fattibile, la miscelazione può essere effettuata al fine di garantire il corretto smaltimento dei rifiuti in discarica, rispettando però, l'art. 2 del D.M. 27/09/2010^[5].

Seguendo queste linee guida è stato sviluppato il workflow precedentemente riassunto, prestando particolare attenzione alla destinazione del rifiuto e alle caratteristiche chimico-fisiche per la miscelazione.

Le operazioni di miscelazione sono effettuate a cura e sotto la responsabilità del Tecnico Responsabile dell'impianto, il quale deve esperire tutte le verifiche necessarie sulla natura, compatibilità e caratteristiche chimico-fisiche dei rifiuti. L'esito della verifica deve essere annotato nel registro di miscelazione, nel quale sono registrate le miscelazioni effettuate (R12 o D13), e la precedente operazione di carico (dallo stoccaggio D15 o dal ricondizionamento D13 per l'operazione di miscelazione D13, dalla messa in riserva R13 per l'operazione di miscelazione R12) con l'annotazione delle tipologie (CER e, per i rifiuti pericolosi la caratteristica di pericolosità di cui all'allegato I alla Parte quarta del D.lgs. 152/06 e s.m.i.) e le quantità dei rifiuti miscelati con il CER attribuito alla miscela risultante riportando la codifica della cisterna, serbatoio, contenitore o area di stoccaggio in cui è stata collocata^[5-6].

Quando una partita di rifiuti viene smaltita attraverso una operazione di miscelazione, come descritto in precedenza, bisogna tenere in considerazione una prima operazione di classificazione^[5-6]:

- ✓ R12 qualora la miscela di rifiuti ottenuta sia da destinare a recupero;
- ✓ D13 qualora la miscela di rifiuti ottenuta sia da destinare a smaltimento.

Quando non è possibile fare questa differenziazione vengono attribuiti alle miscele ottenute codici CER della famiglia 19 (Rifiuti prodotti da impianti di trattamento rifiuti...). Qualora tra i rifiuti da miscelare vi sia anche un solo rifiuto pericoloso (Definizione art. 183 D. Lgs 152/2006: rifiuto che presenta una o più caratteristiche di cui all'allegato / della parte quarta del presente decreto) il CER da attribuire alla miscela deve essere pericoloso.



La miscelazione di rifiuti destinati allo smaltimento in discarica può essere fatta solo nel caso in cui i rifiuti originari posseggono già, prima della miscelazione, le caratteristiche di ammissibilità in discarica; tale condizione dovrà essere accertata nella caratterizzazione di base di cui all'art. 2 del D.M. 27/09/2010^[5-6].

Per la miscelazione bisogna tenere anche in considerazione l'Art. 187, comma 1 d. Igs 152/06, che vieta la miscelazione di rifiuti pericolosi aventi caratteristiche di pericolosità (HP) differenti e di rifiuti pericolosi con rifiuti non pericolosi, precisando che la miscelazione comprende la diluizione di sostanze pericolose^[5-6].

Una volta ottenute queste prime classificazioni di compatibilità, in base alla destinazione, codice CER, viene diminuito il potenziale inquinante attraverso analisi chimico-fisiche per determinare una miscelazione sicura, per esempio andando a valutare la compatibilità del pH, e la pericolosità (HP) ed infine la presenza di inquinanti e valori limite tenendo in considerazione i seguenti regolamenti presenti nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea:

- ✓ REGOLAMENTO (UE) 2019/636 DELLA COMMISSIONE del 23 aprile 2019 recante modifica degli allegati IV e V del regolamento (CE) n. 850/2004 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo agli inquinanti organici persistenti^[7];
- ✓ REGOLAMENTO (UE) 2019/1021 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 20 giugno 2019 relativo agli inquinanti organici persistenti (rifusione)^[8];
- ✓ REGOLAMENTO (UE) 2022/2400 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 23 novembre 2022 recante modifica degli allegati IV e V del regolamento (UE) 2019/1021 relativo agli inquinanti organici persistenti^[9].

Nello specifico sono stati presi in considerazione i parametri per l'elaborazione delle procedure di inertizzazione di fanghi da galvanica, polveri di alluminio, polveri a base di Magnesio metallico e una netta separazione della sedimentazione di solidi sospesi su rifiuti liquidi attraverso una miscelazione tra rifiuti.

Oltre ai tre regolamenti citati sono state valutate anche le "Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99"^[1] che trattano l'impatto ambientale e la gestione in impianti di trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi classificandoli in:

1. Inertizzazione che comprende: la stabilizzazione/solidificazione ed i trattamenti termici ad alta temperatura;
2. Altri trattamenti che comprendono: l'estrazione e separazione, il desorbimento termico, la disidratazione, la separazione meccanica.

Questi processi generalmente prendono in considerazione operazioni di pretrattamento per un successivo recupero o smaltimento del rifiuto^[1].

3.1. Risultati delle sperimentazioni

Attraverso il rispetto delle linee guida precedentemente descritte sono stati processate delle metodologie con buoni risultati sperimentali riguardo l'inertizzazione di:

1. Campioni di fanghi da galvanica (**Figura 2**);



Figura 2: Fango da galvanica

2. Campioni di polveri di alluminio (**Figura 3**);

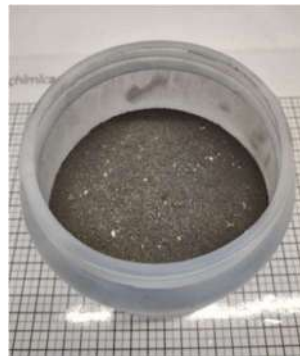


Figura 3: Polvere di alluminio

3. Campioni di polveri a base di Magnesio metallico (**Figura 4**);



Figura 4: Polvere di Magnesio

4. Separazione della sedimentazione di solidi sospesi su rifiuti liquidi attraverso una miscelazione tra rifiuti (**Figura 5**).



Figura 5: Campioni di rifiuto liquido

In particolare:

- Dalle prove di inertizzazione su fango da galvanica è stato possibile osservare una riduzione di pericolosità generale del rifiuto a seguito della sua miscelazione con idrossido di calcio: riduzione > 90% nel rilascio di alcuni metalli quali arsenico, cromo e zinco, mentre sono state ottenute delle riduzioni % medie intorno al 50% per mercurio e fluoruri come rappresentato nel **Grafico 1** (vedi Deliverable 7).

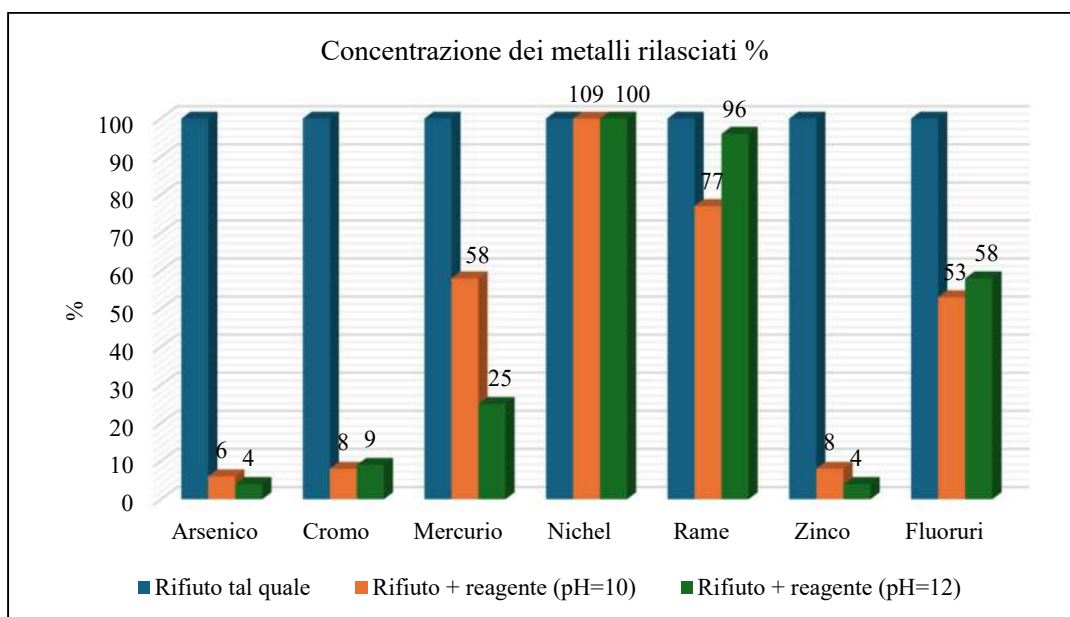


Grafico 1: Grafico 1: Rappresentazione grafica delle differenze osservabili dai metalli recuperati (%) nelle miscele rifiuto + idrossido di calcio (pH 10 e 12) rispetto al rifiuto tal quale (fango da galvanica).

2. Dalle prove di inertizzazione eseguite sul rifiuto di polvere di alluminio, è stato possibile osservare una riduzione della pericolosità in seguito alla miscelazione con l'olio industriale (reagente) rispetto agli esperimenti condotti sul rifiuto tal quale alle medesime condizioni.

Ciò è reso evidente da un allungamento nei tempi e nell'intensità della reazione sviluppata (produzione gas) a contatto con la soluzione NaOH per la miscela rifiuto + reagente (20%) e dal mancato sviluppo di reazione per la miscela rifiuto + reagente (40%). Un'ulteriore conferma deriva dal minore innalzamento di temperatura misurato nelle due miscele rifiuto + reagente.

Nella prova eseguita miscelando la polvere di alluminio con sabbia (50%) si è potuto osservare un allungamento nei tempi di sviluppo reazione (30 secondi rispetto ai 10 secondi del test eseguito sul rifiuto tal quale) ed una lieve diminuzione dell'innalzamento di temperatura. I dati sono riportati nei **Grafici 2-3** (vedi Deliverable 8).

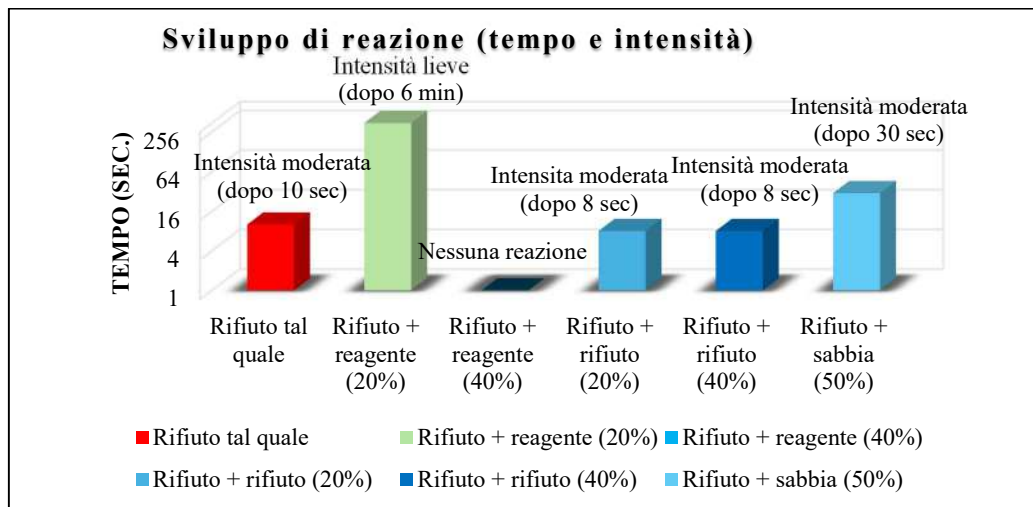


Grafico 2: Rappresentazione grafica delle reazioni sviluppate (tempi e intensità) dal rifiuto tal quale (polvere di alluminio) e dalle miscele preparate.

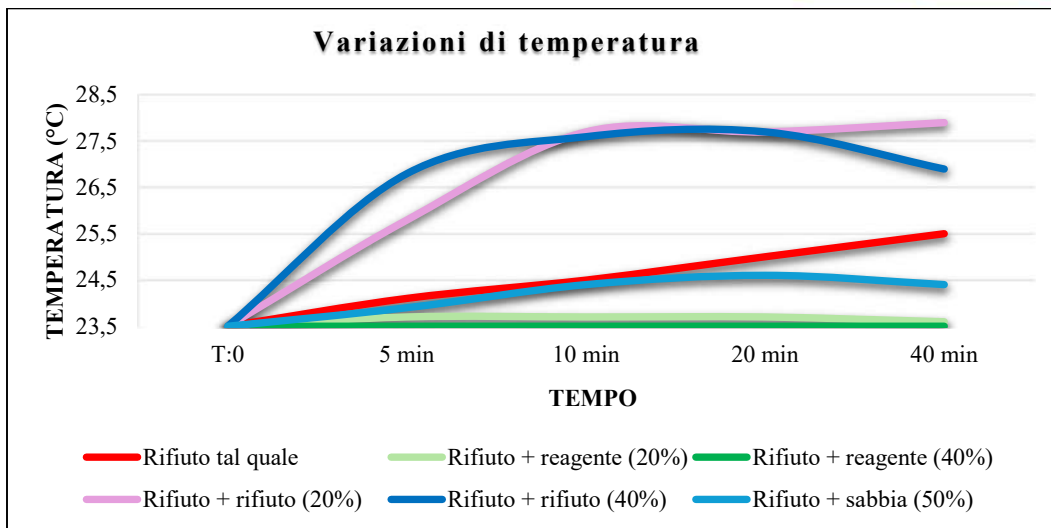


Grafico 3: Rappresentazione grafica delle temperature misurate a cinque diversi intervalli (tempo zero, 5, 10, 20 e 40 min) per il rifiuto tal quale (polvere di alluminio) e per ogni miscela preparata.

3. Dalle prove di inertizzazione eseguite su rifiuto polvere di magnesio è stato possibile osservare una riduzione significativa della pericolosità del rifiuto in seguito a miscelazione con reagente olio industriale rispetto agli esperimenti condotti sul rifiuto tal quale alle medesime condizioni. Ciò è reso evidente da una ridotta intensità di reazione e da un allungamento nei tempi di sviluppo a contatto con la soluzione NaOH all'aumentare della concentrazione di reagente aggiunto al rifiuto. Un'ulteriore conferma deriva dal minore innalzamento di temperatura misurato nelle due miscele rifiuto + reagente rispetto al campione tal quale. Anche nell'esperimento condotto miscelando la polvere di magnesio con sabbia (50%), si è potuta osservare una ridotta intensità di reazione abbinata ad un allungamento nei tempi di sviluppo, oltre ad un minore innalzamento di temperatura rispetto al test eseguito sul rifiuto tal quale. I dati sono riportati nei **Grafici 4-5** (vedi Deliverable 9).

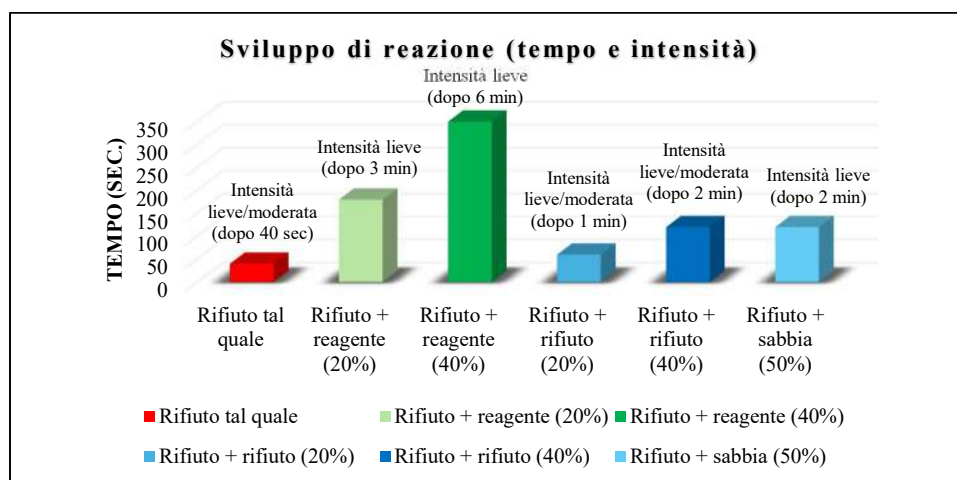


Grafico 4: Rappresentazione grafica delle reazioni sviluppate (tempi e intensità) dal rifiuto tal quale (polvere di magnesio) e da ogni miscela preparata.

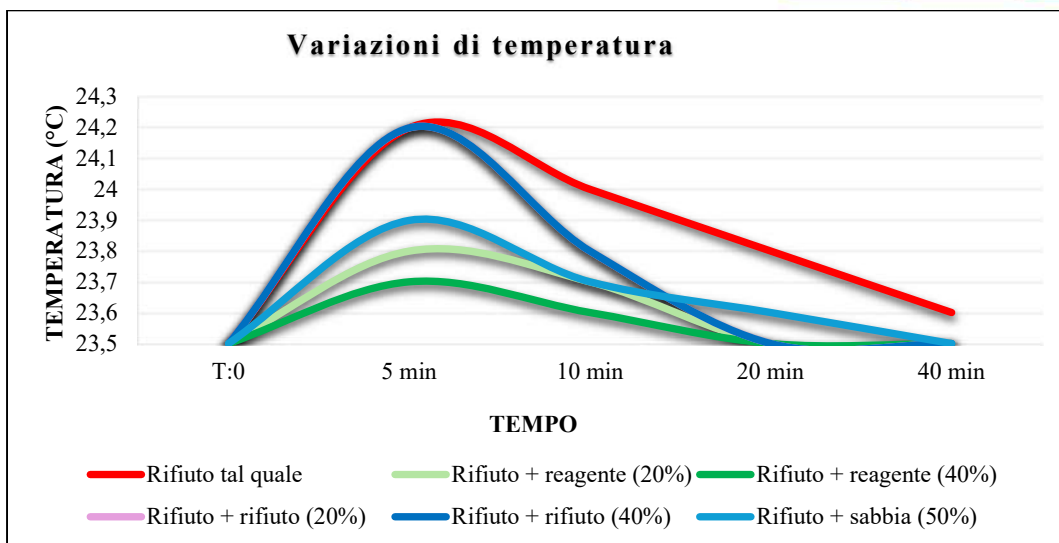


Grafico 5: Rappresentazione grafica delle temperature misurate a cinque diversi intervalli (tempo zero, 5, 10, 20 e 40 min) per il rifiuto tal quale (polvere di magnesio) e per ogni miscela preparata.

4. Dal test sviluppato per trattenere solidi sedimentabili e da un rifiuto liquido, è stato possibile osservare una forte riduzione dei parametri determinati nel filtrato (analisi post-filtrazione), rispetto al rifiuto tal quale (analisi pre-filtrazione) raggiungendo una riduzione superiore al 95%, come rappresentato nel **Grafico 6** (vedi Deliverable 10).

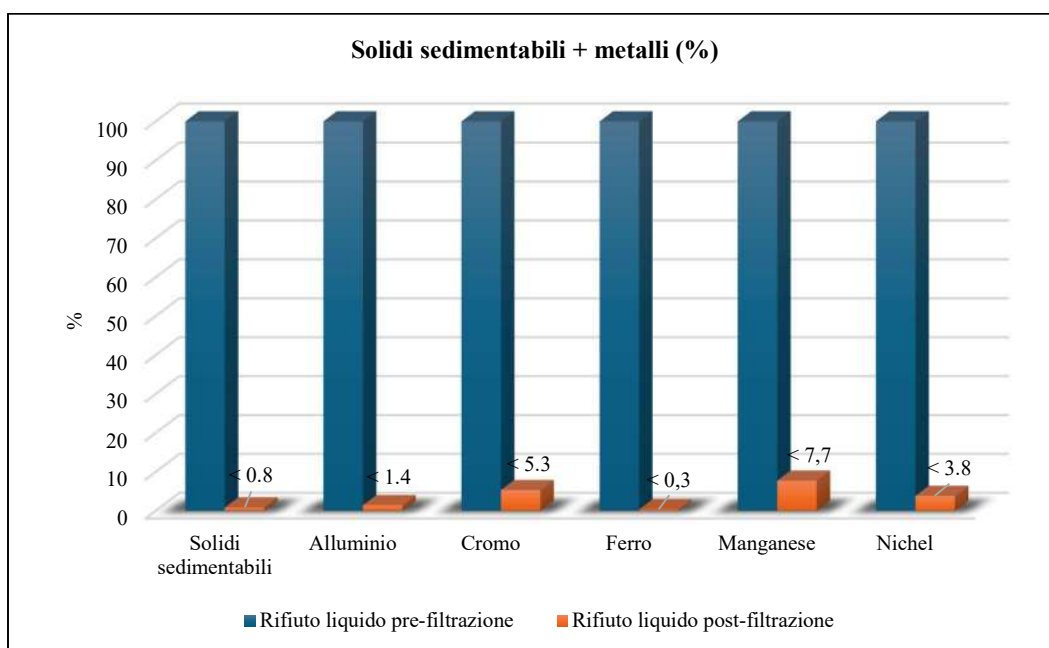


Grafico 6: Rappresentazione grafica delle differenze osservabili nei solidi sedimentabili e nei metalli recuperati (%) post-filtrazione rispetto a quelli determinati nel rifiuto liquido tal quale (pre-filtrazione).

Grazie alle linee guida e ai risultati ottenuti sperimentalmente è stato possibile determinare e standardizzare dei processi di miscelazione utili per gli operatori del settore.

3.2. Indicazioni per possibili altre applicazioni

La miscelazione dei rifiuti è un'operazione che richiede una particolare attenzione, in quanto può avere implicazioni significative sulla gestione e sul trattamento successivo dei rifiuti stessi.

Normativa di Riferimento

La normativa italiana, in particolare il Decreto Legislativo 152/2006, disciplina in modo dettagliato le operazioni di miscelazione dei rifiuti. È fondamentale fare riferimento a questo testo e alle successive integrazioni per una conoscenza completa delle disposizioni vigenti.

Divieti e Restrizioni

- **Miscelazione di rifiuti pericolosi:** è vietata la miscelazione di rifiuti pericolosi aventi caratteristiche di pericolosità differenti e di rifiuti pericolosi con rifiuti non pericolosi.
- **Diluizione:** la diluizione di sostanze pericolose è considerata una forma di miscelazione e, pertanto, è soggetta alle stesse limitazioni.
- **Declassificazione:** non è possibile ottenere la declassificazione da rifiuto pericoloso a rifiuto non pericoloso attraverso una semplice diluizione o miscelazione.

Quando è permessa la miscelazione

In alcuni casi, la miscelazione può essere autorizzata, ma solo se:

- **È tecnicamente giustificata:** ad esempio, per ragioni di sicurezza o per facilitare il successivo trattamento.
- **Non comporta un aumento della pericolosità:** la miscelazione non deve rendere il rifiuto più pericoloso di quanto non lo fosse in origine.
- **È autorizzata dalle autorità competenti:** è necessario ottenere le necessarie autorizzazioni e rispettare le condizioni imposte.

Registrazione e Tracciabilità

- **Registro di miscelazione:** è obbligatorio tenere un registro in cui vengono annotate le tipologie e le quantità dei rifiuti miscelati, nonché il codice CER attribuito alla miscela finale.

- **Tracciabilità:** ogni fase del processo di miscelazione deve essere tracciabile, al fine di garantire il rispetto della normativa e facilitare eventuali controlli.

Implicazioni sulla Gestione dei Rifiuti

La miscelazione dei rifiuti può avere diverse conseguenze sulla gestione successiva:

- **Difficoltà nel trattamento:** i rifiuti miscelati possono essere più difficili da trattare e recuperare.
- **Aumento dei costi:** la gestione di rifiuti miscelati può comportare costi maggiori rispetto alla gestione di rifiuti separati.
- **Rischi ambientali:** una miscelazione non corretta può comportare rischi per l'ambiente e la salute umana.

La miscelazione dei rifiuti è quindi un'operazione complessa che richiede una profonda conoscenza della normativa e delle caratteristiche dei rifiuti coinvolti. È fondamentale affidarsi a operatori qualificati e rispettare scrupolosamente le disposizioni di legge per garantire una gestione corretta e sicura dei rifiuti.

Sperimentazione di miscele di rifiuti per l'inertizzazione

La sperimentazione di miscele di rifiuti per l'inertizzazione è un'attività complessa che richiede un approccio rigoroso e conforme alla normativa vigente. Questo processo è fondamentale per sviluppare nuove tecnologie e soluzioni per il trattamento dei rifiuti, ma allo stesso tempo deve garantire la tutela dell'ambiente e della salute umana. La sperimentazione svolta nel progetto INERTEX individua i seguenti punti di cui è necessario accertarsi per sviluppare una sperimentazione.

Il Quadro Normativo

Come sottolineato in precedenza, la normativa italiana, in particolare il Decreto Legislativo 152/2006, detta le linee guida generali per la gestione dei rifiuti, compresa la miscelazione e l'inertizzazione. Tuttavia, la sperimentazione richiede spesso deroghe o autorizzazioni specifiche.

- **Autorizzazioni:**
 - **Autorizzazione integrata ambientale (AIA):** per impianti di trattamento dei rifiuti, è spesso necessaria un'AIA che preveda una fase sperimentale.
 - **Autorizzazione unica ambientale (AUA):** per attività meno impattanti, può essere sufficiente un'AUA.
 - **Comunicazione al registro nazionale delle attività produttive (RNAP):** in alcuni casi, è richiesta una semplice comunicazione al RNAP.

- **Valutazione di impatto ambientale (VIA):** se la sperimentazione ha potenziali impatti significativi sull'ambiente, è obbligatoria la VIA.
- **Piano di caratterizzazione:** è necessario redigere un piano di caratterizzazione dei rifiuti che definisca le analisi da effettuare per determinarne le proprietà fisiche, chimiche e biologiche.
- **Piano di campionamento:** si deve definire un piano di campionamento per monitorare l'efficacia del processo di inertizzazione e verificare il rispetto dei limiti previsti dalla normativa.
- **Piano di emergenza:** è obbligatorio predisporre un piano di emergenza per far fronte a eventuali incidenti.

Fasi della Sperimentazione

1. **Definizione degli obiettivi:** stabilire gli obiettivi specifici della sperimentazione, quali:
 - Valutare l'efficacia di nuove tecnologie di inertizzazione.
 - Ottimizzare i parametri di processo.
 - Ridurre i costi di trattamento.
 - Aumentare la capacità di trattamento.
2. **Selezione dei rifiuti:** selezionare i rifiuti da sottoporre a sperimentazione, tenendo conto delle loro caratteristiche e della compatibilità con il processo di inertizzazione.
3. **Progettazione dell'impianto pilota:** verificare se la sperimentazione può essere realizzata in impianto già esistenti oppure pilota, adeguato alla scala della sperimentazione e alle caratteristiche dei rifiuti.
4. **Esecuzione delle prove:** condurre le prove sperimentali, monitorando attentamente i parametri del processo e le caratteristiche del prodotto finale.
5. **Valutazione dei risultati:** analizzare i dati raccolti e valutare l'efficacia del processo di inertizzazione.
6. **Redazione della relazione finale:** redigere una relazione finale che descriva le attività svolte, i risultati ottenuti e le conclusioni.

Aspetti tecnici principali

- **Caratteristiche dei rifiuti:** composizione, pericolosità, granulometria, umidità.
- **Tecnologie di inertizzazione:** solidificazione, stabilizzazione, vetrificazione, ecc.
- **Materiali leganti:** cemento, calce, polimeri, ecc.
- **Parametri di processo:** tempo di miscelazione, temperatura, umidità, ecc.
- **Caratterizzazione del prodotto finale:** resistenza meccanica, permeabilità, ecc.



Collaborazione con gli Enti Competenti

È fondamentale collaborare fin dall'inizio con gli enti competenti (ARPAV, ISPRA, ASL) per ottenere le autorizzazioni necessarie e definire le modalità di controllo e monitoraggio della sperimentazione.

3.3. Indicazioni per una corretta valutazione economica

La realizzazione di un impianto di inertizzazione o miscelazione dei rifiuti rappresenta una sfida complessa che richiede un'attenta valutazione economica, oltre che tecnica e ambientale. Questa relazione si propone di fornire una guida dettagliata per condurre un'analisi di fattibilità economica completa, focalizzandosi sui principali costi associati a un tale investimento.

1. Costi di Investimento

I costi di investimento rappresentano la prima voce di spesa e comprendono tutte le risorse finanziarie necessarie per la realizzazione dell'impianto, dalla fase progettuale alla messa in servizio.

- **Costi di progettazione:**
 - studi di fattibilità tecnica, economica e ambientale
 - progettazione di base e dettagliata (impiantistica, civile, strutturale)
 - elaborazione di documentazione tecnica per le autorizzazioni
 - assistenza tecnica durante la costruzione
- **Costi di costruzione:**
 - acquisizione del terreno o ampliamenti del sito e opere preliminari
 - opere civili (fondazioni, edifici, recinzioni, strade interne)
 - acquisto e installazione di macchinari e attrezzature (miscelatori, dosatori, nastri trasportatori, sistemi di filtrazione, ecc.)
 - impianti ausiliari (trattamento acque, sistemi di ventilazione, impianti elettrici, riscaldamento)
 - realizzazione di bacini di stoccaggio (materie prime, prodotti finiti, rifiuti)
- **Costi di installazione:**
 - montaggio dei macchinari e delle attrezzature
 - collegamento alle utenze (acqua, energia elettrica, gas)
 - collaudo e messa in servizio
 - spese di avviamento



2. Costi di Esercizio

I costi di esercizio sono i costi sostenuti per il funzionamento quotidiano dell'impianto e si suddividono in diverse voci:

- **Costi del personale:**
 - salari e contributi previdenziali degli operatori, tecnici di laboratorio, manutentori
 - formazione del personale
- **Costi delle materie prime e dei materiali di consumo (nel caso in cui non si utilizzino materiali già in disponibilità dell'impianto o gli stessi debbano essere integrati (residui/rifiuti, classificati):**
 - acquisto di reagenti chimici (se utilizzati)
 - acquisto di materiali di consumo (lubrificanti, ecc.)
- **Costi dell'energia:**
 - Consumo di energia elettrica, gas, vapore
- **Altri costi operativi:**
 - spese generali (affitti, assicurazioni, manutenzioni ordinarie)
 - trasporto dei rifiuti in ingresso e dei prodotti finiti
 - spese di campionamento e analisi

3. Costi di Manutenzione

I costi di manutenzione sono fondamentali per garantire la durata e l'efficienza dell'impianto nel tempo. Si distinguono in:

- **Manutenzione ordinaria:**
 - lubrificazione, pulizia periodica dei macchinari e delle attrezzature
 - controlli periodici dello stato di funzionamento
- **Manutenzione straordinaria:**
 - riparazioni di guasti improvvisi
 - sostituzione di componenti usurate
- **Manutenzione preventiva:**
 - programmi di manutenzione periodica per prevenire guasti

Fattori che influenzano i costi

- la natura dei rifiuti da trattare (composizione, pericolosità, volume) influenza la scelta delle tecnologie e dei materiali, incidendo sui costi.
- la capacità di trattamento dell'impianto determina la dimensione degli impianti e dei macchinari,

influenzando i costi di investimento.

- un maggiore grado di automazione comporta costi di investimento più elevati, ma può ridurre i costi di esercizio nel lungo periodo.
- le normative ambientali vigenti possono incidere sui costi di progettazione, costruzione e gestione dell'impianto.
- il costo dei reagenti e dei materiali di consumo può variare in base alla disponibilità sul mercato e alle fluttuazioni dei prezzi.
- la scelta del sito influisce sui costi di acquisizione del terreno, di allacciamento alle utenze e di trasporto dei rifiuti.
- l'adozione di tecnologie innovative può influenzare sia i costi di investimento che quelli operativi.

Analisi Economica

Per valutare la fattibilità economica di un impianto di inertizzazione o miscelazione dei rifiuti, è necessario condurre un'analisi economica approfondita, che comprenda:

- **calcolo del costo totale di investimento**
- **calcolo del costo operativo unitario** (costo per unità di rifiuto trattato)
- **analisi del punto di pareggio** (quantità di rifiuto da trattare per recuperare l'investimento iniziale)
- **valutazione della sensibilità** (analisi dell'impatto di variazioni dei costi su risultati economici).
- **tasso di rendimento** (valutazione della redditività del progetto nel lungo periodo, ROI-Return on Investment, ecc.).

3.4. Conclusioni

Le sperimentazioni sulla miscelazione dei rifiuti rappresentano un pilastro fondamentale per lo sviluppo di tecnologie e normative sempre più efficienti e sostenibili nel settore della gestione dei rifiuti. Attraverso la sperimentazione, è possibile validare l'efficacia di nuove tecniche di miscelazione, ottimizzando i processi e identificando le migliori pratiche disponibili (BAT).

Queste attività di ricerca consentono di definire con precisione i parametri ottimali per ogni tipo di miscela, come le temperature, i tempi di reazione e i dosaggi dei leganti, garantendo così risultati di alta qualità e minimizzando gli impatti ambientali. Inoltre, le sperimentazioni forniscono una base scientifica solida per lo sviluppo di nuove norme e regolamenti, assicurando che questi siano sempre aggiornati e in linea con le ultime innovazioni tecnologiche.

Un altro aspetto cruciale è la possibilità di confrontare diverse tecnologie e materiali, individuando le soluzioni più economiche ed efficaci per il trattamento di specifici tipi di rifiuti. In questo modo, le sperimentazioni



contribuiscono a ottimizzare i costi di gestione dei rifiuti e a promuovere un'economia circolare più efficiente. Rimangono due punti critici e fondamentali per valorizzare i risultati della ricerca e sperimentazione.

1. Le sfide normative e burocratiche legate alla realizzazione di progetti sperimentali

La realizzazione di progetti sperimentali nel settore della miscelazione dei rifiuti richiede un notevole impegno per superare le numerose sfide di natura normativa e burocratica. Tra le principali difficoltà si deve ricordare che la normativa ambientale è caratterizzata da una complessità e da una frammentazione che rendono difficile l'orientamento per gli operatori del settore. Le continue modifiche legislative e le numerose interpretazioni possibili aumentano ulteriormente l'incertezza.

Inoltre le procedure autorizzative sono spesso lunghe e articolate, richiedendo la presentazione di una documentazione tecnica molto dettagliata e il coinvolgimento di numerosi enti e soggetti istituzionali.

Le attività di sperimentazione comportano costi significativi, sia per la realizzazione degli impianti pilota che per le analisi di laboratorio e le attività di monitoraggio.

Infine la gestione dei rifiuti prodotti durante le fasi sperimentali richiede l'adozione di misure di sicurezza particolarmente rigorose, al fine di evitare qualsiasi tipo di contaminazione ambientale.

2. L'importanza della collaborazione tra enti pubblici e privati nella ricerca e sviluppo

La collaborazione tra enti pubblici e privati è fondamentale per lo sviluppo di nuove tecnologie e soluzioni nel settore della gestione dei rifiuti. Questa sinergia permette di condividere conoscenze e competenze, gli enti pubblici mettono a disposizione le loro competenze normative, mentre le aziende private apportano le loro conoscenze tecnologiche e la capacità di industrializzare le innovazioni. Grazie alla collaborazione, è possibile ridurre i tempi necessari per portare sul mercato nuove tecnologie e soluzioni.

Non trascurabile il fatto che la collaborazione tra pubblico e privato può contribuire a aumentare la visibilità dei risultati delle ricerche e a favorire la diffusione delle innovazioni.

Le prospettive future per lo sviluppo di tecnologie innovative di miscelazione dei rifiuti sono estremamente promettenti e orientate verso una sempre maggiore sostenibilità ed efficienza. Alcune delle tendenze più significative che si stanno registrando riguardano le tecnologie digitali e intelligenza artificiale: l'applicazione di sensori, sistemi di controllo avanzati e intelligenza artificiale permetterà di ottimizzare i processi di miscelazione, garantendo una maggiore precisione e un minor consumo energetico; ad esempio, l'utilizzo di algoritmi di machine learning potrà prevedere l'evoluzione delle miscele e adattare di conseguenza i parametri di processo. Si stanno poi sviluppando nuovi materiali leganti, più performanti e meno impattanti sull'ambiente, come ad esempio le bio-resine o i materiali a base di scarti industriali: questi materiali



permetteranno di ottenere prodotti finali con caratteristiche meccaniche e chimiche superiori e di ridurre la dipendenza dalle risorse non rinnovabili. Infine, continua l'interesse per i trattamenti pre e post miscelazione, come la macinazione, la separazione magnetica e la flottazione, al fine di migliorare l'omogeneità delle miscele e facilitare il recupero di materiali di valore.

4. Ruoli e attività svolta dai partner

Hanno partecipato a questo task tutti i partner del progetto, coordinati da Green Tech Italy, che ha fatto poi sintesi dei risultati raggiunti.

5. Ruoli e attività svolta dai consulenti

La consulenza scientifica da parte del Dipartimento di scienze molecolari e nanosistemi (DSMN) ha riguardato l'attività di analisi della letteratura scientifica per la determinazione e standardizzazione dei processi di miscelazione, collaborando nella redazione di linee guida dei processi di miscelazione.

La consulenza di GREENAGRISYS è stata di supporto all'analisi di pre-fattibilità dei processi di inertizzazione che il partneriato ha realizzato (in allegato Relazione tecnica del Consulente).



6. Bibliografia

- [1] [Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili \(ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99\)](#)
- [2] [Decreto Inerti 2024 – Bozza](#)
- [3] [LINEE GUIDA IN MATERIA DI MISCELAZIONE RIFIUTI \(art. 187 D. Lgs 152/2006\)](#)
- [4] <https://www.edilizia.com/notizie/firmato-il-nuovo-decreto-inerti-sul-riutilizzo-dei-rifiuti-end-of-waste/>
- [5] <https://www.certifico.com/ambiente/documenti-ambiente/257-documenti-riservati-ambiente/11640-miscelazione-dei-rifiuti>
- [6] <https://legislazionetecnica.it/node/3830784>
- [7] [REGOLAMENTO \(UE\) 2019/636 DELLA COMMISSIONE del 23 aprile 2019 recante modifica degli allegati IV e V del regolamento \(CE\) n. 850/2004 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo agli inquinanti organici persistenti](#)
- [8] [REGOLAMENTO \(UE\) 2019/1021 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 20 giugno 2019 relativo agli inquinanti organici persistenti](#)
- [9] [REGOLAMENTO \(UE\) 2022/2400 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 23 novembre 2022 recante modifica degli allegati IV e V del regolamento \(UE\) 2019/1021 relativo agli inquinanti organici persistenti](#)