

Solventi esausti in laboratorio - Smaltimento o riciclo?

Introduzione

Nell'ambito di un *Corso di laboratorio organico sostenibile* (NOP), la riduzione o, ancora meglio, l'eliminazione dei rifiuti sono due fini educativi molto importanti; questo discorso trova (ovviamente) applicazione anche con i solventi. Una possibile risposta a queste richieste consiste nella realizzazione di sintesi senza solventi: un'alternativa di questo tipo, in ogni caso, non entra automaticamente nel campo delle strategie a basso impatto ambientale, dal momento che è necessario tener presente anche altri fattori, come il work up, la resa e la fonte di energia impiegata. Molto spesso, quindi, non è possibile (né conveniente) rinunciare ai solventi: quello che si può fare, tuttavia, è ridurre il numero e cercare di scegliere quelli più compatibili a livello ambientale.

Concentrare l'attenzione su un numero ristretto di solventi, permette di raccogliarli separatamente e di destinarli al riciclo: questo genere di impostazione rappresenta sicuramente un primo passo verso la riduzione dei volumi di solventi esausti. Per riciclare adeguatamente un determinato solvente tramite distillazione su colonna, è necessario predisporre il recupero separato ed effettuare un adeguato pre-lavaggio: solo in questo modo, infatti, si riesce ad ottenere un solvente distillato di qualità elevata, che viene quindi impiegato senza pregiudizi dall'operatore. Nonostante tutti gli sforzi, si ottiene sempre un residuo di distillazione, che deve quindi essere smaltito nelle apposite taniche dei solventi alogenati o non alogenati, oppure ancora, in quello delle miscele di solventi.

In campo industriale e commerciale, i solventi esausti vengono normalmente riciclati e destinati al riutilizzo. Qualsiasi utente deve (per legge) raccogliere i propri scarti separatamente secondo i componenti principali e riutilizzarli, sempre che questo sia commercialmente vantaggioso e che ci sia un mercato dei prodotti riciclati. Le condizioni generali di riciclo sono ben diverse se si considerano impianti industriali o strutture di ricerca o didattiche, come quelle all'interno di una qualsiasi università. Nel primo caso, vengono generalmente impiegate poche tipologie di solventi, ma in grandi volumi: il riciclo, quindi, sia esso interno o esterno all'impianto, risulta (quasi) sempre vantaggioso. Un "riutilizzo termico" (combustione) è permesso solo qualora il riciclo non sia applicabile per svariate ragioni.

Qualora fosse necessario smaltire un solvente, bisognerebbe innanzitutto assegnarlo alla categoria "alogenati" o a quella "non alogenati". I solventi organici esausti sono molto spesso costituiti da diversi componenti: nel caso non fosse possibile individuarne uno predominante, sarebbe necessario considerare l'intero volume come "miscela di solventi".

Rispetto alle applicazioni commerciali, i volumi di solventi esausti derivanti da attività di ricerca, oppure dai laboratori didattici, sono decisamente inferiori: molto spesso in passato essi venivano smaltiti e non riciclati, visto che erano per lo più delle miscele molto complesse. Con un'attenta raccolta separata, in ogni caso, è possibile recuperare i solventi esausti tramite rettifica, ottenendo dei risultati che molto spesso raggiungono gli standard dei prodotti originali. In particolare, sarebbe molto importante ricorrere al riciclo e al riutilizzo dei solventi all'interno dei corsi di laboratorio universitari, nell'ambito della chimica sostenibile: questo non andrebbe inteso esclusivamente sotto il profilo commerciale o ambientale, bensì assumerebbe importanza per fini didattici. Le esperienze (in materia di riciclo e smaltimento dei rifiuti) maturate su scala di laboratorio all'inizio dei propri studi, infatti, permetterebbero

al chimico affermato di applicare i principi della “Chimica verde” nella propria vita professionale, eventualmente su scala più grande (commerciale).

Nei seguenti paragrafi vengono descritti in dettaglio i solventi e le miscele di solventi, con particolare attenzione alla frequenza con cui essi vengono incontrati nelle normali sintesi di laboratorio e nelle più comuni tecniche analitiche.

Descrizione dei solventi esausti e delle miscele di solventi

Solventi alogenati e miscele di solventi

I solventi alogenati vengono spesso indicati con le seguenti sigle:

- **CFC** (clorofluorocarburi)
- **CHC** (idrocarburi clorurati)
- **HHC** (idrocarburi alogenati)

Queste sostanze sono spesso dannose o tossiche, nonché pericolose per le acque di superficie e/o per l’atmosfera: tali solventi non dovrebbero quindi mai finire nelle acque di scarico. Viste queste caratteristiche, esistono leggi e decreti ben precisi sull’argomento (ad esempio: HKWAbfV – Direttiva tedesca sullo smaltimento dei solventi alogenati esausti, BGBl. I, p. 1918, 23 Ottobre 1989; a livello italiano, è stata recentemente introdotta una nuova normativa per la gestione dei rifiuti - D. Lgs. 152/06; parte IV: “Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati” -, che è andata ad abrogare quella precedentemente in vigore, il cosiddetto “Decreto Ronchi” - D. Lgs. 22/97-). Nel caso in cui fossero disponibili altre sostanze meno pericolose, sarebbe quindi preferibile non utilizzare gli HHC per pulire o sgrassare oggetti.

L’utilizzo del **tetraclorometano** (tetracloruro di carbonio) come solvente è proibito dal 1992. In seguito ad un’ordinanza in materia, infatti, non è più permesso l’uso di CFC completamente alogenati, ne’ come refrigeranti (in unità su grande scala), ne’ come agenti pulenti o come solventi.

Solventi non alogenati e miscele di solventi

I solventi organici non alogenati possono essere raggruppati nelle seguenti categorie:

- Idrocarburi alifatici e aliciclici
- Idrocarburi aromatici
- Alcol
- Chetoni
- Esteri
- Eteri
- Eteri di glicol

Oltre a questi solventi puri e alle miscele che vengono inevitabilmente utilizzate in chimica sintetica, esistono altre tipologie di miscele speciali che trovano applicazioni tecniche come agenti per la diluizione di coloranti, resine, metalli, ecc ...

Anche i solventi non alogenati nascondono una certa pericolosità: tanto per iniziare, molto spesso sono (altamente) infiammabili, mentre, in alcuni casi, possono addirittura essere nocivi o tossici. Qualora siano in grado di modificare le proprietà chimiche, fisiche o biologiche dell’acqua (vedi idrocarburi aromatici e diversi eteri), essi vengono classificati come pericolosi per l’acqua e non devono quindi entrarne in contatto, proprio come accade con i solventi alogenati.

Riciclo dei solventi esausti

Secondo le specifiche legali in materia, i solventi non vengono normalmente considerati come rifiuti e devono quindi essere introdotti in procedure di riciclo; in generale, chiunque abbia a che fare con sostanze pericolose è obbligato a raccogliere separatamente i materiali riciclabili (come, ad esempio, i solventi), a rigenerarli (tramite rettifica) e a riutilizzarli. Il riciclo di una determinata sostanza ha sempre la priorità rispetto al suo smaltimento, tutte le volte che:

- È tecnicamente possibile;
- I costi del riciclo sono accettabili rispetto a quelli dello smaltimento;
- C'è un mercato per i materiali riciclati.

La necessità del riciclo diventa quindi ovvia, almeno per quelle sostanze, come gli idrocarburi alogenati, che sono pericolose sia per l'ambiente, che per la salute umana.

I solventi organici (solitamente) possono essere riciclati con facilità e riutilizzati nelle sintesi: una volta raccolti separatamente, è possibile purificarli tramite distillazione, anche nel caso in cui contengano altre sostanze con differenti punti di ebollizione; persino le miscele acquose di solventi possono essere trattate in questo stesso modo. In pratica, risulta conveniente distillare tutti quei solventi che vengono impiegati in grandi volumi e presentano costi elevati (ad esempio: metanolo, etanolo, acetone, acetonitrile, xilene e tutti gli idrocarburi alogenati).

Riciclo dei solventi centralizzato o periferico?

I solventi esausti possono essere riciclati in unità centralizzate, oppure in modo decentralizzato, direttamente nel sito in cui vengono prodotti. Il **riciclo periferico** è normalmente più vantaggioso, visto che nel caso centralizzato è necessario affrontare numerosi problemi, come la raccolta non specifica dovuta al mescolamento delle varie taniche. La contaminazione dei solventi (anche con quantità minime di sostanze estranee) può renderne difficile la procedura di riciclo: il trattamento decentralizzato nel sito di origine deve quindi essere preferito. Una pulizia preliminare può essere realizzata con estrema facilità ricorrendo ad un evaporatore rotante: in questo modo i seguenti passaggi di distillazione su colonna risultano molto più semplici da eseguire.

Nel caso in cui la strumentazione adatta non sia disponibile nel sito di produzione, il solvente esausto deve essere raccolto e riciclato a livello di una **unità centralizzata**. A questo proposito, è opportuno sottolineare l'importanza della raccolta specifica dei solventi, che rappresenta il punto di partenza per un buon riciclo; per facilitare questa operazione, i volumi delle taniche di raccolta per le diverse tipologie di solventi andrebbero limitati a 5-10 L: in questo modo, infatti, la probabilità di inquinare un dato solvente con una sostanza estranea diminuisce drasticamente. In seguito alla purificazione tramite distillazione su colonna in una unità centralizzata, il solvente riciclato può essere restituito a colui che ha prodotto il rifiuto, oppure inviato ad altre strutture di ricerca. Una condizione fondamentale per il riciclo di un solvente è la sua qualità in seguito alla purificazione: devono, infatti, essere rispettate tutte le richieste di quello che sarà l'utilizzatore finale.

Come mettere in pratica il riciclo dei solventi nelle università?

Il riciclo e il riutilizzo dei solventi nell'ambito dei laboratori didattici o di ricerca sono normalmente procedure possibili e accettabili: in questi settori molto spesso i solventi esausti rappresentano la frazione principale di tutti gli scarti. Dal momento che la raccolta separata dei rifiuti pericolosi è regolata da ordinanze specifiche, i solventi così processati possono essere facilmente riciclati in strutture decentralizzate a livello delle singole istituzioni. In

questo modo, i corsi di laboratorio chimici possono essere progettati secondo un modello sostenibile.

Integrazione del riciclo dei solventi nei corsi di laboratorio chimici

La partecipazione degli studenti alle diverse fasi della purificazione è molto importante, anche in vista della loro sensibilizzazione rispetto ad un riciclo sicuro e accettabile da un punto di vista ambientale. Così facendo, essi possono imparare le procedure da adottare per una raccolta separata dei solventi e per il loro riutilizzo; allo stesso tempo, diventano consapevoli degli sforzi da fare, nonché delle tecniche e dell'energia necessarie per le diverse fasi del riciclo. Un obiettivo secondario potrebbe essere quello di renderli più inclini all'accettazione dei materiali riciclati.

La scelta di poche tipologie di solventi come base per il riciclo

Un approccio fondamentale per realizzare un riciclo efficiente è quello di ridurre la diversità dei solventi impiegati. All'interno di un corso di laboratorio di chimica organica sostenibile, dovrebbe innanzitutto essere valutata la possibilità di ridurre il grande numero di solventi normalmente utilizzati. L'impiego di 5-7 solventi diversi per la realizzazione di tutti gli esperimenti permette una raccolta separata agevole e un riciclo dei solventi decisamente più semplice.

I criteri di selezione per i solventi da usare sono (ad esempio): la possibilità di applicazione in contesti diversi, la polarità, il prezzo, la tossicità, i parametri di sicurezza (infiammabilità, punto di scintilla), ecc ... I solventi aromatici come il benzene e il toluene possono essere sostituiti facilmente. Nel campo degli idrocarburi alogenati, il tetraclorometano è proibito per legge (cfr. sopra), mentre il cloroformio e il diclorometano andrebbero sostituiti con altri solventi (laddove possibile). Le seguenti proprietà possono essere d'aiuto nella scelta di solventi adatti:

- L'intero intervallo di solubilità andrebbe ricoperto tramite un ristretto numero di solventi non acquosi;
- Il rischio potenziale dei solventi dovrebbe essere basso; essi dovrebbero essere classificati come poco pericolosi o (al massimo) pericolosi rispetto alle ordinanze in materia, mentre non dovrebbero essere né cancerogeni, né mutageni.
- La gestione dei solventi dovrebbe essere facile e sicura.
- La loro reattività dovrebbe essere bassa.
- Dovrebbero avere buone proprietà in vista del riciclo (ad esempio: procedure di pulizia ed essiccamento facili).
- I loro costi di acquisto e di smaltimento dovrebbero essere bassi.

I solventi elencati di seguito rispettano a grandi linee le indicazioni sopra riportate e possono essere impiegati per diverse reazioni. In questo caso, è stata data maggiore priorità al basso rischio potenziale e all'utilizzo di specie non alogenate.

- Acetato di etile (polare, non protico)
- Acetone (polare, non protico)
- Etanolo (polare, protico; questo solvente è un ottimo sostituto del metanolo, che è tossico)
- Cicloesano (non polare, non protico; questo solvente può sostituire il benzene ed essere impiegato al posto del toluene per formare miscele azeotropiche e allontanare l'acqua dall'ambiente di reazione; per finire, trova impiego in diverse reazioni - non radicaliche - come sostituto del tetraclorometano)

- *tert*-Butil metil etere (non polare, non protico. Può sostituire il dietil etere nella maggior parte dei casi, ad eccezione delle reazioni di Grignard)

L'utilizzo di pochi solventi è possibile non solo a livello didattico, ma anche nella maggior parte delle applicazioni di ricerca (sintesi, cromatografia, estrazioni). L'utilizzo di altre specie (in piccoli volumi) andrebbe ridotto solo ai casi in cui è realmente necessario. Un esempio è quello delle reazioni di Grignard, che necessitano l'uso di solventi polari anidri, come il dietil etere o il tetraidrofurano (THF).

Aspetti della raccolta separata dei solventi esausti in vista del riciclo

Per un riciclo efficiente dei solventi esausti, è necessario raccoglierci in maniera specifica, così da ridurre gli sforzi necessari per la purificazione. Anche se è possibile (in linea di principio) separare miscele composte da diversi costituenti (≥ 3) nelle specie originali ricorrendo a tecniche chimiche e/o fisiche, tutto ciò risulta estremamente complicato e, conseguentemente, non vantaggioso da un punto di vista economico. Una raccolta specifica richiede un'attenzione molto elevata da parte del personale, sicuramente maggiore rispetto a quella necessaria per il semplice smaltimento (che era la pratica più comune in passato): il risultato di questa procedura dovrebbe inizialmente essere (in fase di sperimentazione) quello di produrre miscele costituite almeno all' 80% da una singola tipologia di solvente; successivamente si dovrebbe passare almeno al 90-95%.

Allo scopo di ottenere questi risultati, si consiglia di mettere in tutti i laboratori che si impegnano nella raccolta separata, delle taniche per ciascun solvente o per le miscele di solventi usati (ad esempio: cicloesano/acetato di etile). Questi contenitori dovrebbero avere una capienza tra i 3 e i 10 litri ed essere etichettati con estrema chiarezza, possibilmente con indicazioni resistenti ai solventi e nel tempo. La figura mostrata a pagina seguente vuole essere un esempio delle possibili etichette da preparare.

Taniche troppo grandi non sarebbero adatte: nel caso migliore, il loro volume si deve aggirare attorno ai 5 L. In questo modo si riduce lo spazio richiesto dai diversi contenitori e c'è la possibilità di adottare una tanica per ciascuna tipologia di solvente. Allo stesso tempo, viene anche limitata la quantità totale di solventi infiammabili presenti nel laboratorio. Contenitori grossi richiederebbero troppo tempo per essere riempiti e aumenterebbero il pericolo di inquinamento (diminuendo allo stesso tempo la qualità del solvente riciclato); contenitori piccoli, al contrario, andrebbero svuotati troppo di frequente.

Cicloesano

Solvente distillato dopo estrazione liquido-liquido

Frasi R: 11-38-50/53-65-67

Frasi S: 2-9-16-33-60-61-62

Posizione: Stanza A, Cappa 2



Nocivo



Altamente infiammabile

!

- Chiudere bene la tanica!
- Il coperchio deve essere a perfetta tenuta!
- Se qualcosa fuoriesce durante le aggiunte e cola lungo la parete esterna, lasciare la tanica sotto cappa.
- Non superare il livello massimo (controlla l'indicazione)!

Com'è organizzato il riciclo dei solventi nella pratica quotidiana?

Il riciclo dei solventi dovrebbe essere composto dalle seguenti fasi:

I solventi esausti vengono raccolti separatamente nei diversi laboratori all'interno di taniche da 5 L di volume. Prima di versarli nel contenitore, l'operatore deve aver già distillato una prima volta i solventi in un evaporatore rotante; tra le altre cose, sarebbe meglio non ricorrere alle pompe ad acqua per applicare il vuoto. I residui della distillazione devono essere smaltiti come rifiuti organici pericolosi.

Una volta riempite, le taniche vanno consegnate all'unità responsabile del riciclo dei solventi: questa struttura potrebbe essere un laboratorio addetto al riciclo, oppure una semplice unità di distillazione di medie dimensioni. I contenitori devono essere corredati da un tagliando recante informazioni sulle origini del solvente (nome del responsabile, laboratorio), in maniera tale da indirizzare correttamente le lamentele nel caso di taniche non adatte al riciclo.

Le taniche piene devono essere analizzate dall'unità centrale tramite GC, così da verificare la natura del solvente consegnato. Nel caso la purezza risulti superiore al 90%, è possibile procedere oltre con le tecniche di purificazione. In caso contrario, la tanica deve essere

restituita; sarebbe, inoltre, opportuno avvisare la persona coinvolta, indicandole anche come procedere in futuro per aumentare la qualità della separazione.

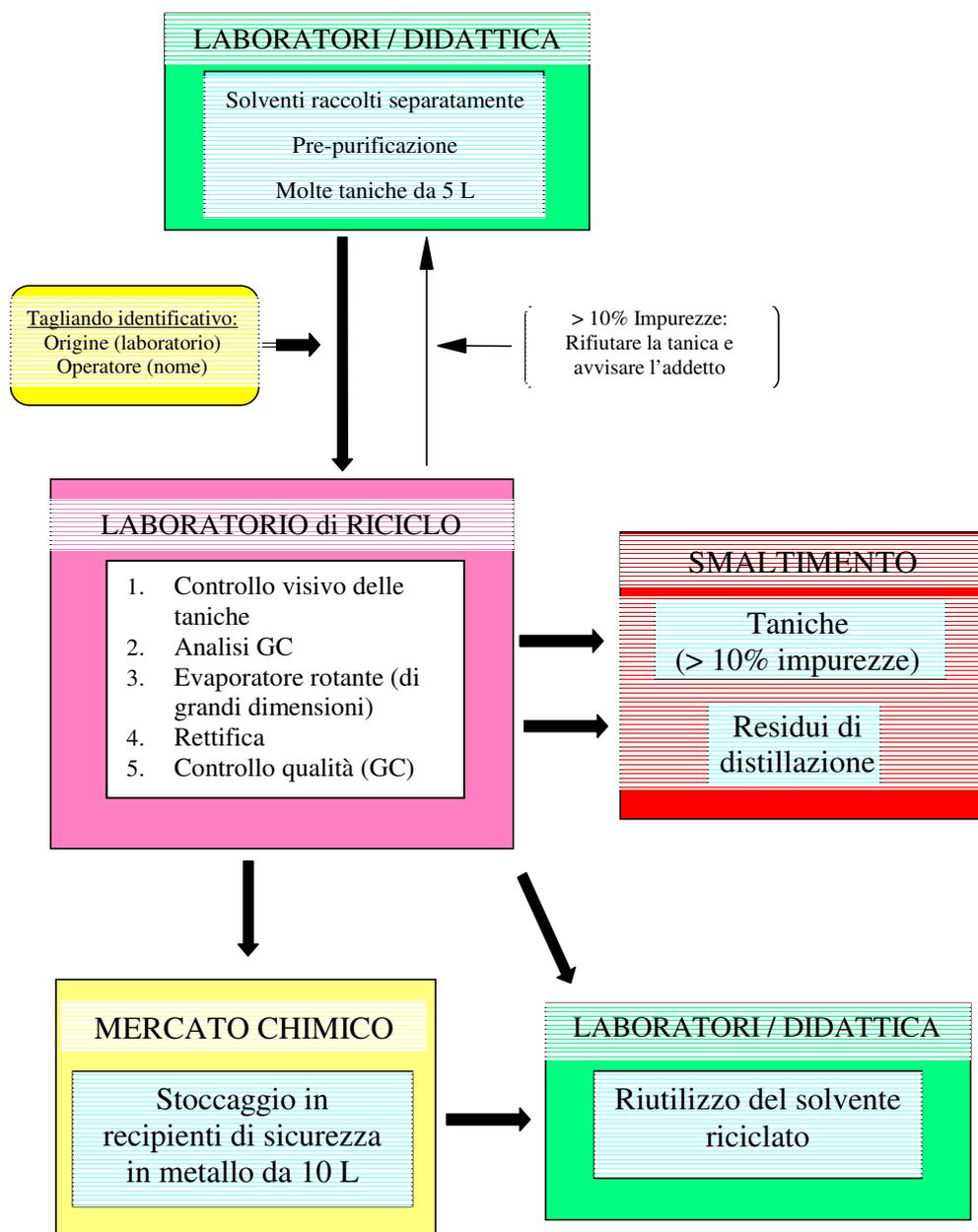
Le taniche che hanno superato il controllo vengono riunite in un contenitore temporaneo di dimensioni maggiori: a questo livello, è necessario formare due gruppi differenti; i solventi riciclabili devono essere suddivisi in base alla loro tipologia e successivamente purificati, mentre quelli troppo inquinati riuniti a loro volta, sebbene per destinarli allo smaltimento.

I solventi esausti riciclabili devono essere puliti preliminarmente in evaporatori rotanti di grandi dimensioni: in questo modo, le impurezze più grossolane rimangono come residui di distillazione. Una volta conclusa questa fase, i solventi vengono distillati in unità di rettifica assistite da computer, fino a raggiungere una purezza paragonabile a quella dei prodotti commerciali (che supera almeno il 98%). In alcuni casi, le distillazioni forniscono delle miscele azeotropiche, le quali risultano comunque utili per scopi di laboratorio (ad esempio: la miscela cicloesano/acetato di etile come eluente per la cromatografia di gel permeazione). Tutti i residui di distillazione devono essere smaltiti come rifiuti alogenati o non alogenati, in funzione del loro contenuto di alogeni (5%).

Per controllare la qualità dei solventi distillati, è necessario effettuare un'analisi tramite GC (rivelatore: FID); il contenuto in acqua, invece, può essere analizzato tramite titolazione (Karl-Fischer). I risultati analitici ottenuti devono essere allegati al solvente riciclato: in questo modo colui che lo utilizza si trova in una posizione tale da poter giudicare autonomamente la purezza del materiale che sta impiegando. La qualità delle misure per determinare la purezza e la trasparenza dell'intera procedura sono elementi fondamentali per l'accettazione del solvente riciclato. Nei casi in cui vi sia un'attenta pianificazione e un'organizzazione ben collaudata, è possibile riciclare più del 70% del materiale impiegato.

I solventi distillati dovranno essere conservati in recipienti di sicurezza da 10 L, quindi, una volta superate le prove di purezza, etichettati. Visto che questi recipienti sono a prova sia di esplosione, che di rottura, è possibile conservare in laboratorio anche i solventi infiammabili.

Il seguente diagramma a blocchi mostra schematicamente i passaggi più importanti della procedura di riciclo dei solventi.



Riutilizzazione termica e recupero di energia dai solventi esausti

Altri approcci per il riutilizzo dei solventi esausti sono la riutilizzazione termica e il recupero di energia. A questo proposito, è necessario utilizzare i solventi (relativamente) meno inquinati e, soprattutto, quelli non alogenati; anche in questo caso, bisogna raccogliere separatamente i solventi da destinare a tale scopo: si ricorre principalmente a specie infiammabili come alcol (metanolo, etanolo, *i*-propanolo), chetoni (acetone), diversi esteri, xilene, benzene, toluene, ecc ... Questi solventi non devono contenere materiale solido, né prodotti di reazione, che potrebbero alterare il processo di incenerimento; altra sostanza da evitare è l'acqua. È opportuno sottolineare come tutti i solventi indicati siano **idrocarburi o molecole ossigenate** (intesi sia come puri, che come miscele), e che è **assolutamente necessario evitare specie contenenti alogeni, zolfo o azoto** al loro interno. All'atto della consegna del solvente alla ditta responsabile dello smaltimento, sarebbe opportuno segnalare la possibilità o meno di destinare il campione fornito al recupero di energia.

Smaltimento dei solventi esausti

All'interno delle strutture di laboratorio, in passato, i solventi esausti non venivano riciclati, bensì smaltiti: in diversi casi, questa procedura viene impiegata anche al giorno d'oggi. Nonostante tutti gli sforzi possibili nel senso del riutilizzo, rimane sempre una certa percentuale di solventi che deve essere smaltita come rifiuto pericoloso e incenerita in impianti addetti a questo compito.

Quando verranno smaltiti i solventi usati? Aspetti della categorizzazione

È già stato sottolineato come non sia possibile riciclare convenientemente complesse miscele di solventi; nel caso in cui esse contenessero anche delle sostanze alogenate, non sarebbe nemmeno possibile impiegarle per il recupero di energia. Le miscele di idrocarburi alogenati vengono quindi smaltite come:

- **Miscele di solventi, contenenti alogeni**

Nel caso queste miscele contengano anche acqua, devono essere etichettate come:

- **Miscele acquose di solventi, contenenti alogeni**

Miscele di solventi non alogenati, composte da diversi costituenti, devono essere smaltite come:

- **Miscele di solventi, non contenenti alogeni**

Diversi solventi non alogenati, in particolare quelli più polari, sono parzialmente o completamente solubili in acqua. Nel caso in cui miscele di questi solventi contengano elevate quantità d'acqua, non risulta conveniente distillarle a causa dell'elevata richiesta energetica del processo. È quindi necessario smaltirle come:

- **Miscele acquose di solventi, non contenenti alogeni**

Le miscele di solventi e acqua non vengono definite sulla base dei loro componenti: per le ditte responsabili dello smaltimento, infatti, è più importante conoscere la percentuale d'acqua presente, in quanto questo parametro influenza la loro combustibilità. In questi casi, è opportuno descrivere grossolanamente queste miscele come “composte principalmente da solventi” o “composte principalmente da acqua”: per meglio comprendere la situazione, si può fare riferimento al seguente schema, realizzato appositamente per lo smaltimento di questo genere di miscele.

Per un contenuto in termini di solventi organici inferiore al 20% (“miscela composta principalmente da acqua”), le possibili vie di smaltimento sono le seguenti (in funzione delle eventuali impurezze presenti):

- **Rifiuti acquosi di laboratorio** (solo nel caso di solventi ordinari miscibili con l'acqua; vedi metanolo, etanolo, *i*-propanolo, acetone, ecc ...)
- **Miscele acquose di solventi, non contenenti alogeni** (nel caso in cui il contenuto di solventi aromatici come benzene, toluene, xilene, piridina, ecc ... sia sopra l' 1%, e/o il contenuto di idrocarburi alogenati sia inferiore al 5%)
- **Miscele acquose di solventi, contenenti alogeni** (nel caso in cui il contenuto di composti alogenati sia superiore al 5%).

Per un contenuto in termini di solvente organico compreso tra il 20% e l' 80%, queste miscele devono essere smaltite come:

- **Miscele acquose di solventi, non contenenti alogeni o**
- **Miscele acquose di solventi, contenenti alogeni**

A seconda delle impurezze presenti.

Per i solventi esausti che contengono più dell' 80% ("miscela composta principalmente da solventi") di materiale organico, si raccomandano le seguenti tipologie di smaltimento:

- **Solventi esausti, non contenenti alogeni** (in questo caso è necessario indicare la tipologia del solvente; sarebbe, inoltre, meglio procedere con il riciclo)
- **Miscele di solventi, non contenenti alogeni**
- **Altri solventi non contenenti alogeni**

Raccolta dei solventi esausti in vista dello smaltimento. Cosa bisogna considerare?

I solventi esausti destinati allo smaltimento vanno classificati in differenti categorie e raccolti separatamente: è proibito per legge creare delle miscele o aggiungere sostanze estranee.

Rispettare questa regola è molto importante anche per assicurare la sicurezza all'interno del laboratorio: in caso contrario, infatti, le sostanze mischiate potrebbero dar luogo a pericolose reazioni. Gli **idrocarburi contenenti cloro**, ad esempio, possono originare delle esplosioni in presenza di metalli **alcalini** o **alcalino-terrosi**, così come dei loro ossidi o idrossidi. Un altro grave problema può sorgere mischiando il cloroformio con l'acetone (come è spesso successo in passato, portando a diversi incidenti).

Per ragioni di sicurezza, è meglio verificare la presenza di perossidi nei solventi esausti non alogenati; se necessario, si dovrebbero neutralizzare le miscele e ridurre gli eventuali perossidi presenti.

Taniche di plastica da 5 L sono i migliori contenitori per lo smaltimento dei solventi esausti; esse dovrebbero essere resistenti nel tempo ed etichettate chiaramente. Tramite una raccolta attenta dei solventi esausti e una separazione tra alogenati e non alogenati, è possibile risparmiare notevolmente, dal momento che lo smaltimento dei primi è decisamente più costoso di quello dei secondi. Una volta riempite, le taniche devono essere stoccate temporaneamente in contenitori di metallo di grandi dimensioni (a prova di rottura) all'interno della struttura stessa che produce il rifiuto. Una volta raggiunto un determinato quantitativo, questi rifiuti vengono processati da apposite ditte, specializzate nell'incenerimento di rifiuti pericolosi.