

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE

***DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE,
AMBIENTALE E DEI MATERIALI***

TESI DI LAUREA

in

Valorizzazione delle Risorse Primarie e Secondarie

**LA RACCOLTA E LA GESTIONE DEGLI OLI ESAUSTI
DOMESTICI**

CANDIDATO:

Agostino Mosci

RELATORE:

Chiar.ma Prof. Ing. Alessandra Bonoli

Anno Accademico 2013/14

Sessione III

INDICE

INTRODUZIONE

CAPITOLO 1

CONTESTO GIURIDICO DI RIFERIMENTO.....1

1.1 QUADRO NORMATIVO EUROPEO

1.1.1 DALLA DIRETTIVA 75/442/CEE ALLA DIRETTIVA 2008/98/CE: PROFILI DI CONTINUITÀ

1.1.2. IL CER, CATALOGO EUROPEO DEI RIFIUTI

1.1.3. OBIETTIVI E PROSPETTIVE FUTURE NEL QUADRO DELLA C.D. STRATEGIA “EUROPA 2020”

1.2. QUADRO NORMATIVO NAZIONALE

1.2.1. IL TESTO UNICO AMBIENTALE (T.U.A.)

1.2.2. LA GESTIONE E LA RACCOLTA DEI RIFIUTI NEL T.U.A.

1.2.3. IL SISTRI - SISTEMA DI CONTROLLO DELLA TRACCIABILITÀ DEI RIFIUTI

1.2.4. IL CONOE - CONSORZIO OBBLIGATORIO NAZIONALE DI RACCOLTA E TRATTAMENTO OLI E GRASSI VEGETALI E ANIMALI ESAUSTI

CAPITOLO 2

OLI VEGETALI E GRASSI ANIMALI ESAUSTI.....23

2.1 PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

2.2 TRASFORMAZIONE CHIMICA DELL’OLIO DURANTE FRITTURA

2.3 IMPATTO AMBIENTALE

2.4. COSTI DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE

2.5. QUANTIFICAZIONE DEI COSTI DOVUTI AL DANNO AMBIENTALE PER MANCATA RACCOLTA DI OLI VEGETALI ESAUSTI IN ITALIA

CAPITOLO 3

LA RACCOLTA DEGLI OLI ESAUSTI DOMESTICI IN ITALIA.....36

3.1. LA RACCOLTA DELL’OLIO VEGETALE ESAUSTO DOMESTICO

3.1.1. I DIVERSI METODI DI RACCOLTA DEGLI OLI DOMESTICI ED I LORO VANTAGGI

3.2. QUANTITÀ TOTALE DI OLIO ESAUSTO RACCOLTA IN ITALIA DAL 2001/STIME DEL CONOE

3.3. QUANTITÀ DI OLI DOMESTICI SULLA PRODUZIONE TOTALE

3.4. IMPATTO AMBIENTALE DELLA RACCOLTA DI OLI DOMESTICI

CAPITOLO 4

| | |
|---|----|
| TRATTAMENTI E DESTINAZIONI D'USO..... | 52 |
| 4.1. TRATTAMENTI | |
| 4.1.1. IL PROCESSO DI FILTRAZIONE | |
| 4.1.2. LA FASE DI DECANTAZIONE O SEDIMENTAZIONE PER GRAVITÀ | |
| 4.1.3. LA WINTERIZZAZIONE | |
| 4.1.4. IL PROCESSO DI TRANS ESTERIFICAZIONE | |
| 4.2. PRINCIPALI DESTINAZIONI D'USO..... | 64 |
| 4.2.1. BIOLUBRIFICANTI | |
| 4.2.2. PRODOTTI PER LA COSMESI E SAPONI INDUSTRIALI | |
| 4.2.3. LA COGENERAZIONE | |

CAPITOLO 5

| | |
|--|----|
| PRODUZIONE INDUSTRIALE DEL BIODIESEL DA OLI ESAUSTI... | 71 |
|--|----|

| | |
|---|--|
| 5.1. PRE TRATTAMENTI | |
| 5.2. PROCESSI INDUSTRIALI E RENDIMENTI DI PRODUZIONE | |
| 5.3. COSTI DI PRODUZIONE | |
| 5.4. BILANCIO ENERGETICO ed E.R.O.E.I. (ENERGY RETURN ON ENERGY INVESTMENT) | |

CAPITOLO 6

| | |
|-----------------------------|----|
| UTILIZZI DEL BIODIESEL..... | 77 |
|-----------------------------|----|

| | |
|---|--|
| 6.1. PROPRIETA' TECNICHE DEL BIODIESEL | |
| 6.2. DIFFERENZE E AFFINITÀ TRA BIODIESEL E DIESEL | |
| 6.3. MERCATO E PRESTAZIONI DEL BIODIESEL | |

CAPITOLO 7

| | |
|---|----|
| BEST PRACTICES – CASI DI EFFICIENZA IN EUROPA NELLA RACCOLTA E RECUPERO DEGLI OLI VEGETALI ESAUSTI DOMESTICI | 88 |
| 7.1. IL PROGETTO “Olly” | |
| 7.2. IL PROGETTO CIVITAS TRENDSETTER | |
| 7.3. SWOT ANALYSIS DELLA FILIERA DI RACCOLTA DI OLI VEGETALI ESAUSTI DOMESTICI E PRODUZIONE DI BIODIESEL IN ITALIA..... | 94 |

CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

INTRODUZIONE

Obiettivo della tesi è stato riconoscere i fattori di successo e i principali limiti legati all'implementazione dei progetti di recupero degli oli domestici sul territorio italiano.

Il problema nasce dall'esigenza di gestire in modo efficiente la raccolta differenziata di questo rifiuto che, se gettato nello scarico di casa o nel lavandino, provoca impatti ambientali rilevanti rendendo particolarmente difficoltoso e dispendioso il trattamento delle acque reflue e causa gravi danni agli ecosistemi naturali.

La questione è da tempo inquadrata e disciplinata dalle direttive comunitarie in materia di rifiuti e dalla strategia "Europa2020" che ha come obiettivo principale una crescita intelligente, sostenibile ed inclusiva.

A livello nazionale, invece, il Testo Unico Ambientale assolve alla funzione principale di riordino e coordinamento della disciplina, dando attuazione ai principi comunitari in materia e conformando l'ordinamento nazionale agli obiettivi e alle priorità individuate dal legislatore europeo.

Gli oli esausti domestici sono un rifiuto scomodo e complesso da gestire ma la valorizzazione energetica può essere una valida alternativa ai sistemi di smaltimento classici.

Infatti, attraverso un semplice processo chimico l'olio da cucina usato può essere trasformato in biodiesel. Questo particolare biocombustibile rispetta tutti i criteri di sostenibilità imposti dalla Comunità Europea e riduce, inoltre, l'impatto della produzione di biocarburanti sull'agricoltura.

1. CONTESTO GIURIDICO DI RIFERIMENTO

1.1. QUADRO NORMATIVO EUROPEO

1.1.1. DALLA DIRETTIVA 75/442/CEE ALLA DIRETTIVA 2008/98/CE: PROFILI DI CONTINUITÀ

La necessità di una regolamentazione unitaria a livello europeo trova la sua ragion d'essere nella diversificazione delle disposizioni nazionali, tra loro significativamente eterogenee, tali che avrebbero potuto alterare le normali condizioni di concorrenza, incidendo direttamente sulla realizzazione del mercato comune. Sarebbe tuttavia riduttivo confinare l'intervento comunitario in una prospettiva di armonizzazione della normativa nazionale esistente, il legislatore si è infatti spinto oltre, cogliendo l'occasione per espletare un'essenziale azione propulsiva, al fine di incrementare e migliorare la regolamentazione.

I tratti essenziali della disciplina comunitaria sul tema, che emergono sin dalla prima Direttiva del Consiglio 75/442/CEE relativa ai rifiuti, possono essere così sintetizzati:

- La predisposizione di una cornice definitoria comune relativa al “rifiuto” e allo “smaltimento” a garanzia di sistemi di classificazione omogenei;
- L'attenzione alla salvaguardia della salute umana e dell'ambiente contro gli effetti nocivi del trattamento, in ogni sua fase;
- La promozione di interventi di recupero dei rifiuti e di utilizzo dei materiali di recupero, al fine di preservare le risorse naturali;
- La previsione di sistemi di autorizzazioni per le imprese che

intendono prendersi carico del trattamento;

- L'affermazione del principio secondo cui "chi inquina paga", del principio di sostenibilità e dei principi della fattibilità tecnica e della praticabilità economica, linee guida a livello europeo e internazionale;
- Gli aspetti evidenziati, già presenti in nuce nella Dir. 75/442, vengono approfonditi ed ampliati attraverso le Direttive successive, nel tentativo di risolvere i dubbi interpretativi sollevati dalla inadeguatezza delle disposizioni, fino alla più recente: la Dir. Del Parlamento Europeo e del Consiglio 2008/98/CE, che delinea un quadro di riferimento per il trattamento dei rifiuti all'interno dell'UE. La disciplina ivi contenuta è finalizzata a :
 - ridurre l'uso di risorse;
 - assicurare un alto grado di efficienza del loro impiego;
 - prevenire la produzione di rifiuti e promuovere il riutilizzo e il riciclaggio;
 - ridurre l'impatto ambientale connesso alla produzione e alla gestione dei rifiuti e in tal modo rafforzarne il valore economico in quanto "risorse";
 - ridurre le emissioni di gas ad effetto serra.

Si tratta dunque di una direttiva che tende alla attuazione di una "società del riciclaggio", secondo criteri di efficienza ed in relazione a quanto sia praticabile da un punto di vista tecnico, ambientale ed economico.

Dalla direttiva in esame emerge un'impostazione che pone la tutela della salute umana e dell'ambiente al centro della disciplina, come limite e scopo delle misure

che il legislatore nazionale è chiamato ad adottare: si richiede espressamente, infatti, che gli Stati membri adottino tutte le misure necessarie perchè la gestione si svolga senza rischi per l'acqua, l'aria, il suolo, la flora o la fauna, senza inconvenienti da rumori od odori e senza danni per il paesaggio o per i siti di particolare interesse (art.13). Tra i vincoli approntati alla discrezionalità dei singoli Stati membri, particolare importanza riveste quello di cui l'art. 4 della suddetta direttiva, che individua la c.d. "gerarchia dei rifiuti":

- a. prevenzione;
- b. preparazione per il riutilizzo;
- c. riciclaggio;
- d. recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia;
- e. smaltimento.

Si tratta di obiettivi da perseguire nella definizione della normativa e della politica in materia di prevenzione e gestione dei rifiuti, ordinati gerarchicamente in ordine di priorità, il cui scopo è quello di guidare ogni intervento legislativo in materia, consentendo di incoraggiare le opzioni idonee a realizzare il miglior risultato ambientale possibile.

1.1.2. IL CER, CATALOGO EUROPEO DEI RIFIUTI

L'esigenza di predisporre un elenco di rifiuti, completo e dettagliato, emerge sin dalla Dir. 75/442/CEE.

Il Catalogo Europeo dei Rifiuti viene originariamente istituito con la Decisione della Commissione 94/3/CE per i rifiuti non pericolosi, conformemente all'articolo 1, lettera a), della direttiva 75/442/CEE del Consiglio, mentre per quanto concerne i rifiuti pericolosi, il relativo Catalogo è istituito dalla Decisione

94/904/CE ai sensi dell'articolo 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi. A modificare il quadro di riferimento interviene la Decisione 2000/532/CE che sostituisce le Decisioni precedenti, al fine di rendere più trasparente il sistema di classificazione e semplificare le disposizioni in vigore attraverso l'integrazione dell'elenco di rifiuti di cui alla decisione 94/3/CE e quello di rifiuti pericolosi di cui alla Decisione 94/904/CE. Il CER in vigore è oggi contenuto nell'allegato della suddetta Decisione della Commissione 200/532/CE, tuttavia si rende necessaria una ulteriore specificazione: a partire dal 1° giugno 2015 sarà in vigore il nuovo elenco, contenuto nella Decisione 2014/955/UE che modifica la precedente ai sensi della Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio.

Il CER è un elenco armonizzato, soggetto a revisione periodica e suscettibile, se necessario, di modifica, all'interno del quale i diversi tipi di rifiuti sono definiti specificatamente per mezzo di un codice a sei cifre per ogni singolo rifiuto (lette come tre coppie da due cifre ciascuna) e i corrispondenti codici a quattro e a due cifre per i rispettivi capitoli. E' lo stesso allegato della Decisione a fornire le istruzioni utili all'identificazione di un rifiuto nell'elenco, a tal fine è necessario:

- Identificare la fonte che genera il rifiuto consultando i titoli dei capitoli da 01 a 12 o da 17 a 20 per risalire al codice a sei cifre riferito al rifiuto in questione, ad eccezione dei codici dei suddetti capitoli che terminano con le cifre 99.
- Se nessuno dei codici dei capitoli da 01 a 12 o da 17 a 20 si presta per la classificazione di un determinato rifiuto, occorre esaminare i capitoli 13, 14 e 15 per identificare il codice corretto.
- Se nessuno di questi codici risulta adeguato, occorre definire il rifiuto utilizzando i codici di cui al capitolo 16.

- Se un determinato rifiuto non è classificabile neppure mediante i codici del capitolo 16, occorre utilizzare il codice 99 (rifiuti non altrimenti specificati) preceduto dalle cifre del

capitolo e del sotto capitolo, che corrispondono alla fonte e al processo che ha generato il rifiuto. Attraverso l'interpretazione di tali coppie è possibile risalire all'attività o al processo produttivo che ha originato il rifiuto e al rifiuto vero e proprio.

Per "capitolo" si intende la prima coppia di numeri del codice che individua l'attività fonte del rifiuto. Complessivamente i capitoli sono 20:

- quelli che vanno da 01 a 12 e da 17 a 20 individuano rifiuti che sono originati da uno specifico settore o un processo produttivo (es. 02 YY ZZ individua i rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca, trattamento di alimenti);
- i capitoli 13, 14, 15 sono riferiti a quei rifiuti che non sono il prodotto di uno specifico processo produttivo, ma che sono trasversali ad ogni attività;
- infine il 16 identifica un gruppo eterogeneo di rifiuti, frutto di una individuazione residuale, in quanto non altrimenti ricoducibili agli altri capitoli.

Per "Sottocapitolo" si intende la seconda coppia di numeri che individua il processo produttivo di provenienza del rifiuto; per cui ogni capitolo consta di numerosi sottocapitoli, ognuno dei quali rappresentato da una coppia di numeri e specificante un determinato processo (ad es., 02 05, rifiuti dell'industria lattiero-casearia).

Per "Rifiuto" si intende la terza coppia di numeri che individua il rifiuto vero e

proprio; le tipologie di rifiuti sono numerosissime, ma grazie alle due coppie precedenti, che descrivono capitolo e sottocapitolo, è possibile identificare con chiarezza il rifiuto in rapporto alla sua origine (ad es. 02 05 01, scarti inutilizzabili per il consumo o la trasformazione).

Nell'elenco dei rifiuti ve ne sono alcuni contrassegnati da “*”, si tratta di quei rifiuti classificati come ‘pericolosi’, ai sensi della Direttiva 91/689/CEE. Ad esempio, il codice CER 06 13 04* identifica i rifiuti della lavorazione dell'amianto.

Nel caso in cui i rifiuti possono essere classificati in “voci specchio” (quei casi in cui la stessa nomenclatura del rifiuto compare una volta con “*” se pericoloso e un'altra senza*”, se non pericoloso) si applica il “criterio della concentrazione limite”, introdotto dalla Decisione 2001/118/CE. Nel caso in cui non esista la voce specchio e il codice rechi l'asterisco, si postula che il rifiuto sia pericoloso, senza fare valutazioni sulle concentrazioni limite.

Gli oli esausti sono classificati come rifiuti speciali non pericolosi, codice CER 20 01 25, quindi:

- 20, rifiuti urbani (rifiuti domestici e assimilabili, prodotti da attività commerciali, nonché dalle Istituzioni), inclusi i rifiuti della raccolta differenziata;
- 01, frazioni oggetto di raccolta differenziata;
- 25, oli e grassi commestibili.

1.1.3. OBIETTIVI E PROSPETTIVE FUTURE NEL QUADRO DELLA C.D. STRATEGIA “EUROPA 2020”

L'impegno profuso dalla Comunità Europea nell'ambito delle politiche di sviluppo sostenibile ha trovato, infine, un sua compiuta elaborazione pratica nell'ambito della c.d. strategia “Europa 2020: una strategia per una crescita intelligente, sostenibile ed inclusiva”, proposta dalla Commissione con Comunicazione del 3.3.2010.

Si tratta di un piano decennale finalizzato al rilancio della crescita economica dell'Unione. A tal fine, la Commissione individua cinque obiettivi fondamentali che ciascuno Stato dovrà tradurre in percorsi nazionali al fine di garantirne l'efficacia e la realizzazione:

- a. Il tasso di occupazione delle persone di età compresa tra 20 e 64 anni dovrebbe passare dall'attuale 69% ad almeno il 75%, anche mediante una maggior partecipazione delle donne e dei lavoratori più anziani e una migliore integrazione dei migranti nella popolazione attiva;
- b. L'obiettivo attuale dell'UE per gli investimenti in R&S, pari al 3% del PIL, è riuscito a richiamare l'attenzione sulla necessità di investimenti pubblici e privati, ma più che sul risultato si basa sui mezzi utilizzati per raggiungerlo. È chiara l'esigenza di migliorare le condizioni per la R&S privata nell'UE, cosa che molte delle misure proposte nella presente strategia faranno. È altrettanto evidente che mettendo insieme R&S e innovazione amplieremmo la portata della spesa, che diventerebbe più mirata verso le operazioni commerciali e i fattori di produttività. La Commissione propone di mantenere l'obiettivo al 3% definendo al tempo stesso un indicatore tale da riflettere l'intensità in termini di R&S e innovazione;

- c. Ridurre le emissioni di gas a effetto serra almeno del 20% rispetto ai livelli del 1990 o del 30%, se sussistono le necessarie condizioni; portare al 20% la quota delle fonti di energia rinnovabile nel nostro consumo finale di energia e migliorare del 20% l'efficienza energetica;
- d. Un obiettivo in termini di livello d'istruzione che affronti il problema dell'abbandono scolastico riducendone il tasso dall'attuale 15% al 10% e aumentando la quota della popolazione di età compresa tra 30 e 34 anni che ha completato gli studi superiori dal 31% ad almeno il 40% nel 2020
- e. Il numero di Europei che vivono al di sotto delle soglie di povertà nazionali dovrebbe essere ridotto del 25%, facendo uscire dalla povertà più di 20 milioni di persone.

Tali obiettivi, tra loro eterogenei, risultano accomunati dal fatto di essere plasmati alla luce di tre priorità chiave che, integrandosi tra loro, concorrono a delineare un piano di intervento unitario:

- a. Crescita intelligente – sviluppare un'economia basata sulla conoscenza e sull'innovazione;
- b. Crescita sostenibile – promuovere un'economia più efficiente sotto il profilo delle risorse, più verde e più competitiva;
- c. Crescita inclusiva – promuovere un'economia con un alto tasso di occupazione, che favorisca la coesione economica, sociale e territoriale.

Per semplificare e concretizzare la realizzazione degli obiettivi, sono indicate sette “iniziative faro”:

- a. "L'Unione dell'innovazione"
- b. "Youth on the move"
- c. "Un'agenda europea del digitale"
- d. "Un'Europa efficiente sotto il profilo delle risorse"
- e. "Una politica industriale per l'era della globalizzazione"
- f. "Un'agenda per nuove competenze e nuovi posti di lavoro"
- g. "Piattaforma europea contro la povertà"

In altre parole, la Comunicazione individua tre priorità chiave, in base alle quali stabilisce degli obiettivi che ciascuno Stato membro è chiamato a realizzare attraverso la predisposizione di misure interne.

Per canalizzare al meglio le risorse impiegate a tal fine, sono poi elaborate delle linee d'azione che operano come guida per il legislatore nazionale e forniscono allo stesso tempo un valido parametro di valutazione dei progressi. Quello che viene proposto, dunque, è un modello di partenariato che coinvolge in più settori e su più livelli Stati membri e Istituzioni dell'Unione, il cui successo dipenderà dalla misura in cui tale collaborazione potrà dirsi realizzata.

In particolare è necessario sottolineare l'importanza che riveste per la presente trattazione la linea d'azione di cui alla lett. d. del suddetto elenco: "Un'Europa efficiente sotto il profilo delle risorse, più verde e più competitiva".

In questa sede si promuove la messa in atto di provvedimenti tesi alla realizzazione di un'economia efficiente, attraverso lo sviluppo di nuovi processi e soluzioni tecnologiche innovative, in una prospettiva in cui è riservata un'attenzione particolare alle c.d. tecnologie verdi. Tali misure sono finalizzate

alla costruzione di un mondo a basse emissioni di carbonio, le cui emissioni dovranno essere ridotte più rapidamente rispetto al passato, al fine di evitare il degrado ambientale, la perdita di biodiversità e l'uso non sostenibile delle risorse.

E' compito dell'UE incentivare la ricerca e la produzione di energia pulita ed efficiente, senza sottovalutare i vantaggi in termini economici ed occupazionali che possono derivarne. E' previsto, infatti, che il conseguimento degli obiettivi in materia di energia consentirebbe un risparmio di 60 miliardi di euro di importazioni petrolifere e di gas da qui al 2020. Inoltre la realizzazione dell'obiettivo UE del 20% di fonti rinnovabili di energia potrebbe creare oltre 600 000 posti di lavoro nell'Unione che passano a oltre 1 milione se si aggiunge l'obiettivo del 20% per quanto riguarda l'efficienza energetica.

Con la Decisione n. 1386/2013/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio è stato approvato un programma generale dell'azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 "Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta", prova tangibile dell'impegno delle Istituzioni comunitarie ad accelerare la realizzazione degli obiettivi delineati nella strategia "Europa 2020".

Tra i numerosi scopi prioritari del programma meritano una menzione particolare quelli relativi alla:

- Protezione, conservazione e miglioramento del capitale naturale dell'Unione;
- Trasformazione dell'Unione in un'economia a basse emissioni di carbonio, efficiente nell'impiego delle risorse, verde e competitiva;
- Migliorare la sostenibilità delle città dell'Unione;
- Proteggere i cittadini dell'Unione da pressioni e rischi d'ordine ambientale per la salute e il benessere.

Le linee tracciate dal legislatore europeo vanno nel senso della promozione di un modello economico in cui tutte le risorse siano impiegate in maniera efficiente e la crescita sia progressivamente slegata dall'uso smodato delle risorse e dell'energia, riducendo in tal modo la dannosità dei relativi impatti ambientali. La maggior sicurezza nell'ambito energetico e delle risorse comporterà un sensibile aumento di competitività a basse emissioni di carbonio e l'eco-innovazione così realizzata favorirà lo sviluppo di un commercio e di tecnologie sostenibili.

Un ruolo di fondamentale importanza, al fine di migliorare la performance ambientale dei prodotti in tutto il loro ciclo di vita e di giungere ad un miglior utilizzo delle risorse, riducendo in tal modo la dipendenza dalle importazioni, è certamente svolto dalle misure di riduzione dei rifiuti alimentari.

Ogni anno nell'Unione si generano 2,7 miliardi di tonnellate di rifiuti, di cui 98 milioni di tonnellate (il 4 %) sono rifiuti pericolosi. Nel 2011 la produzione pro capite di rifiuti urbani in tutta l'Unione è stata in media di 503 kg, mentre per quanto riguarda i singoli Stati membri è compresa fra 298 e 718 kg. In media solo il 40 % dei rifiuti solidi è preparato per il riutilizzo o riciclato, mentre alcuni Stati membri raggiungono un tasso del 70 %, dimostrando così che è possibile valorizzare i rifiuti come una risorsa fondamentale nell'Unione: si riscontra dunque un grande potenziale di miglioramento negli attuali sistemi di prevenzione e gestione dei rifiuti. Tali provvedimenti devono accompagnarsi ad una costante lotta contro gli sprechi, in primo luogo alimentari (non è un caso che la necessità di ridurre considerevolmente le perdite relative agli alimenti e qualsiasi altro tipo di spreco in tutta la catena di approvvigionamento emerga in tutta la sua urgenza anche nella Conferenza di Rio +20).

A questo punto della trattazione emerge con chiarezza la ratio che sorregge la normativa comunitaria in materia, trovando essa piena attuazione nella gestione responsabile e sostenibile del rifiuto-risorsa.

1.2. QUADRO NORMATIVO NAZIONALE

1.2.1. IL TESTO UNICO AMBIENTALE (T.U.A.)

Il D. Lgs. 152/2006 recante norme in materia ambientale e comunemente noto come “Codice dell’Ambiente” predispone una disciplina organica ed integrata della materia. Si tratta di un Testo Unico che, in quanto tale, assolve alla funzione principale di riordino e coordinamento della disciplina, spesso frammentaria e disorganica. Le disposizioni in questione danno attuazione ai principi comunitari in materia, conformando l’ordinamento nazionale agli obiettivi e alle priorità individuate dal legislatore europeo. Si rinvia pertanto al paragrafo 1 per la trattazione dei principi di riferimento.

Il Decreto si articola in sei parti, ciascuna delle quali insiste uno specifico ambito di indagine:

PARTE PRIMA - Disposizioni comuni e principi generali(Artt. 1-3)

PARTE SECONDA - Procedure per la valutazione ambientale strategica (VAS), per la valutazione d'impatto ambientale (VIA) e per l'autorizzazione ambientale integrata (IPPC)(Artt. 4-52)

PARTE TERZA - Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche(Artt. 53-176)

PARTE QUARTA - Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati(Artt. 177-266)

PARTE QUINTA - Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera(Artt. 267-298)

PARTE SESTA - Norme in materia di tutela risarcitoria contro i danni all'ambiente(Artt. 299-318)

Scopo prioritario della disciplina è individuato nella promozione dei livelli di qualità della vita umana, da realizzare attraverso la salvaguardia ed il miglioramento delle condizioni dell'ambiente e l'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

1.2.2. LA GESTIONE E LA RACCOLTA DEI RIFIUTI NEL T.U.A.

Ricalcando l'impianto tipico delle Direttive comunitarie, il legislatore italiano procede ad una precisazione dei contenuti definitivi che ricalca sostanzialmente la definizione europea, nel chiaro intento di evitare inutili sovrapposizioni, contrarie alla logica di integrazione comunitaria.

In particolare, all'art. 183 si definiscono:

- "**rifiuto**": qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o abbia l'obbligo di disfarsi;
- "**rifiuto organico**": rifiuti biodegradabili di giardini e parchi, rifiuti alimentari e di cucina prodotti da nuclei domestici, ristoranti, servizi di ristorazione e punti vendita al dettaglio e rifiuti simili prodotti dall'industria alimentare raccolti in modo differenziato;
- "**gestione**": la raccolta, il trasporto, il recupero e lo smaltimento dei rifiuti, compresi il controllo di tali operazioni e gli interventi successivi alla chiusura dei siti di smaltimento, nonché le operazioni effettuate in qualità di commerciante o intermediario. ((Non costituiscono attività di gestione dei rifiuti le operazioni di prelievo, raggruppamento, cernita e deposito preliminari alla raccolta di

materiali o sostanze naturali derivanti da eventi atmosferici o meteorici, ivi incluse mareggiate e piene, anche ove frammisti ad altri materiali di origine antropica effettuate, nel tempo tecnico strettamente necessario, presso il medesimo sito nel quale detti eventi li hanno depositati));

- "**raccolta**": il prelievo dei rifiuti, compresi la cernita preliminare e il deposito, ivi compresa la gestione dei centri di raccolta di cui alla lettera "mm", ai fini del loro trasporto in un impianto di trattamento;
- "**raccolta differenziata**": la raccolta in cui un flusso di rifiuti è tenuto separato in base al tipo ed alla natura dei rifiuti al fine di facilitarne il trattamento specifico;
- "**riutilizzo**": qualsiasi operazione attraverso la quale prodotti o componenti che non sono rifiuti sono reimpiegati per la stessa finalità per la quale erano stati concepiti;
- "**trattamento**": operazioni di recupero o smaltimento, inclusa la preparazione prima del recupero o dello smaltimento;
- "**recupero**": qualsiasi operazione il cui principale risultato sia di permettere ai rifiuti di svolgere un ruolo utile, sostituendo altri materiali che sarebbero stati altrimenti utilizzati per assolvere una particolare funzione o di prepararli ad assolvere tale funzione, all'interno dell'impianto o nell'economia in generale.

1.2.3. IL SISTRI - SISTEMA DI CONTROLLO DELLA TRACCIABILITÀ DEI RIFIUTI

L'istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti, così come previsto dall'art. 189 del T.U.A., avviene ad opera del Decreto Ministeriale del 17 dicembre 2009, su iniziativa del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, al fine di garantire l'informatizzazione dell'intera filiera dei rifiuti speciali a livello nazionale e, in particolare, dei rifiuti urbani per la Regione Campania. Il sistema è gestito dal Comando Carabinieri per la Tutela dell'Ambiente, che ne assicura il corretto funzionamento e garantisce che siano messi a disposizione i dati sulla produzione, movimentazione e gestione dei rifiuti, di modo che sia possibile ricavare i flussi di informazione necessari all'adempimento degli obblighi informativi previsti dalla normativa comunitaria.

Obiettivi della gestione dei rifiuti mediante il SISTRI sono:

- La semplificazione delle procedure e gli adempimenti previsti a carico delle imprese (con contestuale riduzione i costi sostenuti);
- L'eliminazione di forme di concorrenza sleale tra imprese;
- Una gestione innovativa ed efficiente controllo effettuato sui rifiuti (in particolare su quelli speciali);
- La garanzia di maggiore trasparenza, conoscenza e prevenzione in tempo reale dell'illegalità nell'ambito della gestione dei rifiuti;
- Un maggior controllo della filiera dei rifiuti speciali;
- Un forte segnale di cambiamento nel modo di gestire il sistema informativo sulla movimentazione dei rifiuti speciali

Il SISTRI sostituisce il precedente sistema cartaceo - imperniato su tre documenti costituiti dal Formulario di identificazione dei rifiuti, Registro di carico e scarico, Modello unico di dichiarazione ambientale (MUD) - e garantisce il passaggio a soluzioni tecnologiche avanzate, con garanzie di maggiore trasparenza e conoscenza.

Il DM individua le categorie di soggetti che sono tenuti ad aderire al SISTRI attraverso l'adempimento formale dell'iscrizione.

In particolare, l'art.1 del Decreto ministeriale individua due distinte categorie di soggetti:

a. Soggetti la cui iscrizione al SISTRI è obbligatoria:

- Produttori iniziali di rifiuti pericolosi
- Produttori iniziali di rifiuti non pericolosi
- Comuni, Enti ed Imprese che gestiscono i rifiuti urbani nel territorio della Regione Campania.
- Commercianti e gli intermediari di rifiuti senza detenzione.
- Consorzi istituiti per il recupero e il riciclaggio di particolari tipologie di rifiuti che organizzano la gestione di tali rifiuti per conto dei consorziati.
- Trasportatori professionali che raccolgono e trasportano rifiuti speciali.
- Operatori del trasporto intermodale;
- Imprese che raccolgono e trasportano i propri rifiuti pericolosi di cui all'art. 212, comma 8, del decreto legislativo n. 152/2006.

→ Imprese e gli enti che effettuano operazioni di recupero e smaltimento di rifiuti.

b. Soggetti la cui iscrizione al SISTRI è facoltativa

→ Produttori iniziali di rifiuti non pericolosi

→ Trasportatori in conto proprio di rifiuti non pericolosi

In seguito all'iscrizione, da effettuarsi online, agli utenti vengono consegnati i dispositivi e le apparecchiature indispensabili al buon funzionamento del sistema. In particolare:

a. Un dispositivo elettronico per l'accesso in sicurezza dalla propria postazione al sistema:

si tratta di un dispositivo USB che consente di trasmettere i dati rilevanti, firmare elettronicamente le informazioni fornite e memorizzarle sul dispositivo stesso. Ciascun dispositivo USB può contenere fino ad un massimo di tre certificati elettronici associati alle persone fisiche individuate durante la procedura di iscrizione come delegati per le procedure di gestione dei rifiuti. Tali certificati consentono l'identificazione univoca delle persone fisiche delegate e la generazione delle loro firme elettroniche ai sensi dell'art. 21 del d.lgs. 7 marzo 2005, n. 82. Ciascun dispositivo USB contiene: l'identificativo utente (username), la password per l'accesso al sistema, la password di sblocco del dispositivo (PIN) e il codice di sblocco personale (PUK);

b. Un dispositivo elettronico da installarsi su ciascun veicolo che trasporta rifiuti:

questo strumento consente di monitorare il percorso effettuato dal medesimo ed è definito **black box**. La consegna e l'installazione della **black box** avviene presso le officine autorizzate;

- c. Un'apparecchiatura di sorveglianza per monitorare l'ingresso e l'uscita degli automezzi dagli impianti di scarica.

1.2.4. IL CONOE - CONSORZIO OBBLIGATORIO NAZIONALE DI RACCOLTA E TRATTAMENTO OLI E GRASSI VEGETALI E ANIMALI ESAUSTI

Il Consorzio, costituito da tutti gli operatori della filiera dei rifiuti, allo scopo di razionalizzare ed organizzare la gestione degli oli e dei grassi vegetali e animali esausti, è stato istituito dal D.lgs 22/97 c.d. Decreto Ronchi, ma in seguito alla sua abrogazione ad opera del D.lgs. 152/06, trova oggi la sua disciplina di riferimento proprio nel T.U.A., come modificato dal D.lgs. n. 205 del 3/12/2010.

L'attività del CONOE deve informarsi ai principi di trasparenza, efficacia, efficienza ed economicità, nonché di libera concorrenza nelle attività di settore, di cui allo stesso decreto.

I compiti che esso è chiamato a svolgere su tutto il territorio nazionale sono individuati al comma 3 dell'art. 233, il CONOE infatti:

- a. **Assicura** la raccolta, il trasporto, lo stoccaggio, il trattamento e il recupero degli oli e dei grassi vegetali e animali esausti;
- b. **assicura**, nel rispetto delle disposizioni vigenti in materia di inquinamento, lo smaltimento di oli e grassi vegetali e animali esausti raccolti dei quali non sia possibile o conveniente la rigenerazione;

- c. *promuove* lo svolgimento di indagini di mercato e di studi di settore al fine di migliorare, economicamente e tecnicamente, il ciclo di raccolta, trasporto, stoccaggio, trattamento e recupero degli oli e grassi vegetali e animali esausti.

I caratteri organizzativi e strutturali del CONOE sono specificati nel nuovo statuto approvato con DM 5 aprile 2004 ad opera del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto col Ministro delle attività produttive.

Il CONOE è qualificato come ente avente personalità giuridica, senza scopo di lucro, avente durata illimitata e comunque connessa alla permanenza dei presupposti normativi per la sua costituzione; la sua sede legale è a Roma, mentre la sede operativa a Milano.

Scopo del consorzio è quello di assicurare e promuovere su tutto il territorio nazionale:

- a. la raccolta, il trasporto, lo stoccaggio, il trattamento, il recupero ed il riutilizzo di oli e grassi vegetali ed animali esausti fatti salvi i rifiuti animali disciplinati dal decreto legislativo 14 dicembre 1992, n. 508, e successive modificazioni;
- b. lo smaltimento, nel rispetto delle disposizioni vigenti in materia di inquinamento, degli oli e dei grassi vegetali ed animali esausti dei quali non sia possibile o conveniente il recupero;
- c. lo svolgimento di indagini di mercato e studi di settore al fine di migliorare, economicamente e tecnicamente, il ciclo di raccolta, trasporto, stoccaggio, trattamento e riutilizzo degli oli e grassi vegetali ed animali esausti.

Per la realizzazione dei fini consortili o comunque di scopi direttamente o

indirettamente connessi all'attività consortile, il CONOE è legittimato a porre in essere tutti gli atti necessari, ivi compresa la facoltà di stipulare accordi con soggetti pubblici e privati, fino alla possibilità di svolgere le attività di sua competenza attraverso soggetti terzi sulla base di apposite convenzioni.

L'ambito operativo del CONOE, dunque, si estende dall'attività di sensibilizzazione dell'opinione pubblica sulla gestione e la raccolta degli oli e dei grassi vegetali, fino alle attività più strettamente statutarie, compresa la facoltà di concludere accordi o convenzioni con il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e il ministero delle attività produttive, salvo trovare un limite invalicabile nel divieto di ostacolare o impedire lo svolgimento di attività economiche e di gestione degli oli e dei grassi vegetali ed animali esausti e regolarmente autorizzate e di porre in essere qualunque atto, attività o iniziativa suscettibile di impedire, restringere o falsare la concorrenza in ambito nazionale e comunitario.

Le modalità di finanziamento delle attività citate sono anch'esse individuate dallo statuto, in particolare si fa riferimento a:

- a. le quote di partecipazione consortili secondo i criteri di determinazione proposti dal consiglio di amministrazione ed approvati dall'assemblea;
- b. i proventi delle attività svolte dal Consorzio in attuazione delle norme, dei regolamenti e dello statuto, ed in particolare il prezzo di cessione di oli e grassi vegetali ed animali esausti alle imprese che ne effettuano la rigenerazione;
- c. eventuali contributi e finanziamenti provenienti da enti pubblici o privati;
- d. i proventi della gestione patrimoniale del fondo consortile;
- e. il contributo di riciclaggio sugli oli e grassi vegetali ed animali per uso alimentare umano destinati al mercato interno prodotti ed importati.

Sono organi del CONOE:

- a. Assemblea dei consorziati
- b. Consiglio di Amministrazione
- c. Collegio dei revisori dei conti

Le categorie di soggetti che partecipano al consorzio sono indicate al comma 5 del suddetto articolo:

- a. le imprese che producono, importano o detengono oli e grassi vegetali ed animali esausti;
- b. le imprese che riciclano e recuperano oli e grassi vegetali e animali esausti;
- c. le imprese che effettuano la raccolta, il trasporto e lo stoccaggio di oli e grassi vegetali e animali esausti;
- d. eventualmente, le imprese che abbiano versato contributi di riciclaggio.

Per quanto attiene alla quota di partecipazione al consorzio, determinate nel loro ammontare ed assegnate con cadenza annuale dal Consiglio di amministrazione, lo stesso articolo specifica che esse sono determinate in base al rapporto tra la capacità produttiva di ciascun consorziato e la capacità produttiva complessivamente sviluppata da tutti i consorziati appartenenti alla medesima categoria.

2. OLI VEGETALI E GRASSI ANIMALI ESAUSTI

2.1. PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

I lipidi (dal greco *lypos*, grasso) sono una classe eterogenea di molecole organiche, presenti in natura, raggruppate sulla base di un analogo comportamento in relazione alla solubilità: sono insolubili in acqua, e per questo definiti idrofobi, ma solubili in solventi organici non polari, quali l'etere dietilico o l'acetone.

Hanno una densità significativamente minore dell'acqua, quindi tendono a galleggiare.

Occorre precisare che la distinzione tra oli e grassi è basata sulla consistenza, infatti con il termine "oli" si è soliti designare i lipidi liquidi, con il termine "grassi" i solidi; chiaramente, tale distinzione è imprecisa, poiché in entrambi i casi si fa riferimento a delle miscele.

Dal punto di vista della struttura chimica, sono composti prevalentemente da atomi di carbonio e di idrogeno, uniti tra loro da legami covalenti scarsamente polari (da qui il comportamento idrofobo), disposti simmetricamente.

Nonostante l'analogo comportamento rispetto alla solubilità e la medesima struttura chimica di base, i lipidi sono molto diversi tra loro e si possono classificare in tre categorie: lipidi semplici, lipidi complessi e lipidi derivati.

I grassi alimentari, sia di origine vegetale che animale, appartengono alla categoria dei lipidi semplici.

Nel descrivere le caratteristiche peculiari e le proprietà chimico fisiche, si farà riferimento per comodità agli oli vegetali, potendo estendere una tale analisi anche ai grassi di origine animale.

L'olio vegetale è una miscela di:

- Acidi grassi liberi,
- Glicerolo
- Monogliceridi, digliceridi, trigliceridi

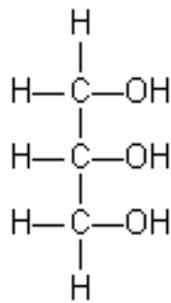


Figura 2 Glicerolo

Gli acidi grassi liberi (AG) sono presenti in minima percentuale negli oli vegetali, mentre è molto più facile osservarli nelle forme esterificate, ossia legate ad una molecola di glicerolo a formare mono, di e trigliceridi:

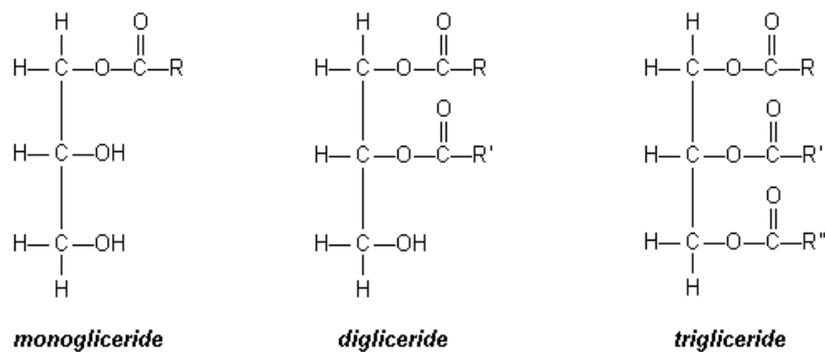


Figura 3 monogliceride, digliceride e trigliceride

Gli oli vegetali non sono tutti uguali, ogni specie oleaginosa produce un olio con caratteristiche specifiche, alcune delle quali ne influenzano le modalità di utilizzo. Dei *trait d'union* sono l'elevata viscosità (che può creare problemi agli iniettori concepiti per il gasolio), il minore potere calorifico (mediamente inferiore del 15% m/m e del 5% v/v degli oli minerali), il numero di cetano (indicatore del comportamento, in fase di accensione, di un combustibile) abbastanza basso

(quindi minore “prontezza” all’accensione), la scarsa distillabilità a pressione atmosferica.

2.2. TRASFORMAZIONE CHIMICA DELL’OLIO DURANTE FRITTURA

Gli oli alimentari non sono di per se dannosi in condizioni naturali, ma lo possono diventare nel momento in cui sono sottoposti a bollitura ovvero quando raggiungono temperature molto elevate durante la preparazione dei cibi. In queste condizioni le molecole dell’olio subiscono una serie di reazioni chimiche che producono prodotti di ossidazione e prodotti di decomposizione (fonte: Scientific and Technological Options Assessment (STOA) - “Recycled cooking oils: assessment of risks for public health”). Alcuni di questi risultano volatili e vengono perduti durante la frittura gli altri si accumulano invece nell’olio deteriorandolo e rendendolo inutilizzabile per ulteriori preparazioni alimentari.

Per entrare più nello specifico è interessante sapere che la frittura o bollitura dell’olio è un processo che coinvolge diverse reazioni in grado di influenzare le componenti del materiale grasso, nella fattispecie i trigliceridi (TG) e la frazione insaponificabile (steroli, tocoferoli, caroteni e altri pigmenti, ecc.).

Durante la bollitura aumenta il contatto tra olio ed ossigeno e si producono reazioni di ossidazione ovvero si originano composti come trigliceridi ossidati, epossidi, ossidi di steroli e altri composti ossidati volatili.

Dalle reazioni che coinvolgono l'idrolisi dei trigliceridi, vengono prodotte grandi quantità di acidi grassi liberi, digliceridi e monogliceridi. Infine dalle reazioni che comportano la polimerizzazione di trigliceridi si formano dimeri e oligomeri non polari.

Tra i composti particolarmente pericolosi per la salute dell’uomo derivati dal processo di frittura vi sono gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Gli IPA costituiscono una vasta classe di molecole organiche la cui caratteristica strutturale è la presenza di due o più anelli benzenici uniti tra loro. Gli IPA sviluppati spesso derivano dalla combustione incompleta degli alimenti e per effetto della loro lipofilia vengono facilmente assorbiti dagli oli di frittura.

A causa dell'elevata solubilità in lipidi e in solventi organici questi composti possono accumularsi a livello dei tessuti del corpo umano e provocare l'insorgenza di tumori.

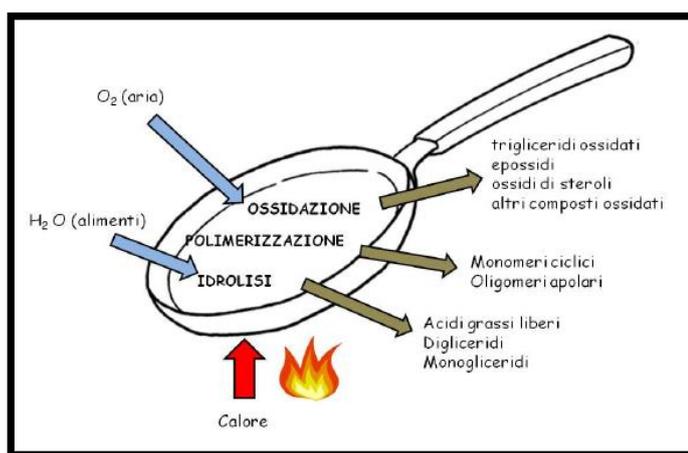


Figura 4 Schema dei principali processi di degradazione coinvolti nella frittura dell'olio

Va infine sottolineato che i processi di trasformazioni subiti dagli oli possono essere anche facilmente evidenziabili osservando l'olio stesso dopo frittura. Si possono riscontrare difetti nell'odore e nel sapore, imbrunimento del colore, aumento della viscosità, formazione di schiuma. Tutti questi elementi macroscopici nascono reazioni chimiche complesse che possono produrre molecole ossidate pericolose. Per questo motivo è consigliabile sostituire frequentemente l'olio durante la frittura dei cibi evitando di non oltrepassare il cosiddetto punto di fumo ovvero la temperatura critica alla quale un grasso inizia a decomporsi alterando la propria struttura molecolare.

| Punto di fumo dei grassi/oli raffinati più comuni | |
|---|-----------|
| Arachide | 230° |
| Colza | 225° |
| Girasole | 225°-245° |
| Mais | 230° |
| Margarina | 150° |
| Oliva | 190°-240° |
| Riso | 230°-255° |
| Sesamo | 215°-230° |
| Soia | 230°-240° |

Figura 5 Punti di fumo dei principali oli utilizzati per friggere. Il punto di fumo rappresenta una temperatura critica da

Molteplici lavori sperimentali italiani e stranieri sono stati dedicati allo studio delle reazioni termiche e ossidative che avvengono nell'olio a causa delle alte temperature raggiunte durante la frittura dei cibi e la determinazione della qualità e quantità delle sostanze tossiche che si generano come prodotti di ossidazione e di decomposizione sia volatili che non volatili.

I prodotti volatili vengono perduti durante la frittura, mentre quelli non volatili si accumulano nell'olio; per questo motivo, dopo un certo numero di riscaldamenti l'olio viene considerato deteriorato con effetti percettibili nell'odore e nel sapore, imbrunimento del colore, aumento della viscosità, abbassamento del punto di fumo, formazione di schiuma, direttamente in rapporto con lo stato di degradazione dell'olio stesso che deve essere eliminato.

In aggiunta alle degradazioni dell'olio stesso, nell'olio esausto sono presenti i residui dei cibi fritti e le sostanze derivanti dalla carbonizzazione degli stessi. Recenti studi condotti da biochimici nutrizionisti dell'Università del Minnesota hanno dimostrato che durante la frittura effettuata con oli vegetali altamente insaturi, alle temperature elevate necessarie per friggere (185°C) e per periodi estesi di tempo (è sufficiente mezz'ora), dall'ossidazione dell'acido linoleico si forma l'HNE (4-idrossi-trans-2-nonenale) altamente tossico. Questo composto passa nei cibi fritti e potrebbe essere responsabile di gravi malattie. La tossicità è dovuta al fatto che la molecola è molto reattiva con le proteine, gli acidi nucleici

(DNA e RNA) e altre biomolecole. Nell'olio di soia, si formano altri composti simili all'HNE che portano il nome di HHE, HOE e HDE, altrettanto tossici. Dal prolungato riscaldamento degli oli vegetali deriva quindi una miscela di sostanze che ha praticamente perso tutto della originale purezza e genuinità, e che è diventata un grave pericolo per la salute umana se ingerita e per l'ambiente se dispersa.

2.3. IMPATTO AMBIENTALE

E' piuttosto complesso valutare quali siano gli effetti diretti ed indiretti degli oli esausti che vengono riversati nei diversi comparti ambientali.

Indubbiamente quello più evidente riguarda l'inquinamento delle acque che può avvenire sia direttamente, qualora si scarichino rifiuti oleosi nei corpi idrici, che indirettamente, se questi vengono immessi nella rete fognaria. Questo è legato sia alla natura chimica dell'olio ovvero alla sua immiscibilità con l'acqua, sia ai composti chimici provenienti dalla frittura che vengono dispersi nei bacini idrici provocando alterazioni ambientali e biologiche.

L'olio che raggiunge i corpi idrici, a causa del suo carattere apolare e della minore densità rispetto all'acqua, si distribuisce sulla superficie come una sottile pellicola con conseguenti problemi per gli ambienti acquatici. Lo strato di olio superficiale infatti limita gli scambi gassosi (ossigeno e anidride carbonica) e di luce con forti ripercussioni sugli ecosistemi e sui diversi organismi viventi. Essendo idrofobo, l'olio non si scioglie neppure nelle acque di fogna, anzi raggiunge "galleggiando" sull'acqua i sistemi di depurazione cittadina producendo numerosi problemi ai sistemi di trattamento delle acque reflue e agli impianti di depurazione.

Nel caso in cui l'olio esausto raggiungesse la falda freatica, sarebbe in grado di formare uno strato lentiforme con spessore di alcuni centimetri sopra l'acqua di falda stessa. Questo significa che anche nei pozzi di approvvigionamento di acqua potabile si rischierebbe di trovare questo strato di olio che renderebbe inutilizzabili tali acque per il consumo umano. Per questa ragione è fondamentale prendere precauzioni opportune per salvaguardare falda e pozzi, ma anche acque superficiali che possono essere in contatto con le riserve più profonde di acqua.

Per quanto riguarda il suolo, l'olio esausto può formare un film idrofobo attorno alle particelle di terra: questo fenomeno crea una sorta di barriera di sbarramento tra le particelle del terreno, l'acqua e le radici delle piante, che non riescono così a svolgere le loro funzioni vitali in modo efficace.

I terreni contaminati da oli risultano meno fertili sia per l'agricoltura sia per le piante spontanee (fonte: The Effect of Oil Pollution of Soil on Germination, Growth and Nutrient Uptake of Corn, E.J. Udo & A.A.A. Eayemi).



Figura 6 Esempio di distribuzione dell'olio in acqua. Le molecole di olio tendono a raggrupparsi tra loro a causa della loro natura idrofoba e data la minore densità rispetto all'acqua formano uno strato in prossimità della superficie causando danni importanti all'ecosistema acquatico.

La presenza di olio nei reflui acquosi, può pregiudicare il corretto funzionamento dei depuratori, influenzando negativamente i trattamenti biologici, oltre a fare aumentare i costi di esercizio. Per questi motivi, è necessario eliminare la presenza di grasso ed utilizzare altri metodi nella fase preliminare del trattamento di depurazione, come l'utilizzo di appositi separatori per liquidi leggeri (oli e idrocarburi). L'olio ha una densità specifica minore dell'acqua e, se raggiunge lo specchio della falda freatica, forma sopra l'acqua una pellicola più o meno sottile che si allarga nel tempo.

Si stima che un chilo di olio è sufficiente per coprire con questa pellicola una superficie di 1000 metri quadrati. In questo modo non permette lo scambio dell'ossigeno fra aria e acqua provocando danno all'ecosistema, contaminando i bacini e corsi d'acqua, compromettendo l'esistenza della flora e della fauna e portando al soffocamento degli organismi viventi. Se l'olio vegetale raggiunge le falde acquifere, le rende inutilizzabili in quanto un litro d'olio mescolato a un milione di litri d'acqua ne altera il gusto in limiti incompatibili con la potabilità.

Il costo di questo danno ambientale è globalmente valutabile in oltre 1 milione di euro annui. L'olio può formare un film attorno alle particelle di terra costituendo uno sbarramento tra particelle, acqua e radici, impedendo così l'assunzione dei nutrienti.

Le proprietà degli oli vegetali esausti possono variare significativamente in relazione alla loro composizione originale e ai trattamenti subiti; unitamente alle condizioni ambientali, questi fattori ne influenzano i comportamenti e le conseguenze del rilascio in ambienti naturali. In molti casi gli oli vegetali esausti si comportano in modo simile agli oli minerali, ma essendo stati meno studiati come inquinanti, talvolta è più difficile predirne le conseguenze ed agire tempestivamente.

Gli oli vegetali esausti possono presentare livelli di solubilità in acqua anche minori degli oli minerali, creando inizialmente larghe chiazze sulla superficie, che nel tempo si possono aggregare e successivamente degradarsi, formare peci, precipitare e accumularsi sui fondali; in questo caso gli oli vegetali non riescono più ad essere attaccati dai batteri, e quindi essere decomposti in molecole più semplici, ma polimerizzano formando delle gomme persistenti nel tempo impermeabili all'ossigeno e che portano all'anossia dell'ambiente circostante.

Inoltre, analogamente agli oli sintetici e ai prodotti petroliferi sversati in ambienti acquatici, gli oli vegetali esausti possono ricoprire le superfici di organismi viventi con una pellicola isolante (come uccelli, piante), diminuendo anche la loro capacità di scambio termico, andando incontro all'ipotermia o l'immobilità.

I danni prodotti dalla cattiva gestione dell'olio vegetale esausto si aggira intorno ai 16 milioni di euro.

Analogamente agli oli lubrificanti esausti, la raccolta degli oli vegetali usati è estremamente importante per il notevole impatto ambientale associato alla dispersione di questi componenti in ambiente in relazione a tutte le matrici ambientali interessate e con particolare riferimento ai terreni ed alle acque.

Solamente un corretto e controllato smaltimento dell'olio vegetale usato può quindi garantire la salvaguardia dell'ambiente.

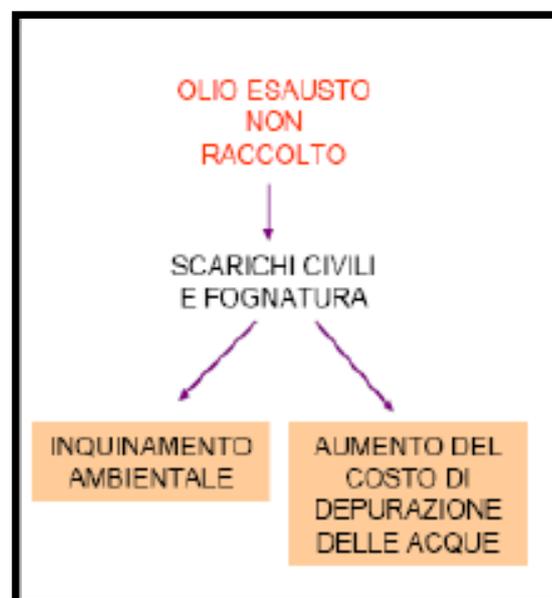


Figura 7 Conseguenze principali dell'inquinamento di olio esausto

2.4. COSTI DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE

L'immissione di olio nella rete fognaria può provocare sia danni alle tubature che problemi ai sistemi di depurazione.

Per quanto concerne gli impianti di depurazione possiamo distinguere un problema di tipo meccanico, in quanto l'olio impregna i filtri di trattamento e problemi di tipo biologico, come la riduzione dei processi di scambio gassosi necessari al metabolismo batterico utilizzato per degradare i contaminanti delle acque.

Per diminuire i danni provocati dagli oli i depuratori sono dotati di disoleatori che sfruttano il principio della decantazione per separare, sotto forma di materiale galleggiante, gli oli e i grassi presenti nei liquami dall'acqua. In genere questi sistemi sono abbastanza efficienti l'olio viene rimosso dalle acque con una percentuale pari al 75% (15 mg/L di oli in ingresso e 3,2 mg/L in uscita, fonte: MM Milano).

Ovviamente questo processo richiede tempi e costi di trattamento aggiuntivi.

Da una recente stima dell'Università della Tuscia è emerso che per depurare 1 kg di olio si consumano circa 3 kWh di energia, per un costo di circa 0,45 euro, mentre per la manutenzione delle condutture e degli impianti di pompaggio incrostati o danneggiati si spendono 0,45 euro per ogni kg di olio esausto.

Secondo invece una stima effettuata da Brianzacque il costo medio per smaltire oli e grassi si aggirerebbe attorno a 335 euro a tonnellata, con un consumo energetico pari a circa 30.000 euro all'anno (dati Brianzacque 2012).

Una raccolta organizzata e ben strutturata permetterebbe di ridurre moltissimo sia i danni ambientali dovuti all'impatto degli oli esausti sia i costi di pretrattamento (disoleatore) durante l'attività di depurazione.

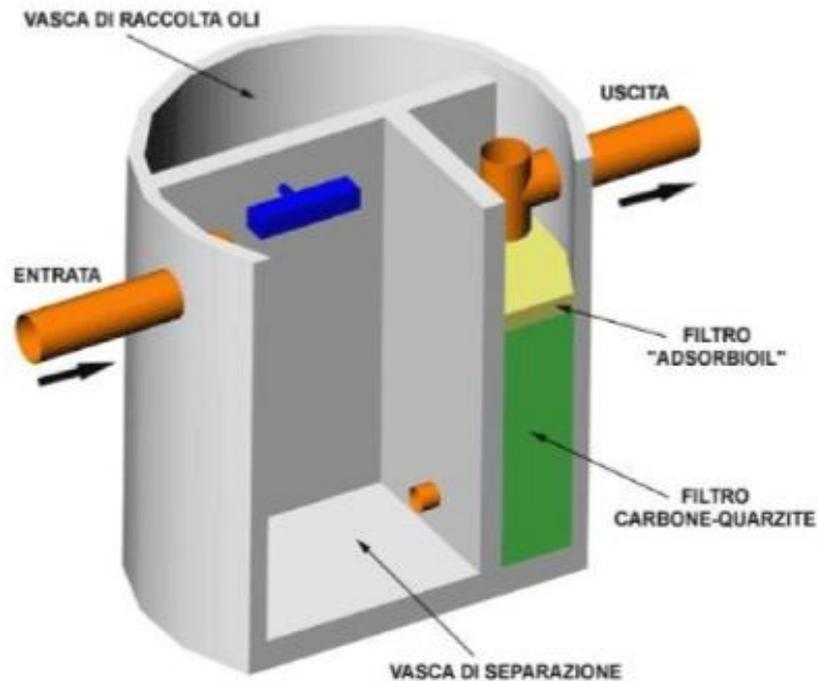


Figura 8 Disoleatore

2.5. QUANTIFICAZIONE DEI COSTI DOVUTI AL DANNO AMBIENTALE PER MANCATA RACCOLTA DI OLI VEGETALI ESAUSTI IN ITALIA

Il presente report è stato redatto dal CONOE e riguarda il rifiuto oli e grassi commestibili usati il cui codice CER è il 200125 (rifiuto non pericoloso). Il rifiuto pur essendo classificato non pericoloso è altamente dannoso per l'ambiente:

- a) per l'acqua in quanto forma un velo sulla superficie che non permette lo scambio dell'ossigeno fra l'acqua e l'aria che provoca danni all'ecosistema moria dei pesci e della flora acquatica. Inoltre se penetra nelle falde acquifere

profonde può rendere l'acqua non potabile. Il danno economico è valutabile in oltre **1.000.000,00 €/anno**.

- b) per le condutture fognarie, in quanto unitamente ad altri materiali, si ostruiscono nel tempo causando anche esondazioni nel periodo (primavera/autunno) di grandi piogge oltre alla necessità di interventi su tutta la rete fognaria.

Il costo è valutabile in **5.000.000,00 €/anno**.

- c) per la depurazione delle acque, ove esistono i depuratori, in quanto si può eliminare il grasso mediante l'utilizzo di enzimi perché i desoleatori agiscono solo parzialmente e per le quantità grossolane. Il maggior costo della depurazione è valutata in oltre **10.000.000,00 €/anno**.

Si calcola che il danno economico sia di 16 milioni di euro/anno, escludendo il danno ambientale e degli interventi necessari per risanare i siti inquinati e del ripopolamento ittico.

3. LA RACCOLTA DEGLI OLI ESAUSTI DOMESTICI IN ITALIA

3.1. LA RACCOLTA DELL'OLIO VEGETALE ESAUSTO DOMESTICO

Per progettare la raccolta dell'olio vegetale usato di provenienza domestica, possono essere utilizzate metodologie differenti, ma le seguenti operazioni preliminari sono comuni in molti casi:

- a. Analisi territoriale iniziale: per avere i dati relativi alla popolazione e la suddivisione in nuclei familiari, per stimare il numero di imbuti o taniche da acquistare e da distribuire, per decidere la frequenza della raccolta, gli spostamenti necessari dovuti alla conformazione del comune, la grandezza e la percorribilità delle strade, la vicinanza a strade statali.
- b. Analisi dei vari fornitori di servizio (raccoglitori di olio, autorizzati per il codice CER 200125 nel territorio e regolarmente iscritti al CONOE): occorre contattare molteplici raccoglitori del territorio per valutare le diverse offerte economiche e l'effettiva capacità e autorizzazione alla raccolta; talvolta alcuni raccoglitori danno lavoro a soggetti svantaggiati o utilizzano mezzi per la raccolta particolarmente ecologici, o ancora, hanno particolari certificazioni ambientali, e questo può essere un fattore discriminante nella scelta.
- c. Stipula del contratto con il raccoglitore: a seguito della scelta del raccoglitore viene stipulato un accordo dove sono specificati i seguenti punti:
 - Modalità della raccolta (mezzi, tempistica, eventuale posizionamento delle stazioni di raccolta);
 - Comunicazioni tra le parti (quantità di olio raccolta, modalità e tempistica della comunicazione);
 - Eventuali campioni di olio per effettuare test per successive trasformazioni e indagini
 - Quantitativo di olio vegetale usato raccolto previsto totale;
 - Eventuale % del quantitativo di olio vegetale usato raccolto trattenuto dal raccoglitore;
 - Eventuale corrispettivo economico tra le parti;

- Percorso temporale dell'accordo (conferenze stampa, inizio raccolta);
- Riservatezza;
- Durata del contratto;
- Inadempienze

La stipula del contratto con il raccoglitore avviene successivamente alla firma degli accordi istituzionali.

- d. Analisi territoriale finale: coinvolgendo il raccoglitore e l'amministrazione locale, si ottengono le mappe stradali, il percorso e la frequenza della raccolta, l'eventuale posizionamento dei bidoni e altri dettagli per poter costruire le attività di comunicazione efficaci per i cittadini coinvolti.
- e. Attività di sensibilizzazione: le attività di sensibilizzazione rivolte ai cittadini devono essere organizzate in collaborazione con il Comune. Anche in questo caso è opportuno sottolineare che il coinvolgimento delle pubbliche amministrazioni locali è importante per ottenere le autorizzazioni per lo svolgimento di iniziative, per le attività di diffusione e affissione di locandine, per lo svolgimento di percorsi di educazione ambientale nelle scuole; è necessario prevedere la stampa di materiale cartaceo oltre a quello elettronico.
- f. Ulteriori strumenti per il coinvolgimento: possono essere previsti ulteriori e specifici strumenti, come quello sviluppato nel progetto Recoil; i raccoglitori sono stati contattati per l'installazione sui loro mezzi del sistema di monitoraggio e, quindi, gli operatori sono stati formati rispetto alle modalità di gestione dei dispositivi. (Ulteriori informazioni nel paragrafo successivo).

Le attività di comunicazione sono fattori importanti per facilitare la raccolta dell'olio vegetale esausto in un comune. Per questo motivo, le attività di informazione e sensibilizzazione dei cittadini sono da strutturare su tre livelli strategici:

- 1. "Individuazione delle attività e obiettivi del progetto" con annessa individuazione dei canali e delle modalità di comunicazione:
 - Sviluppo del sito web di progetto
 - Banchetti informativi nei comuni pilota
 - Conferenze stampa di presentazione del progetto e delle attività

- Convegni a tema
 - Sviluppo, ideazione e diffusione del materiale informativo basato sui contenuti delle attività di tutti i partner di progetto
2. “Sensibilizzazione e creazione del consenso” con:
- Organizzazione di iniziative locali volte ad attirare l’interesse di un vasto gruppo di interlocutori sui temi e sulle attività del progetto
 - Partecipazione ad iniziative pubbliche anche di altri soggetti istituzionali per la presentazione del progetto (Fiere, Seminari, Workshop, Eventi specifici)
3. “Trasferimento del modello” ossia il trasferimento effettivo delle conoscenze sviluppate alle istituzioni locali e regionali con:
- Sviluppo di una piattaforma di e-learning per far conoscere e condividere il plus di progetto sul piano dell’innovazione tecnologia, normativo e ambientale con i referenti delle istituzioni locali, in prevalenza comuni, province e regioni.

3.1.1. I DIVERSI METODI DI RACCOLTA DEGLI OLI DOMESTICI ED I LORO VANTAGGI

A differenza della raccolta di olio vegetale esausto da attività industriali e di ristorazione, l’attività di recupero da utenze domestiche è un impegno più difficile ed oneroso:

per attuarlo è necessario raggiungere in modo capillare le abitazioni e coordinare le iniziative di raccolta affinché si possano raggiungere volumi importanti che giustifichino i costi di gestione e le strutture impiegate. Tutto questo richiede organizzazione e impegno non solo dell’amministrazione comunale ma soprattutto dei cittadini che devono essere informati ed attrezzati alla raccolta degli oli esausti. Una raccolta domiciliare degli oli esausti ben strutturata permetterebbe di ridurre sia l’impatto ambientale sia ai comuni di risparmiare costi legati al trattamento delle acque. Tutto questo

richiede l'individuazione della struttura di raccolta più idonea in base alle caratteristiche del territorio (viabilità, densità abitativa, dislocazione delle abitazioni), alle tipologie di utenze (pluriutenze domestiche, monoutente domestiche, ecc.), ai costi di gestione e all'impegno e sensibilità degli abitanti. I più diffusi sistemi di raccolta degli oli vegetali usati per utenze domestiche attualmente sperimentati sul territorio nazionale sono:

1. Raccolta con isole ecologiche
2. Raccolta mediante contenitori monomateriali presso stazioni stradali/presso supermercati
3. Raccolta nei condomini (alternativo al porta a porta)

1. RACCOLTA CON ISOLE ECOLOGICHE

Il conferimento diretto presso isole ecologiche controllate, presenta i vantaggi di una gestione semplificata, elastica ed economica per i comuni e risulta essere la metodologia più diffusa sul territorio nazionale. In base ai dati ottenuti negli ultimi anni si calcola che il quantitativo medio annuo di raccolta di olio vegetale esausto per famiglia attraverso isola ecologica è di 0,27 kg. La percentuale di intercettazione media annua di un'isola ecologica per ogni famiglia è del 3,79%. Questo tipo di intervento presenta pertanto una bassa efficienza in quanto riesce a

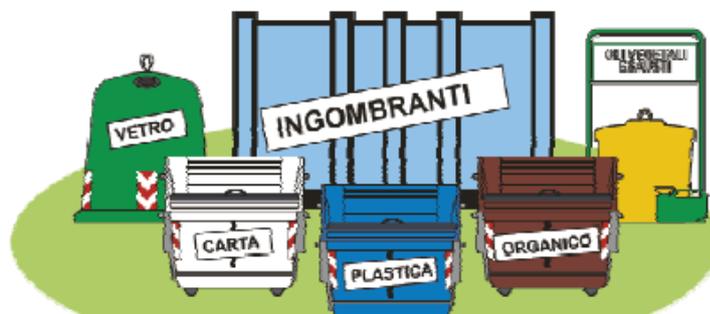


Figura 9 isola ecologica

coinvolgere solo il cittadino “fortemente motivato”, ossia circa il 3- 4% della popolazione. Va inoltre sottolineato che essendo poco strutturata questa tipologia di raccolta presenta anche problemi di sicurezza a partire dal metodo con cui gli abitanti raccolgono e conservano l’olio nelle proprie abitazioni. Molto spesso vengono adoperati contenitori in plastica o vetro, senza adeguate chiusure. I contenitori con olio esausto vengono conservati in vari luoghi della casa, spesso senza adeguati sistemi di chiusura. Infine va precisato che in molte isole ecologiche la quantità di olio che viene depositata è così esigua che i costi di gestione possono superare i vantaggi provenienti dal riuso dell’olio o il suo utilizzo per produrre energia. Questo tipo di raccolta deve essere pertanto supportata da attività di informazione e formazione dei cittadini che devono conoscere la problematica, sapere come e quando procedere al recupero dell’olio, dove conservarlo e come trasferirlo alla piattaforma.

2. RACCOLTA MEDIANTE CONTENITORI STRADALI MONOMATERIALI

- Raccolta Stradale

Tale sistema di raccolta degli oli esausti è realizzato attraverso l’uso di contenitori appropriati posizionati in punti strategici di strade molto frequentate. In generale il sistema è stato adottato in aree con una dimensione massima di 500 famiglie - utenze, in quanto i contenitori possono soddisfare volumi modesti. In base ai dati disponibili in letteratura si evince che tale sistema è caratterizzato da un’elevata efficacia in tempi brevi. Le stime suggeriscono una efficienza del 19,16% di olio recuperato a famiglia. In base alle esperienze maturate nei comuni italiani, in cui è stato sviluppato un progetto di recupero dell’olio usato, si è rivelata particolarmente efficiente la raccolta mediante contenitori stradali monomateriali effettuata insieme alla raccolta condominiale. Questi sistemi di raccolta integrati sono consigliabili in comuni con un numero di abitanti superiore ai 100.000 in cui la presenza di condomini sia importante.



Figura 10 Raccoglitori stradale Gruppo HERA

- Raccolta presso i supermercati

Questo metodo di raccolta è realizzato con contenitori identici a quelli della raccolta su strada che vengono posizionati nei pressi dell'ingresso di supermercati. Dato il posizionamento la capacità di intercettazione del rifiuto è maggiore rispetto al contenitore installato su strada. Tali contenitori riescono ad intercettare anche le utenze extra comunali di nuclei familiari che si recano a fare acquisti e nel contempo svolgono la raccolta differenziata. Sono sistemi adatti per i comuni con distribuzione disomogenea delle abitazioni dove risulta complessa la raccolta su strada. La percentuale di raccolta aumenta se si affiancano iniziative di distribuzione di taniche per il contenimento dell'olio vegetale esausto, distribuzione di buoni sconto o punti regalo in caso di raccolta differenziata. Il fattore medio annuo di raccolta con questo sistema per una famiglia è di 1,58 kg. La percentuale media annua di raccolta per famiglia attraverso un contenitore stradale da supermercato è del 21,90%.

3. a) RACCOLTA MEDIANTE CONTENITORI CONDOMINIALI (PORTA A PORTA)

La raccolta condominiale è un sistema di raccolta integrato e proposto al posto del porta a porta nelle zone ad alta densità abitativa e per tutte le realtà strutturate normalmente con il porta a porta per la raccolta differenziata dei rifiuti che impongono l'eliminazione dalle strade di tutti i cassonetti. Il fattore medio annuo

di raccolta di olio vegetale usato di una famiglia è di 3,8 kg. La percentuale di intercettazione media annua di un contenitore presso i condomini per ogni famiglia è del 52,7%. Questi dati suggeriscono che la vicinanza del punto di raccolta all'abitazione sia molto importante per ridurre lo scarico nelle fognature dell'olio. Questo tipo di raccolta è tuttavia piuttosto oneroso per la gestione del rifiuto. Il Comune deve farsi carico di ritiri periodici dell'olio e dei costi di trasferimento ai sistemi di trattamento. Si calcola che questo sistema di raccolta sia efficiente ed economicamente supportabile se vi sono almeno 20 condomini che effettuano la raccolta con un numero di unità abitative maggiori di 20. Questo garantisce un recupero annuo minimo di 70/80 kg per condominio. Si consiglia l'attivazione di tale sistema di raccolta in città con un numero di abitanti superiore ai 100.000, che solitamente presentano numerosi condomini di dimensione medio grande.

3. b) RACCOLTA PORTA A PORTA

Il sistema porta a porta presuppone passaggi dell'operatore settimanali o al massimo mensili per il ritiro di taniche, o bottiglie distribuite presso ogni unità abitativa. Tale sistema si presenta complicato a livello logistico, pericoloso perché i singoli cittadini devono essere formati alla raccolta, nonché oneroso. Per quel che concerne la logistica, ad esempio, i contenitori forniti ai cittadini devono essere svuotati da un operatore nella cisterna di raccolta con conseguente fuoriuscita dell'olio nel luogo di scarico, oppure si può prevedere un ritiro delle taniche e una contestuale riconsegna delle taniche pulite. In questo secondo caso deve essere previsto un sistema di lavaggio delle taniche in aree attrezzate ed ovviamente un numero doppio di contenitori. In base a studi condotti su comuni che hanno testato questa strategia, anche ipotizzando una raccolta al 100% si stima che si potrebbe ottenere - per porta a porta con recupero settimanale: una quantità variabile tra **25 e 30 kg** di olio vegetale usato per operatore al giorno - per un porta a porta organizzato con frequenza mensile: da **100 a 120 kg** di olio vegetale usato per operatore al giorno. Tale sistema risulta essere inefficace sia

per i bassi quantitativi di olio recuperato ma soprattutto per il numero di risorse umane utilizzate che degli automezzi con un aumento dei costi di gestione a fronte di esigui margini di raccolta.

Sulla base dell'analisi svolta e delle sperimentazioni effettuate in diversi contesti geografici si evidenzia come la scelta della strategia di raccolta sia da ponderare in base a diversi fattori che possono variare a seconda delle situazioni. Un elemento comune e fondamentale per la buona riuscita di tutte le strategie di raccolta è l'educazione e l'informazione in merito al problema.

E' chiaro infatti che solo attraverso l'impegno dei singoli abitanti e di una presa di coscienza della collettività si possono raggiungere importanti risultati nella riduzione dei rifiuti pericolosi e nell'attività del riciclaggio. In tal senso gli organi comunali devono affiancare alla strategia di raccolta scelta un'azione di informazione. Un ruolo chiave viene inoltre svolto dal terzo settore che opera nella tutela dell'ambiente e del cittadino e che può diffondere la cultura del riciclo dei rifiuti soprattutto quelli pericolosi per la salute e per l'ambiente. Infine si suggerisce di iniziare valutando da un lato le diverse variabili logistiche del proprio comune ma di predisporre al tempo stesso dei progetti pilota che possano testare efficacia e fattibilità della raccolta. Si ricorda che il successo o meno del metodo di captazione dell'olio esausto può essere fortemente influenzato dal posizionamento dei contenitori di raccolta in punti strategici del comune. Ad esempio contenitori monomateriali posizionati in aree scarsamente popolate determinano una raccolta inefficiente; la sinergia con realtà locali pubbliche o private (es. supermercati) permette talvolta di aumentare di molto la raccolta degli oli esausti in comuni medio piccoli. Infine anche la piattaforma ecologica riveste un ruolo chiave soprattutto per le aree poco popolate in cui altre strategie di raccolta risulterebbero onerose; tuttavia è fondamentale comunicare e facilitare il sistema di raccolta stesso presso le piattaforme di modo che il cittadino sia invogliato ad usufruire di questo servizio.

| Metodo di raccolta | Efficienza di recupero a famiglia | Vantaggi | Svantaggi |
|--|---|---|--|
| Raccolta con isole ecologiche | Circa il 4% | Gestione elastica e semplificata per i comuni | Poco diffusa: solo il 3-4% della popolazione è coinvolto |
| Raccolta con contenitori monomateriali | Circa il 20% | Sistema caratterizzato da un'elevata efficienza in tempi brevi | Il posizionamento dei contenitori è fondamentale per garantire una raccolta efficiente |
| Raccolta condominiale | Circa il 50% | Il punto di raccolta è interno al condominio, quindi molto vicino all'utente | Sistema oneroso per la gestione del rifiuto |
| Raccolta porta a porta | Poco meno del 100% laddove è stata sperimentata | L'utente è facilitato nella raccolta e nel reperire taniche pulite per un nuovo utilizzo. | Sistema complicato a livello logistico e oneroso per i comuni |

Figura 11 *Differenti sistemi di raccolta*

In generale, i fattori critici e di successo per la raccolta dell'olio vegetale esausto possono essere riassunti nei punti successivi:

- supporto delle amministrazioni locali
- largo coinvolgimento dei raccoglitori locali, dei consumatori, cittadini, supermercati, NGO, scuole
- molteplici attività di comunicazione
- posizionamento strategico degli eventuali punti di raccolta
- organizzazione di metodologie premiali.

3.2. QUANTITA' TOTALE DI OLIO ESAUSTO RACCOLTA IN ITALIA DAL 2001/STIME DEL CONOE

Secondo le stime ufficiali del C.O.N.O.E. in Italia sono immessi al consumo ogni anno circa 1400 tonnellate di olio vegetale, per un consumo medio pro capite di circa 25 kg all'anno.

La raccolta dell'olio vegetale esausto, da parte delle aziende consorziate al C.O.N.O.E., è cresciuta negli anni ma ancora oggi la gran parte dell'olio vegetale esausto non viene intercettato. Oggi il C.O.N.O.E. conta 15 aziende rigeneratrici consorziate e 120 aziende raccoglitrice consorziate.

Sin dagli inizi il C.O.N.O.E. si è attivato in modo capillare e organizzato e già nel 2001 ha raccolto e recuperato 15.000 ton di oli e grassi di frittura, per un valore di € 3.500.000,00.

Nel periodo successivo che va dal 2002 al 2007 nel complesso sono state raccolte e recuperate altre 170.000 ton di prodotto, per un valore di € 60.000.000,00 di cui € 18.000.000 riferiti al solo anno 2007.

In sette anni dal 2001 al 2008, la capacità di raccolta è incrementata di quasi il 90%. Secondo i dati forniti dal C.O.N.O.E. in Italia nel 2010 sono state raccolte e riciclate 43.000 ton di olio e grassi con un aumento del 2,4% rispetto agli anni precedenti.

Nel 2013 la raccolta si è assestata a 50.000 tonnellate, confermando il trend in continua crescita negli ultimi anni.

Nel 2014 la raccolta è stata di circa 54.000 tonnellate; La previsione per il 2016 è di raccogliere 100.000 tonnellate



Figura 12 Fonte: Stima delle quantità della raccolta dell'olio esausto per le utenze commerciali dal 2005 al 2014, in Italia - CONOE, 2014

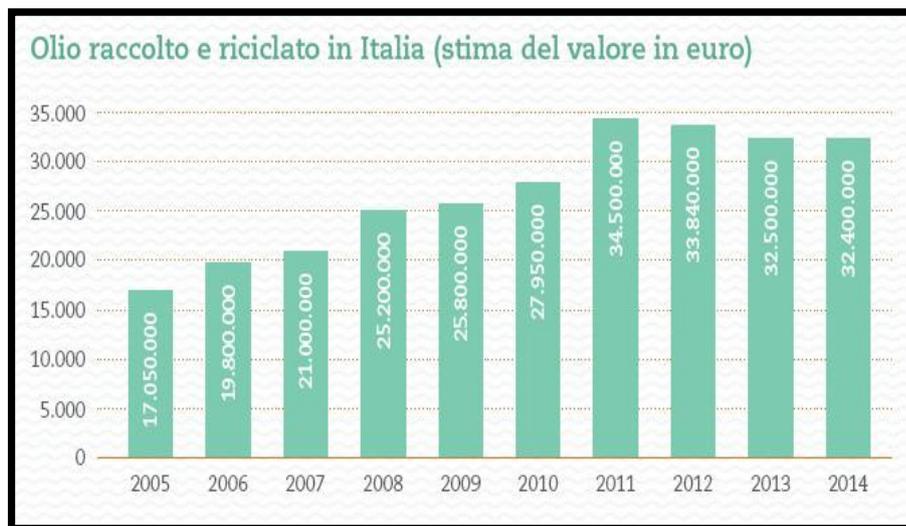


Figura 13 Stima del valore economico del recupero e riciclo dell'olio esausto - fonte conoe

I prezzi sono variabili sulla base del mercato dell'offerta e della richiesta per cui negli anni 2014-2015 rimarranno mediamente stabili con oscillazioni contenute e comunque sono definiti fra le aziende liberamente secondo una logica commerciale e di conseguenza sono una semplice indicazione.

Figura 14 Valore di mercato del rifiuto da raccoglitore a recuperatore – base analisi standard miu max 3% e acidita' max 5%

| | RIUTILIZZATO | | TOTALE |
|------|--------------|---------------|-----------------|
| 2010 | Ton. 43.000 | € 650,00/ton. | € 27.950.000,00 |
| 2011 | Ton. 46.000 | € 750,00/ton | € 34.500.000,00 |
| 2012 | Ton. 47.000 | € 720,00/ton | € 33.840.000,00 |
| 2013 | Ton. 50.000 | € 650,00/ton | € 32.500.000,00 |
| 2014 | Ton. 54.000 | € 600,00/ton | € 32.400.000,00 |
| 2015 | Ton. 100.000 | € 620,00/ton. | € 62.000.000,00 |

Vengono di seguito riportati i parametri standard degli oli alimentari esausti, stabiliti tramite accordi tra le aziende di raccolta e trattamento:

- MIU (umidità, insaponificabilità e prodotti insolubili): max3%
- Acidità: 5%
- Assenza di corpi estranei

Se l'olio è difforme rispetto allo standard, si fissano delle penalizzazioni economiche. Se la difformità supera il 10% lo standard minimo stabilito, il recuperatore può non accettare l'olio raccolto.

È interessante, sin da ora, sottolineare che circa il 99% dell'olio raccolto dal C.O.N.O.E. può essere recuperato permettendo di ottenere prodotti da riciclo ad elevato valore aggiunto.

3.3. QUANTITA' DI OLI DOMESTICI SULLA PRODUZIONE TOTALE

Secondo stime del C.O.N.O.E. ogni anno in Italia vengono consumate **1.400.000 tonnellate** di oli vegetali con un consumo medio pro capite di 25 Kg.

Di questa quantità si valuta un residuo pari al 20% che non viene utilizzato e che deve essere smaltito (pari a **280.000 tonnellate**; circa 5 kg pro capite).

Il 57% di tale quantità è attribuibile alle utenze domestiche, il 25% al settore della ristorazione e il 18% alle industrie alimentari.

La quantità di olio generata dal settore ristorazione è pari a circa a 1,2 kg/anno per cittadino, mentre si stima che le utenze domestiche generino circa 160.000 tonnellate annue di oli alimentari esausti (2,67 kg pro capite/anno).

Allo stato attuale, il consorzio C.O.N.O.E. non è nelle condizioni di monitorare la tracciabilità delle quantità che provengono dalle utenze domestiche perché tale settore non rientra nell'attività consortile prevista dalla vigente normativa.

| kg/anno | provenienza | Kg ove | % di ripartizione |
|---------|----------------------|---------|-------------------|
| 280.000 | settore domestico | 160.000 | 57% |
| | ristorazione | 70.000 | 25% |
| | industria alimentare | 50.000 | 18% |

Figura 15 Quantità prodotte in Italia mediamente per settore e loro percentuali.

L

L'olio alimentare prodotto dagli operatori della ristorazione (ristoranti, pizzerie, mense, etc) rappresenta una percentuale importante; vi è infatti una normativa molto restrittiva che prevede la sua raccolta per riutilizzarlo in diverse filiere (cibo per animali, cura personale, etc).

L'enorme fonte di dispersione impropria nell'ambiente è quindi quella domestica che spesso si evidenzia come olio riversato negli impianti fognari e quindi nelle acque nere. Si tratta di quantità singolarmente poco significative, ma incredibilmente grandi considerate nella loro globalità., frequenza e permanenza.

Per l'olio di uso domestico vi è una normativa che prevede la sua captazione e smaltimento (si veda paragrafo "la normativa"), tuttavia l'obbligatorietà di smaltimento corretto si riferisce solo alle utenze commerciali.

Pertanto nei piccoli comuni dove non sono ancora state ancora studiate strategie appropriate di gestione di tale rifiuto o laddove non sia stata messa in atto una campagna di sensibilizzazione per i cittadini tale normativa spesso non viene adottata.

3.4. IMPATTO AMBIENTALE DELLA RACCOLTA DI OLI DOMESTICI

Dal punto di vista degli impatti ambientali generati dalle attività di raccolta, questi sono rappresentati massimamente dalle emissioni dei mezzi, cisterne o furgoni, utilizzati per le fasi di trasporto e si tratta in prevalenza di gas a effetto serra e polveri. Allo stato dell'arte, non è possibile quantificare scientemente l'entità di tali impatti, poiché i km percorsi per la raccolta sono sensibilmente variabili in relazione alle aree geografiche coinvolte. In particolare, nelle città, ove i punti di raccolta sono più ravvicinati, le efficienze sono maggiori, dal momento che è possibile ottimizzare i percorsi con le usuali tecniche di ottimizzazione.

Stime del CONOE quantificano un numero medio di 15/20 prese giornaliere di olio esausto in zone mediamente popolate, con una percorrenza media di circa 100km.

Le principali criticità associate alla raccolta di oli alimentari esausti possono essere sintetizzate come segue:

- a. Gli oli esausti recuperati contengono residui di acqua e alimenti; la presenza di tali impurità richiede l'esecuzione, da parte dei raccoglitori, di alcune operazioni di pre-trattamento rappresentate in particolare dallo spillamento dell'acqua e dalla decantazione fisica dei residui solidi. Tali attività possono richiedere tempi di gestione prolungati, con conseguente aumento dei costi, in relazione alla quantità di residui presenti.
- b. A seguito della raccolta, l'olio viene temporaneamente stoccato nelle sedi dei vari raccoglitori, in attesa del conferimento presso gli impianti di recupero. In questa fase, l'attività di pompaggio dell'olio può risultare più o meno difficoltosa, a seconda delle caratteristiche fisiche degli oli e delle aree territoriali in cui vengono raccolti; gli oli, infatti, spesso presentano un basso grado di fluidità, dovuto in particolare ai tipi di olio utilizzato e alle frittiture multiple, che è influenzato dalle condizioni climatiche delle regioni a temperature più basse. Di conseguenza, spesso il prodotto deve essere preriscaldato o lavorato in modo che se ne favorisca lo scioglimento, quindi il pompaggio all'interno di serbatoi mantenuti a temperatura.
- c. Lo stoccaggio prolungato degli oli presso i produttori o presso le imprese di raccolta, soprattutto in stagioni calde e in zone a temperature medie elevate, può determinare una degenerazione della qualità dell'olio destinato alla rigenerazione, in relazione all'aumento dell'acidità e della percentuale di MIU.
- d. Ultima criticità è la ridotta consapevolezza, da parte dei produttori, del potere inquinante dell'olio alimentare esausto e dell'esistenza di una filiera per la loro gestione a fine vita; ciò va ad inficiare, ad esempio, una corretta filtrazione dei residui. Questa semplice accortezza da parte del produttore del rifiuto consentirebbe di avere già in partenza un olio di buona qualità, oltre che ridurre tempi e costi connessi con le operazioni di purificazione. Anche in quest'ottica, il Consorzio continua a sviluppare attività di sensibilizzazione, in modo da diffondere con sempre maggiore chiarezza le indicazioni circa i

corretti comportamenti da tenere per il recupero degli oli, al fine di ottimizzare i risultati delle attività di raccolta e rigenerazione.

4. TRATTAMENTI E DESTINAZIONI D'USO

4.1. TRATTAMENTI

L'olio alimentare esausto, dopo essere stato opportunamente raccolto, viene successivamente stoccato per essere poi inviato alle fasi di trattamento, che prevedono le operazioni di *filtrazione e decantazione*.

Il prodotto così trattato può andare incontro ad altri due trattamenti, a seconda della destinazione d'uso finale. Se esso verrà utilizzato a scopo industriale, sarà sottoposto a *winterizzazione*, una particolare cristallizzazione frazionata; se, invece, verrà utilizzato per la produzione di biodiesel si procederà con la *transesterificazione*.



Figura 16 Trattamenti e destinazioni d'uso

4.1.1. IL PROCESSO DI FILTRAZIONE

È un'operazione unitaria (operazione che consiste in una singola trasformazione fisica che può avere luogo all'interno di un'apparecchiatura di un impianto chimico) di separazione, utilizzata sia in laboratorio che in scala industriale.

Può essere utilizzata sia per scopi separativi, quando si vogliono eliminare impurezze solide da liquidi o soluzioni, che per scopi sintetici quando si vuole isolare un composto precipitato da una soluzione o da un cristallizzato.

In natura rappresenta un fenomeno comune riguardante le fonti idriche, le cui acque permeano il terreno in cui scorrono: ad esempio le falde profonde sono utilizzate come fonte di approvvigionamento per acqua potabile, poiché risultano purificate da intensa filtrazione.

In ambito industriale, la filtrazione sfrutta macchine filtranti operative su vasta scala.

Caratteristiche che accomunano tutti i sistemi di filtrazione sono la prevalenza del moto laminare, la diretta proporzionalità del flusso del filtrato alla forza fluidomotrice che lo determina e l'inversa proporzionalità alle resistenze incontrate dal fluido (liquido o gas).

I modi in cui può avvenire la filtrazione sono i seguenti:

- *Normal flow filtration*: la sospensione da filtrare passa attraverso il filtro in direzione normale alla superficie del setto filtrante

- *Cross flow filtration*: il flusso della sospensione da trattare è parallelo alla superficie del setto filtrante

- *Cake filtration*: il flusso della sospensione da filtrare passa attraverso un pannello (torta), costituito dal solido da separare, il quale, col procedere dell'operazione, si deposita sul setto; la torta è sostenuta da un telo, a esempio una griglia metallica, i cui pori hanno diametro maggiore delle particelle da filtrare, in quanto il mezzo filtrante è, in questo caso, la torta, mentre il telo ha esclusivamente funzione di sostegno

- *Deep bed filtration*: le particelle solide vengono trattenute all'interno del setto filtrante, per cui tranne in rari casi (filtro a sabbia) non è possibile il recupero

del solido a fine filtrazione, per cui appena il filtro si è saturato, va smaltito e sostituito.

I fattori principali che influenzano la velocità di filtrazione sono:

- 1) Le perdite di carico subite dal filtrato quando attraversa il mezzo;
- 2) L'area totale della superficie filtrante;
- 3) La viscosità del filtrato;
- 4) Caratteristiche della torta formatasi (nei casi di filtri a torta);

La differenza di pressione tra le due facce filtranti può essere ottenuta in due modi:

- nei filtri in depressione, si impone una pressione a monte del filtro pari alla pressione atmosferica e una pressione a valle del filtro minore della pressione atmosferica.

- nei filtri in pressione, si impone una pressione a valle del filtro pari alla pressione atmosferica e una pressione a monte del filtro maggiore della pressione atmosferica.

Siccome all'aumentare della differenza di pressione aumenta la velocità di filtrazione, il secondo metodo, per il quale si possono avere differenze di pressioni maggiori di 1atm, sarebbe in teoria da preferire; nella pratica, però, bisogna anche considerare che per prelevare il prodotto da un filtro in pressione sarebbe necessario installare una pompa, con conseguente aumento dei costi dell'impianto. Per questo motivo, si utilizzano filtri in pressione per le operazioni in discontinuo e filtri in depressione per quelle in continuo.

Dal punto di vista più strettamente impiantistico, le apparecchiature industriali utilizzate per effettuare la filtrazione si dividono in filtri continui e filtri discontinui, a seconda della necessità o meno di dover interrompere il processo per compiere altre operazioni collaterali.

L'equazione generica che esprime il flusso di un fluido attraverso letti porosi è:

$$\Phi = \Delta P / R$$

dove ΔP è la differenza di pressione esistente tra le due facce del letto, R è la resistenza incontrata dal fluido nell'attraversare il mezzo poroso e Φ è il flusso del fluido.

La resistenza R è ricavabile dalla relazione:

$$R=r\mu l/A$$

dove r è la resistenza specifica della torta, μ la viscosità del filtrato, l lo spessore della torta originatosi in seguito al deposito di solido, A la superficie normale della torta rispetto alla direzione del flusso. La resistenza specifica r è definita come differenza di pressione necessaria per provocare un flusso unitario di filtrato, avente viscosità unitaria, attraverso una superficie e spessore di torta unitari.

Facendo riferimento ad un tempo infinitesimo dt , durante il quale viene filtrato un volume dV di fluido, si ottiene l'equazione:

$$dV/dt=A\Delta P/r\mu l$$

che rappresenta l'equazione fondamentale della teoria della filtrazione.

4.1.2. LA FASE DI DECANTAZIONE O SEDIMENTAZIONE PER GRAVITÀ

In Fisica, la sedimentazione è un processo per cui le particelle sospese in un fluido si accumulano a causa dell'esistenza di un campo di forze. Se tale campo è rappresentato dal campo gravitazionale, allora si parla di decantazione o, più propriamente, di sedimentazione per gravità.

Si tratta di un metodo meccanico di separazione delle fasi che compongono un'emulsione o una sospensione, basato sul processo della sedimentazione spontanea. Tale metodo sfrutta la forza di gravità per separare le fasi ed in conseguenza di ciò risulta tanto più efficace, quanto più le particelle in

sospensione hanno densità maggiore rispetto al liquido che fa da solvente. Oltre alla densità, altro parametro caratterizzante la decantazione è la dimensione delle particelle sospese, infatti più le particelle sono piccole e meno efficace risulta la decantazione.

In particolare, nel caso di sedimentazione ostacolata, la singola velocità di sedimentazione di una particella è influenzata dalla presenza delle particelle circostanti. In questo caso, non essendo applicabile la legge di Stokes, si ricorre al *test del cilindro* per la misurazione della velocità di caduta dell'insieme di particelle. Questo processo sperimentale, valido nel caso in cui la distribuzione dei diametri delle particelle non sia troppo ampia, conduce ad un diagramma (h,t) altezza-tempo, dal quale si può ricavare la velocità di sedimentazione:

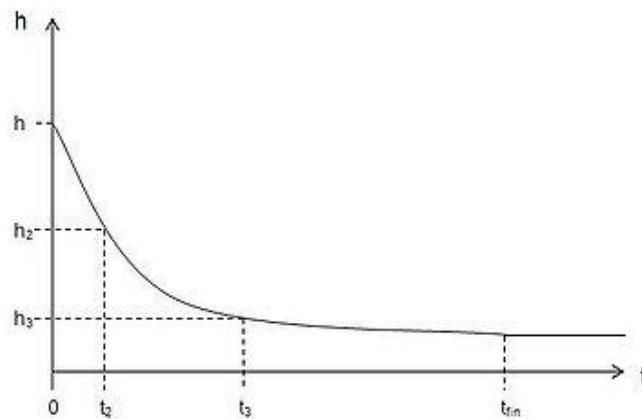


Figura 17 Diagramma h-t relativo ad un test del cilindro per la stima della velocità di sedimentazione

4.1.3. LA WINTERIZZAZIONE

La cristallizzazione è una transizione di fase della materia, da liquido a solido, nella quale dei composti disciolti in un solvente solidificano.

Da un punto di vista strettamente fisico, è una trasformazione caratterizzata da una diminuzione dell'entropia.

È un fenomeno abbastanza diffuso in natura, dal quale traggono origine le rocce minerarie, le stalattiti, le stalagmiti ed i depositi di salgemma.

La formazione di una singola particella solida, detta *germe di cristallizzazione*, dà inizio all'intero processo, fungendo da agglomerante e "catalizzando" la formazione del solido per accrescimento successivo. In ragione di ciò, tutto ciò che favorisce la formazione del primo germe (nucleazione) o l'accrescimento successivo, favorisce la solidificazione. Per esempio, la presenza di una superficie metallica favorisce la formazione del primo germe (depositandosi su di essa), mentre l'evaporazione, aumentando la concentrazione, intensifica le interazioni intermolecolari, favorendo l'agglomerazione.

In chimica, la cristallizzazione è una metodica utilizzata per purificare ed isolare i composti chimici. La sostanza impura viene portata in soluzione in poco solvente e viene sottoposta a riscaldamento. Man mano che la soluzione si concentra, cominciano a formarsi i primi *germi di cristallizzazione*, che via via aumentano di dimensione, agglomerando altri ioni; il risultato finale consiste nella separazione di una fase solida che viene filtrata. Il filtrato viene quindi riportato in soluzione con un'altra quantità di solvente e si ripete la pratica appena descritta, ovvero si procede ad una ricristallizzazione, in modo da essere certi di ottenere dei cristalli sufficientemente grandi per assicurarsi che il composto finale abbia un elevato grado di purezza. Durante la cristallizzazione, solidifica, con opportuni solventi e a determinate temperature, solamente il composto in esame, mentre le impurità restano in soluzione. La ricristallizzazione è necessaria per eliminare quella percentuale di impurezze che pure è sempre presente.

La *cristallizzazione frazionata* è una variante che permette di cristallizzare una soluzione contenente più sostanze, isolando i singoli componenti puri.

Avviene, come operazione unitaria, per la precipitazione controllata di un composto (soluti) in soluzione in un solvente, mediante la variazione di un parametro fisico (pressione, temperatura, concentrazione).

Nel caso specifico, con *cristallizzazione frazionata*, si intende un processo in cui una massa solida, contenente composti diversi, viene portata oltre il punto di fusione e, mediante raffreddamento lento fino ad una precisa temperatura, si ottiene la precipitazione del soluto; la torbida così ottenuta viene quindi inviata alla separazione. Sovente, la separazione è seguita da un altro raffreddamento, con

separazione ulteriore dello stesso composto o di altri con valori di solubilità più bassi (da qui il nome di *cristallizzazione frazionata*).

La *cristallizzazione frazionata* è un'operazione discontinua, fatta per lotti. Si riconoscono, quindi, in essa delle fasi ben precise:

- 1) Cristallizzazione del soluto;
- 2) Decantazione dei cristalli dal solvente;
- 3) Separazione dei cristalli;

La *winterizzazione* è una cristallizzazione frazionata effettuata sui grassi alimentari per ottenere la separazione di più frazioni con temperature di fusione differenti.

Ad esempio, per l'olio d'oliva, lo si raffredda a circa 8-10 °C, per poi lasciarlo maturare in appositi cristallizzatori per 6-12 ore. Quindi, lo si passa in centrifuga per separare i cristalli solidi e le cere formatesi durante la maturazione. Si procede poi col lavaggio in acqua calda a 80°C per eliminare qualunque traccia di cere.

Al termine del processo di winterizzazione, si ottiene olio per uso industriale dal quale si potranno ottenere olio minerale, alchilati, lubrificanti, ma anche detergenti emulsionanti e distaccanti per cemento.

4.1.4. IL PROCESSO DI TRANS ESTERIFICAZIONE.

La trans esterificazione consiste nella trasformazione dei trigliceridi contenuti nell'olio vegetale in glicerolo e in esteri metilici degli acidi grassi mediante reazione con alcool.

Nella composizione degli oli predominano i trigliceridi (95% circa); significativa è la presenza di acidi grassi liberi (FFA Free Fatty Acids) che in alcuni oli è limitata allo 0,3-2% (colza) mentre in altri (olio di palma, ricino, frittura , grassi animali) può salire ad oltre il 5%. Seguono poi presenze meno rilevanti di mono e di gliceridi, fosfogliceridi, minerali, sostanze coloranti, zolfo.

L'alcool usato industrialmente è il metanolo mentre molta attenzione teorica è rivolta all'impiego di etanolo.

La reazione di trans esterificazione, richiede per ogni mole di trigliceride, stechiometricamente tre moli di alcool.

La reazione si completa, in presenza di catalizzatore, in 40- 60 minuti.

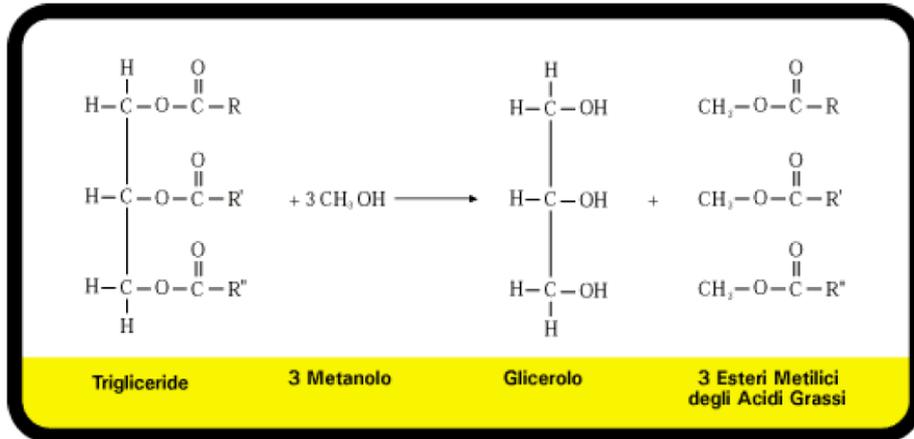


Figura 18 schema della trans esterificazione

Le due fasi che si formano, glicerolo ed estere metilico (biodiesel) sono immiscibili e quindi vengono separate per decantazione del glicerolo o per centrifugazione.

La resa può essere migliorata conducendo il processo in due o tre step, aggiungendo metanolo in dosi progressive e separando il glicerolo ad ogni step.

Indicativamente il bilancio di massa che si ottiene è il seguente:

1000 Kg olio raffinato + 100 Kg di metanolo → 1000 Kg Biodisel + 100 Kg glicerolo

Questa reazione instaura un equilibrio fra reagenti e prodotti quindi per aumentare la resa si

lavora in netto eccesso di alcool o si può separare la glicerina via via che si forma.

Solitamente per semplici impianti la reazione standard dura un'ora sotto forte agitazione alla temperatura di 45-60°C oppure a 32°C con 4 ore di agitazione.

L'alcool in eccesso può essere recuperato per distillazione e quindi riutilizzato.

La metanolisi è la più usata per la trans esterificazione industriale perché:

- La reazione può essere condotta a temperatura ambiente;
- Si hanno rese di esterificazione superiori all'80%, anche dopo solo 5 minuti di reazione;
- Si ha un'agevole separazione di estere e glicerolo;
- Il costo del metanolo anidro è nettamente inferiore rispetto all'etanolo assoluto.

L'etanolisi, richiede di operare a temperatura di 75°C per avere rese accettabili.

Ma i problemi maggiori sono:

- Tempi di reazione molto lunghi;
- Difficoltà di separazione delle fasi glicerolo-estere, in quanto l'estere etilico è più solubile nel glicerolo rispetto al metilestere.

La presenza di tracce d'acqua ha effetti estremamente negativi sulla resa del processo (rese

del 30% usando alcool al 95%, rese del 95% usando etanolo puro).

La produzione di alcool assoluto è tuttavia troppo costosa a causa della natura azeotropica

dell'etanolo. Da rilevare che l'eventuale uso di alcoli superiori, benché tecnicamente

possibile, risulta ancora antieconomico.

La reazione di trans esterificazione avviene a condizioni termodinamiche spinte (t=235 °C;

P=5MPa) con rese superiori all'80%.

L'uso di catalizzatori consente invece di ottenere rese superiori a condizioni di pressione

ambiente e di temperatura ambiente (o poco superiore). Per questa ragione, i processi

industriali sono tutti di tipo catalitico.

La catalisi può essere basica o acida, si preferisce la prima perché:

- È 4000 volte più veloce;
- È meno corrosiva;
- Richiede minor quantità di alcool in eccesso.

L'unico serio inconveniente della catalisi basica è che non funziona bene con oli ad alto

contenuto di acidi grassi liberi. In tale caso occorre fare un pre-trattamento di deacidificazione o in alternativa di pre-esterificazione.

Come catalizzatore viene usata potassa caustica KOH o in sua vece soda caustica.

La base

viene sempre pre-miscelata con metanolo per formare il metossido di potassio che poi sarà

posto a contatto con i due reagenti olio e metanolo.

La scelta tra i due idrossidi è abbastanza competitiva:

→ KOH ha il vantaggio di determinare una migliore separazione del glicerolo dalla fase estere, a causa del maggior peso molecolare dell'estere stesso; comporta anche un minor rischio di formazione di sapone e di solubilizzazione dell'estere nel glicerolo;

→ NaOH è più economico e dà una trans-esterificazione più veloce.

La concentrazione ottimale del catalizzatore alcalino è 0,5-1% in peso sull'olio. Un alto fattore di acidi grassi liberi può essere compensato da un maggiore dosaggio di catalizzatore. Ma occorre ricordare che con molto catalizzatore si perde dell'estere per solubilizzazione nel glicerolo.

4.2. PRETRATTAMENTO DEGLI OLI E RAFFINAZIONE DEL BIODIESEL

Prima della trans-esterificazione, gli oli vanno pretrattati. Il livello di pre-trattamento varia in relazione alla quantità dell'olio e al suo contenuto d'acqua.

In via generale, possono essere configurati i seguenti pre-trattamenti:

➤ **Disidratazione:** la presenza di acqua nell'olio influenza negativamente la transesterificazione sia basica che acida. Vengono di regola applicati

processi di evaporazione sottovuoto; in alternativa sono praticabili sufflaggi di azoto attraverso l'olio;

- De-acidificazione: la rimozione degli acidi grassi liberi è essenziale, specialmente quando si utilizzano catalizzatori alcalini, poiché gli acidi grassi liberi formano saponi. La conseguenza è la perdita di capacità catalitica e la difficoltà di separare il glicerolo dal metilestere per effetto dell'emulsione indotta dal sapone. Il numero di acidità deve essere portato sotto 1-3 mg KOH / g olio prima di attuare la trans esterificazione con catalizzatori basici, la deacidificazione può essere attuata mediante semplice neutralizzazione con alcali.

Il biodiesel è contaminato da acqua, glicerolo, catalizzatore e metanolo. Si rimuove il glicerolo tramite centrifugazione e i gliceridi, i residui di metanolo e il catalizzatore tramite lavaggi con acqua. Anche la fase glicerina può essere purificata. Essa contiene acidi grassi, saponi e tracce di estere. Si opera aggiungendo acido fosforico o solforico per decomporre i saponi e formare acidi grassi liberi, quindi si separa il precipitato solido che si forma costituito da fosfato acido di potassio (KH_2PO_4) che può essere utilizzato in agricoltura. Se si usa acido solforico il sale deve essere smaltito come rifiuto. Gli acidi grassi liberi sono insolubili in glicerolo e formano quindi una distinta fase facilmente separabile (anche per microfiltrazione).

Esiste la possibilità di esterificare gli acidi grassi liberi a trigliceridi reintroducendoli poi nel processo.

4.2. PRINCIPALI DESTINAZIONI D'USO

L'olio esausto, dopo opportuni trattamenti può essere recuperato in diversi modi:

- come lubrificante per macchine agricole o industriali
- nella produzione di sapone, attraverso la glicerina
- può costituire la base per il processo di generazione del biodiesel
- può essere utilizzato come combustibile per recupero energetico nel processo di cogenerazione.

I dati riportati dal C.O.N.O.E. evidenziamo come già nel 2008 circa il 50% dell'olio esausto raccolto (derivato prevalentemente dal comparto industria e ristorazione) sia stato trasformato in modo efficiente in biocarburante (biodiesel). Una percentuale particolarmente rilevante di olio esausto viene rigenerata per produrre lubrificante per macchinari (25%).

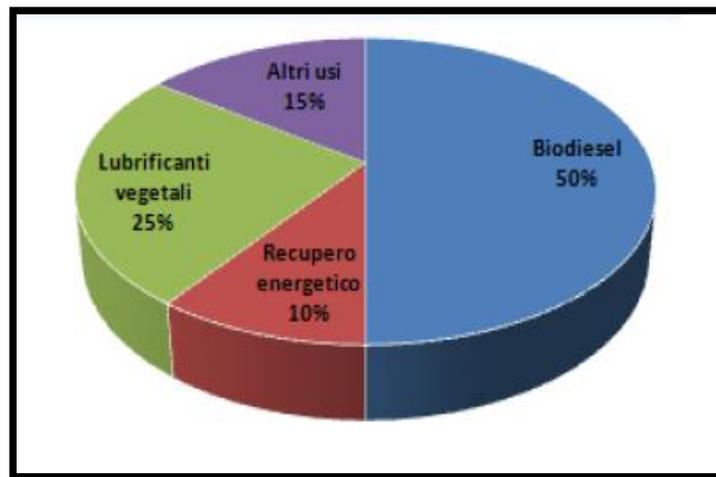


Figura 19 percentuali di riutilizzo degli oli esausti di origine alimentare

4.2.1. BIOLUBRIFICANTI

I Biolubrificanti possiedono delle proprietà intrinseche che li rendono competitivi con i

lubrificanti di origine minerale:

- un potere lubrificante naturale;
- una buona adesività alle interfacce;
- una buona untuosità;
- un elevato indice di viscosità.

I settori di applicazione dei biolubrificanti sono gli stessi degli oli lubrificanti di origine petrolchimica:

- olio di catene;
- fluido idraulico;
- grasso;
- lubrificanti per motori.

I settori di intervento in cui si possono utilizzare i biolubrificanti possono essere classificati in due ordini: _ settori in cui il biolubrificante è irrecuperabile, come nel caso delle attività forestali e la navigazione fluviale dove la contaminazione dell'ambiente è realizzata dagli oli delle catene delle motoseghe, dai grassi e fluidi idraulici, dall'utilizzo dei motori a due tempi sia di tipo forestale che nautico; _ settori in cui il lubrificante può essere soggetto a perdite accidentali, come nel settore agroindustriale ed automobilistico.

Gli oli vegetali sono prodotti da fonti rinnovabili, grazie alla loro composizione chimica sono altamente biodegradabili, ossia possono essere trasformati in modo irreversibile in altri composti più semplici ad opera dei microrganismi presenti nell'ambiente, inoltre sono prodotti non tossici sia per l'ambiente che per la salute umana. Possiedono inoltre proprietà fisiche che ne determinano un elevato grado di sicurezza nell'utilizzazione:

- elevato punto di infiammabilità: il valore di flash-point medio per gli oli vegetali è di circa 300°C, molto più elevato degli oli minerali, questo comporta una sicurezza maggiore sia in termini di maneggevolezza del prodotto che di utilizzo;
- bassa volatilità relativa: la curva di distillazione degli oli vegetali è più alta di quella degli oli minerali, ciò comporta una riduzione della quantità di lubrificante che può evaporare a parità di temperatura di utilizzazione, inoltre si ha una riduzione delle emissioni allo scarico e di depositi solidi;
- elevato indice di viscosità: ossia la viscosità degli oli vegetali varia poco con la temperatura rispetto agli oli minerali, che garantisce un film lubrificante omogeneo e di giusto spessore a tutte le temperature di funzionamento;
- elevata viscosità cinematica: che comporta un minor attrito delle parti in movimento e una riduzione del consumo dei combustibili. Tuttavia gli oli vegetali presentano delle limitazioni che possono comprometterne l'utilizzo come base per gli oli lubrificanti:
- punto di scorrimento: anche se i punti di scorrimento degli oli vegetali sono paragonabili con quelli degli oli minerali, questo non consente di avere un'uguale affidabilità per i due oli; per esempio anche se l'olio alto-oleico di colza ha un punto di scorrimento di - 27°C, congela dopo tre giorni a -20 °C, e dopo 7 giorni a -10 °C. L'aggiunta di additivi, quali liquidi sintetici o oli minerali può migliorare notevolmente le caratteristiche a bassa temperatura degli oli vegetali. Per esempio, aggiungere all'additivo 30% di additivi all'olio alto oleico di colza permette che rimanga fluido dopo 7 giorni a -20 °C; l'olio normale di colza congela dopo tre giorni a -30°C, ma può essere mantenuto fluido per sette giorni a quella temperatura con l'aggiunta di 20% di additivi;
- bassa stabilità idrolitica e ossidativi: le reazioni di idrolisi che possono avvenire nell'olio in presenza di acqua e i fenomeni ossidativi causati dall'alta temperatura degradano notevolmente gli oli vegetali causando la formazione di acidi e di composti pastosi che creano problemi alla lubrificazione.

4.2.2. PRODOTTI PER LA COSMESI E SAPONI INDUSTRIALI

Dal recupero dell'olio esausto si ricavano innumerevoli prodotti, quali:

- Grasso per concia
- Inchiostri
- Cere per auto
- Saponi industriali

Inoltre, il glicerolo ottenuto dal processo di trans esterificazione, non solo può essere utilizzato come additivo alimentare (sigla E422), ma può essere impiegato nella produzione di innumerevoli prodotti, quali: sciroppi, creme per uso farmaceutico e cosmetico. È anche un reagente utilizzato nella sintesi di composti organici più complessi. Nel vino conferisce rotondità al sapore. Il glicerolo liquido è anche impiegato, con due parti di acqua distillata, nella soluzione per 'macchine del fumo' da palcoscenico.

4.2.3. LA COGENERAZIONE

Gli oli vegetali esausti possono essere impiegati a tutti gli effetti come materia prima per la produzione di energia.

L'impiego di olio vegetale per la produzione di energia elettrica e calore in impianti di cogenerazione rappresenta una novità nell'innovativo e variegato mondo delle fonti di energia rinnovabili.

La cogenerazione permette di produrre contemporaneamente energia elettrica ed energia termica, sfruttando in maniera ottimale l'energia primaria contenuta nel combustibile: la frazione a contenuto energetico più alto viene convertita in energia pregiata (meccanica o elettrica), mentre la frazione a contenuto energetico più basso (che nelle comuni macchine termiche viene dispersa nell'ambiente), viene recuperata e resa disponibile per altre applicazioni, quali il riscaldamento di ambienti.



Figura 20 diverse rese di energia termica ed elettrica in caso di cogenerazione e produzione separata.

L'impiego di questa tecnologia consente inoltre di diminuire sensibilmente le emissioni di gas serra. L'uso degli oli vegetali, se comparato con quello dei combustibili di origine fossile, permette una riduzione delle emissioni gassose prodotte dai motori.

Vari studi mostrano che, confrontando l'anidride carbonica emessa durante tutto il ciclo di vita dell'olio vegetale con quello del gasolio, si ha un risparmio complessivo medio di 1,6 tonnellate di anidride carbonica per ogni tonnellata di gasolio sostituito (fonte: Entalpica S.p.a).

Gli oli vegetali producono un'energia che può contribuire a risolvere le problematiche di inquinamento locale; grazie alla presenza di ossigeno nella sua molecola (circa l'11%), la combustione risulta migliore rispetto al gasolio, non contiene né idrocarburi policiclici aromatici (IPA) né zolfo e permette una riduzione degli inquinanti e della pericolosità delle emissioni. Diversi studi che confrontano le emissioni di motori diesel e di motori alimentati a biocarburanti hanno evidenziato la possibilità di riduzione delle emissioni di PM10, anche se la percentuale di riduzione varia notevolmente a seconda della tecnologia considerata e delle condizioni di utilizzo.

La possibilità di usare olio vegetale come combustibile non solo presenta alcuni aspetti molto interessanti da un punto di vista economico e di indotto, ma anche

presenta soluzioni variabili e peculiari che, al momento, rendono questa fonte di energia interessante e applicabile in ogni situazione.

Gli impianti ad olio vegetale possono essere posizionati in qualsiasi realtà senza avere problemi di ingombro, rumorosità, odori sgradevoli o altri disturbi a eventuali realtà abitative nelle vicinanze.

I motori alimentati ad olio vegetale sono realizzati nel range di potenza elettrica tra i 20 e i 450 kw. In particolare, un motore industriale a olio vegetale produce energia attraverso un generatore fissato a flangia che, al momento della combustione, attraverso uno scambiatore di calore, immagazzina nella rete del riscaldamento il calore prodotto dal motore e dai gas di scarico. Il generatore lavora in parallelo con la rete pubblica.

Olio vegetale

| Modello | Potenza kW_{el} | Potenza kW_{th} | Consumo nom. l/h |
|-----------|----------------------|----------------------|---------------------|
| EMD 20 P | 20 | 25-30 | 6,45 |
| EMD 45 P | 45 | 40-60 | 14 |
| EMD 100 P | 100 | 130-150 | 23,5 |
| EMD 150 P | 150 | 180-200 | 42,4 |
| EMD 200 P | 200 | 230-250 | 60,5 |
| EMD 300 P | 300 | 380-400 | 79,5 |
| EMD 400 P | 400 | 450-480 | 102,7 |
| EMD 450 P | 450 | 500-530 | 110 |

Figura 21 potenze dei principali motori a olio

5. PRODUZIONE INDUSTRIALE DEL BIODIESEL DA OLI ESAUSTI

5.1. PRE TRATTAMENTI

Il biodiesel può essere prodotto sia dagli oli vegetali, ottenuti dalle colture oleaginose dedicate, che dagli oli e dai grassi animali e vegetali esausti di origine alimentare, recuperati mediante la raccolta differenziata.

Gli oli esausti però sono generalmente caratterizzati da una bassa qualità, soprattutto per i loro elevati valori di acidità (4-15%), e necessitano, pertanto, di un trattamento preliminare alla conversione in biodiesel.

Al termine della rigenerazione possono essere utilizzati negli impianti per la produzione di biodiesel in miscela con gli oli vegetali ottenuti dalle colture dedicate.

Nel corso dell'utilizzo per gli usi alimentari, gli oli e i grassi vanno incontro a un deterioramento, dovuto alle alte temperature della cottura. Oltre i 150°C, infatti, essi raggiungono il cosiddetto punto di fumo e i trigliceridi sono progressivamente scissi in digliceridi, monogliceridi e acidi grassi liberi, con conseguente aumento dell'acidità. In funzione delle modalità di impiego (per esempio frequenza delle sostituzioni), gli oli e i grassi esausti possono assumere dei valori di acidità variabili tra il 2% e il 15%, mentre per la conversione a biodiesel l'acidità non deve superare il 4%.

La rigenerazione è finalizzata alla riduzione dell'acidità di questi materiali ed è condotta con soluzioni tecniche diverse e scelte in base ai valori di partenza.

A) Saponificazione con sodio idrossido: è indicata per acidità fino al 10%, perché con valori superiori le consistenti perdite di olio rendono antieconomico l'investimento: indicativamente per valori di acidità del 4% la perdita è del 1% in peso, per acidità del 10% la perdita è del 30% in peso. Il trattamento è condotto a 60-80°C ed è seguito dalla centrifugazione, per la separazione dei saponi, e dal degommaggio con acqua o acido (solforico o citrico), per la rimozione di fosfatidi, pigmenti e cere.

B) Sintesi dei gliceridi: è indicata per oli e grassi con valori di acidità tra il 10% e il 15%. Gli acidi grassi liberi sono convertiti in monogliceridi, digliceridi e

trigliceridi a elevate temperature (250- 260°C) e pressioni (0,5-0,6 MPa). La catalisi con ossido di zinco o zinco cloruro consente di operare a 220°C. Al termine della rigenerazione, gli oli possono essere convertiti a biodiesel, anche in miscela con gli oli provenienti dalle colture dedicate.

5.2. PROCESSI INDUSTRIALI E RENDIMENTI DI PRODUZIONE

I prodotti della trans-esterificazione sono gli esteri metilici (o metil esteri, ossia il biodiesel), con una resa del 90% in peso, e il glicerolo (o glicerina), con una resa del 10% in peso.

La scissione dei trigliceridi, componenti degli oli, in esteri metilici ha l'effetto di ridurre la viscosità fino a valori prossimi a quelli del gasolio e, di conseguenza, di semplificare gli interventi necessari alla predisposizione dei motori, soprattutto per le applicazioni nell'autotrazione.

La trans-esterificazione può essere condotta ricorrendo a soluzioni tecniche alternative, che differiscono principalmente per le condizioni di temperatura e pressione a cui si opera.

La scelta tecnologica scaturisce dalla valutazione delle capacità produttive desiderate, della qualità degli oli vegetali e dell'investimento economico, che si intende realizzare.

- A) Processo a temperatura ambiente: è la soluzione tecnica più semplice ed è indicata per impianti di piccola taglia (capacità produttiva inferiore a 6.000 tonnellate l'anno); la reazione è condotta in discontinuo (*in batch*) alla temperatura di 20°C e alla pressione atmosferica. Come catalizzatore è utilizzato il potassio idrossido e l'acidità degli oli di partenza deve essere inferiore al 1%.
- B) Processo a temperatura medio-alta: la reazione è condotta in continuo o in discontinuo alla temperatura di 70°C e alla pressione atmosferica. Come

catalizzatore è impiegato il potassio idrossido e gli oli vegetali devono garantire un'elevata qualità (acidità inferiore all'1%).

- C) Processo a elevate temperatura e pressione: è la soluzione più sofisticata ed economicamente onerosa, a causa delle condizioni di reazione imposte; appare, pertanto, giustificata per capacità produttive consistenti (almeno 25.000 tonnellate/anno). La reazione è condotta generalmente in continuo alla temperatura di 220°C e alla pressione di 50 MPa. Come catalizzatore è utilizzato l'acido fosforico ed è tollerata una qualità degli oli vegetali più scarsa (acidità inferiore al 4%). Al termine della transesterificazione, si procede con l'estrazione del metanolo residuo, usato sempre in eccesso, e del glicerolo mediante lo stripping sottovuoto. Il metanolo è riutilizzato in testa all'impianto, mentre il glicerolo è purificato e collocato sul mercato per l'impiego nelle industrie di farmaceutica e cosmetica.

Finiti i processi di trans esterificazione, i residui di glicerolo vengono rimossi dal biodiesel per lavaggi. Per quanto insolubile nel biodiesel, qualche traccia di glicerolo resta pur sempre incorporata nella fase estere in quanto la presenza di alcool agisce da co-solvente di biodiesel e glicerolo.

La presenza del glicerolo oltre che incrementare la viscosità del carburante determinerebbe la successiva formazione di sedimenti nei serbatoi di stoccaggio del biodiesel stesso.

Il biodiesel può arrivare a contenere fino a 1500 ppm di acqua solubilizzata invece il limite è di 500 ppm per cui deve essere rimossa.

La presenza di acqua abbassa la qualità del carburante, crea corrosione in combustione e crescite microbiologiche nello stoccaggio con conseguenti alterazioni acide e formazione di sedimenti.

Il biodiesel prodotto viene stoccato anche per lunghi periodi pertanto è importante il fattore stabilità chimica e biochimica durante questa fase.

La maggiore preoccupazione deriva da possibili reazioni di ossidazione per contatto con l'ossigeno atmosferico; possono fungere da catalizzatori sia i metalli che la luce. L'ossidazione produce idroperossidi che poi portano a loro volta acidi

grassi liberi abasso P.M., aldeidi e chetoni. A seguito dell'ossidazione il pH scende e si ha un aumento della viscosità del biodiesel.

Spesso questo mutamento chimico si accompagna ad un intorbidimento del combustibile con passaggio del colore da giallo a marrone e all'emanazione di cattivi odori.

Attualmente non ci sono tecniche valide per la misura della stabilità del biodiesel; si usa additivare antiossidanti fenolici per migliorare la stabilità tutte le volte che lo stoccaggio può superare i sei mesi.

5.3. COSTI DI PRODUZIONE

La realizzazione di un impianto per la produzione del biodiesel è associata a dei costi che dipendono dalla capacità produttiva.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i costi di investimento e di gestione, relativi a impianti di taglia media e grande nei mercati statunitense ed europeo.

| Capacità produttiva [t/anno] | Materie prime | Costi di investimento [€] | Costi di gestione [€/anno] | Costo di produzione [€/t] |
|------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 10.000 | oli e grassi esausti | 3.200.000 | 3.657.000 | 360 |
| 10.000 | oli e grassi esausti | 2.800.000 | 4.600.000 | 450 |
| 10.000 | olio di soia | 2.600.000 | 5.450.900 | 540 |
| 40.000 | olio di soia e oli esausti | 11.600.000 | 13.019.000 | 330 |
| 40.000 | olio di soia e oli esausti | 11.600.000 | 15.182.500 | 380 |
| 40.000 | oli esausti | 10.400.000 | 16.900.000 | 420 |
| 40.000 | olio di soia | 9.600.000 | 20.303.500 | 510 |

Figura 22 costi di produzione e gestione impianto

| Capacità produttiva [t/anno] | Materie prime | Soluzioni tecniche | Costi di investimento [€] |
|------------------------------------|--|---|---------------------------|
| 40.000 (Zisterdorf, Austria) | oli e grassi esausti (90%) olio di colza (10%) | processo continuo rapido ("Continuous Trans Esterification Reactor", CTER); resa della trasformazione da olio a biodiesel del 99,8% | 5.000.000 |
| 50.000 (Arnoldstein, Austria) | oli esausti (70%) grassi animali (10%) olio di colza (20%) | processo semicontinuo; resa della trasformazione da olio a biodiesel del 92% | 14.500.000 |
| 50.000 (Polná, Repubblica Ceca) | olio di colza (100%) | incluso impianto di estrazione | 7.300.000 |

Figura 23 costi di investimento

5.4. BILANCIO ENERGETICO ed E.R.O.E.I. (ENERGY RETURN ON ENERGY INVESTMENT)

La valutazione del bilancio energetico, inteso come rapporto tra il contenuto energetico del combustibile (output) e l'energia assorbita dal processo produttivo (input), è strategica per stabilire la sostenibilità energetica di un biocarburante, ma al contempo è affetta da un'insita variabilità, che può condurre a esiti significativamente diversi.

Se da un lato, infatti, l'energia contenuta nel biocarburante è indicata in misura univoca dal suo *potere calorifico inferiore*, la quantificazione dell'energia assorbita dal ciclo produttivo può essere basata su assunti differenti, se si considerano o meno alcune voci nel calcolo degli input, quali per esempio l'incidenza dei trasporti e dei mezzi di raccolta degli oli ed inoltre il computo subisce sostanziali variazioni, in seguito alle diverse strategie di valorizzazione dei sottoprodotti.

Quando, ad esempio, i mezzi di raccolta urbani sono alimentati dal biodiesel di riciclo di oli domestici e professionali che hanno precedentemente raccolto, la filiera si chiude a aumentando il livello di sostenibilità del processo di raccolta e di produzione del biodiesel.

6. UTILIZZI DEL BIODIESEL

6.1. PROPRIETA' TECNICHE BIODIESEL

Risalgono a oltre 100 anni fa le prime esperienze di uso degli oli vegetali come carburante. Nel 1893 Diesel inventò un nuovo tipo di motore , alimentato con l'olio di arachide e lo presentò alla fiera di Parigi del 1898, occasione in cui venne costruita la torre Eiffel; mentre però Diesel presentava il motore alimentato con l'olio di arachide, nel Texas si scoprivano giacimenti immensi di petrolio per cui l'interesse per i biocombustibili venne subito accantonato.

La crisi energetica degli anni 70 rispolverò l'interesse per l'uso degli oli vegetali ma è soprattutto in questi ultimi anni che il tema ha ripreso un reale interesse industriale.

Attualmente è ancora aperto il dibattito tecnico-scientifico sull'uso diretto degli oli vegetali come carburante o in sua vece del biodiesel derivato dagli stessi oli.

Molti costruttori di motori stanno sviluppando grandi sforzi di ricerca applicata per proporre soluzioni commerciabili che prevedono l'impiego diretto di oli vegetali.

L'uso di oli vegetali tal quali pone seri problemi a causa:

- Dell'elevata viscosità (10-20 volte quella del gasolio) che rende difficile l'atomizzazione del combustibile in camera di combustione con conseguenti combustioni incomplete;
- Dell'altissimo flash point (punto di infiammabilità in presenza di innesco) e della tendenza a polimerizzare termicamente. Gli effetti sono depositi di gomme, cere e lacche sugli iniettori, diluizione e degradazione dell'olio lubrificante e bloccaggio delle guarnizioni dei pistone.

Conseguentemente i motori ad olio vegetale comportano severi programmi di manutenzione e nel medio e lungo termine si deteriorano seriamente. Attualmente risulta tecnicamente ed economicamente assai più conveniente la strada della lavorazione degli oli per avvicinarli alle

proprietà del diesel minerale. I parametri essenziali per definire la qualità del biodiesel sono i seguenti :

- a. *Viscosità*: è la resistenza del fluido allo scorrimento, cioè misura l'attrito del fluido e diminuisce all'aumentare della temperatura. E' un parametro importante per definire la qualità del biodiesel poiché se il valore è troppo basso, si può avere combustione imperfetta nel motore con conseguente deposizione di residui carboniosi sull'iniettore. L'unità di misura è il centi-Stokes (mm²/s). La misura si effettua ad una ben precisa temperatura (40°C). Una viscosità troppo elevata crea problemi agli iniettori e quindi si rende necessario l'aumento di portata o di pressione. Il processo di esterificazione modifica molto la viscosità dell'olio di partenza tanto da renderla più simile a quella del gasolio; durante la reazione la molecola di trigliceride si "rompe" e forma tre molecole di metil esteri, più piccole e quindi meno viscosi.
- b. *Numero di Cetano*: indica la qualità del combustibile e in particolar modo è una misura del ritardo dell'accensione del combustibile dopo la sua iniezione nella camera di combustione. All'aumentare di questo parametro aumentano le qualità del combustibile poiché l'iniezione del combustibile può avvenire più velocemente in quanto è minore il suo tempo di accensione.
- c. *Potere calorifico inferiore*: rappresenta la quantità di energia minima contenuta nello stesso combustibile.
- d. *Punto d'infiammabilità (FP)*: rappresenta la temperatura cui il combustibile inizia a bruciare. E' molto utile come parametro per quanto riguarda la movimentazione e lo stoccaggio dello stesso combustibile. Il punto di infiammabilità è la temperatura minima alla quale i vapori di un composto si accendono in presenza di fiamma in condizione di pressione atmosferica. Se il valore di *flash point* di un biodiesel è troppo basso può essere presente metanolo.

La normativa tecnica europea fissa a 120°C il valore minimo per il biodiesel.

- e. *Punto d'intorbidamento (CP)*: rappresenta la temperatura alla quale nel combustibile iniziano a formarsi i primi aggregati solidi. Di conseguenza è un parametro che dà l'idea sulla temperatura minima di utilizzo dello stesso carburante.
- f. *Punto di scorrimento (PP)*: rappresenta la temperatura alla quale si formano tanti aggregati solidi nel combustibile da impedirne il suo scorrimento e quindi l'utilizzo.
- g. *Punto d'intasamento a freddo dei filtri (CFPP)*: rappresenta la temperatura alla quale si ha l'inzeppamento dei filtri del motore.
- h. *Numero di iodio*: è il parametro che ci permette di determinare le insaturazioni del combustibile quindi la quantità di sostanze polinsature. Un elevato valore di tale parametro è in un indice di elevata presenza di acidi insaturi nel combustibile che durante la sua combustione polimerizzano dando dei residui carboniosi sull'iniettore dello stesso.
- i. *Punto di fusione*: è la temperatura del combustibile per cui passa dalla fase solida a quella liquida. E' molto utile come parametro nel caso in cui il combustibile è utilizzato in paesi dove le temperature sono molto rigide, quindi per far avvenire la combustione, i serbatoi di stoccaggio devono essere preriscaldati.
- j. *Densità*: è una grandezza che esprime il rapporto tra la massa e il volume di una sostanza. La densità dei metil esteri è sensibilmente maggiore rispetto a quella del gasolio minerale.
- k. *Acidità totale*: è un parametro che indica la quantità di acidi grassi presenti nel combustibile. E' molto importante poiché sopra il valore di 0,5 mg KOH/g si potrebbero formare depositi di residui carboniosi con conseguente corrosione del motore.

Le proprietà chimico-fisiche del biodiesel ottenute da vari oli vegetali utilizzati singolarmente o in miscela sono riassunti nella seguente tabella:

| PROPRIETA' TECNICHE DEL BIODIESEL | |
|--|--|
| Nome comune | Biodiesel |
| Nome chimico comune | FAME (fatty acid methyl ester) |
| Range della formula chimica | C ₁₄ -C ₂₄ oppure C ₁₅₋₂₅ , H ₂₈₋₄₈ , O ₂ |
| Viscosità cinematica range [mm ² /s a 313 K] | 3,3-5,2 |
| Densità range [Kg/m ³ , a 288 K] | 860-894 |
| Temperatura di ebollizione [K] | >475 |
| Flash point range [K] | 420-450 |
| Range di distillazione [K] | 470-600 |
| Tensione di vapore [mm Hg a 295 K] | <5 |
| Solubilità in acqua | Insolubile |
| Biodegradabilità | Più biodegradabile del diesel |
| Proprietà Fisiche | |
| Colore | Giallo chiaro |
| Odore | Odore di muffa e di sapone |

Figura 24 proprietà tecniche del biodiesel

6.2. DIFFERENZE E AFFINITÀ TRA BIODIESEL E DIESEL

Nella seguente tabella sono riportati i parametri chimico-fisici del biodiesel ricavato da oli di frittura esausti e del diesel ricavato dal petrolio fossile:

| Proprietà del combustibile | Oli di frittura | Biodiesel da oli di frittura | Diesel fossile |
|---|-----------------|------------------------------|----------------|
| Viscosità cinematica [mm ² /s] a 313 [K] | 36,4 | 5,3 | 1,9-4,1 |
| Densità [Kg/m ³] a 288 [K] | 924 | 897 | 750-840 |
| Punto d'infiammabilità [K] | 485 | 469 | 340-358 |
| Pour point (K) | 284 | 262 | 254-260 |
| Numero di cetano | 49 | 54 | 40-46 |
| Contenuto di ceneri [%] | 0,006 | 0,004 | 0,008-0,010 |
| Contenuto di zolfo [%] | 0,09 | 0,06 | 0,35-0,55 |
| Residuo di carbonio [%] | 0,46 | 0,33 | 0,35-0,40 |
| Contenuto di acqua [%] | 0,42 | 0,04 | 0,02-0,05 |
| Potere calorifico inferiore [MJ/Kg] | 41,4 | 42,65 | 45,62-46,48 |
| Acidi liberi [mg/KOH/g olio] | 1,32 | 0,1 | - |
| Numero di saponificazione | 188,2 | - | - |
| Numero di iodio | 141,5 | - | - |

Figura 25 proprietà tecniche del biodiesel rispetto al diesel fossile

Caratteristica importante per un gasolio sono le sue proprietà a freddo, come ad esempio:

- Il punto di intorbidamento C.P che rappresenta in gradi centigradi quella temperatura alla quale compaiono nel gasolio le prime formazioni solide (cere). In altri termini indica la temperatura più bassa alla quale il gasolio può fluire nel sistema di alimentazione senza creare problemi. Ad esempio la formazione di cere potrebbe rapidamente otturare il filtro del gasolio impedendone il passaggio e quindi l'alimentazione del motore.
- Il Punto di intasamento a freddo dei filtri detto CFPP (Cold filter plugging point), rilevato attraverso dei metodi standardizzati.

Per tale ragione il gasolio per autotrazione ha una sua “stagionalità” e durante il periodo invernale è disponibile con una qualità particolare per le zone montane: il gasolio alpino, speciale per motori diesel può funzionare fino a temperature inferiori ai 21° sottozero.

Il comportamento a freddo del biodiesel rimane sensibilmente peggiore rispetto a quello del diesel minerale ma questo non rappresenta un problema in Italia in quanto la legislazione ammette un limite massimo del 7% di biodiesel nel gasolio per autotrazione.

6.3. MERCATO E PRESTAZIONI DEL BIODIESEL

Gli esteri degli oli vegetali possono essere utilizzati in tutti i motori Diesel oggi sul mercato senza alcuna modifica, se miscelati con il gasolio fino al 20-30%, o solamente con piccoli accorgimenti nel caso si utilizzasse biodiesel puro.

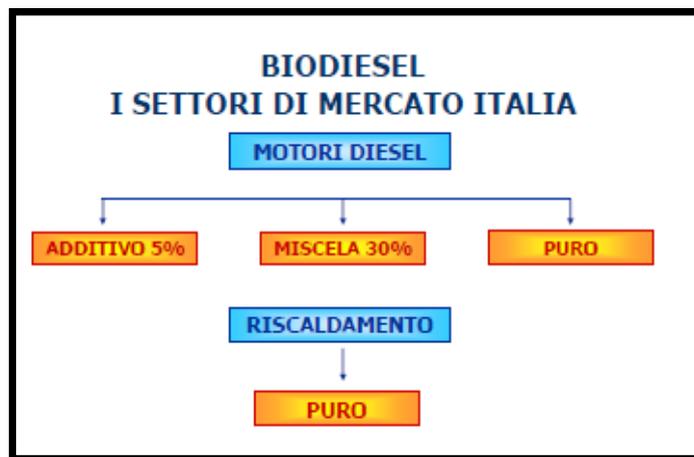


Figura 26 mercato italiano del biodiesel – fonte assobiodiesel

Ad oggi la sperimentazione migliore nel settore dell'autotrazione con biodiesel si è osservata nel pubblico trasporto (autobus urbani); le cosiddette "flotte" percorrono un elevato numero di chilometri ogni anno e quindi consentono di ricavare dati statisticamente attendibili.

Di seguito sono descritti i problemi motoristici emersi nel corso di alcune prove (fonti bibliografiche diverse):

a) Compatibilità dei materiali e durata

Utilizzando biodiesel miscelato con gasolio fino al 20% in volume, non si riscontrano problemi di compatibilità con i materiali; ma un carburante con un elevato contenuto di esteri (più del 30 %) causa inconvenienti quando entra in contatto con determinati composti plastici (Gomma Sirene-Butadiene o SBR, Gomma naturale, Gomma Etilene-Acetato, Gomma Etilene-

Propilene, isoprene, hyphalone, silicone e polisulphyde) che normalmente costituiscono le guarnizioni degli iniettori, delle pompe, ecc. Per questa ragione è normalmente sconsigliato l'utilizzo del biocarburante tal quale o in miscele ad alta percentuale di metilesteri a meno di non sostituire le guarnizioni con materiali compatibili. Rame, Acciaio al carbonio, Ottone, Gomme fluorurate (Teflon, Viton), Gomma Alto Nitrilico (acrilonitrile > 35%), Gomma nitrilica caricata, Copolimero Nitrilica/PVC, Polietilene, Poliammide 11-30 sono tutti esempi di materiali che non subiscono danni particolari in seguito al contatto con i metilesteri di oli vegetali. (Fonte: Novaol).

b) Influenza sull'olio lubrificante

In tutti i test eseguiti si osserva una minore capacità lubrificante dell'olio dovuta all'effetto diluente del metilestere; in pratica il biodiesel trafila dal cilindro, passa le fasce elastiche e diluisce l'olio. Il fenomeno è meno evidente quando diminuisce la percentuale di biodiesel.

Miscelato all'olio lubrificante il biodiesel può creare una serie di problemi in quanto aumenta il numero di iodio della miscela. Se il numero di iodio dell'olio supera il valore di 115, inizia un processo di polimerizzazione (si formano incrostazioni gommose nei condotti dell'impianto di lubrificazione che determinano la riduzione del flusso di lubrificante) che obbliga alla sostituzione anticipata dell'olio del motore. Tale fenomeno viene ridotto drasticamente

utilizzando una miscela al 30% o meno di biodiesel. La polimerizzazione è dovuta alla struttura chimica dei componenti del biodiesel e quindi difficilmente eliminabile; è comunque possibile ridurre tali problemi regolando al meglio il motore.

c) Problemi agli iniettori

Il comportamento degli iniettori alimentati a biodiesel è paragonabile a quello che si osserva utilizzando gasolio. Prove dell'università dell'Idaho (Peterson et Al, 1997) hanno dimostrato che gli iniettori si incrostano leggermente di più (2-3 volte) con il biodiesel che con il gasolio e che comunque tale problema è di minima portata. Dopo alcune ore di funzionamento si forma una incrostazione carboniosa attorno agli iniettori che tende nel tempo a diminuire di spessore. Esiste cioè un livello critico di deposito raggiunto il quale non si osserva più accumulo di materiale. Tale livello critico per il metilestere sembra essere molto simile a quello del gasolio, mentre si osserva un peggioramento per le miscele al 50%.

Altre incrostazioni di questo tipo si osservano, come per il gasolio, in prossimità delle valvole (poche) e delle fasce elastiche. Sembra inoltre (Schlag S., 2000) che anche con motori dotati di "common rail" l'utilizzo del biodiesel non causi inconvenienti all'impianto purché si abbia l'accortezza di aumentare leggermente (100 bar) la pressione di iniezione. Alcuni problemi (aumento dell'acidità e del residuo carbonioso, minore stabilità all'ossidazione) invece, sembrerebbero nascere a carico del biocombustibile se sottoposto a condizioni così estreme come quelle generate dal common rail.

d) Durata e performance del motore

Numerosi test hanno dimostrato che la durata di un motore alimentato a biodiesel non si discosta molto da quella di un motore a gasolio. Come specificato poco sopra alcuni piccoli accorgimenti rendono il motore perfettamente compatibile anche con il biodiesel puro.

A differenza del biodiesel, il gasolio causa un maggiore accumulo di ferro, alluminio, cromo e piombo nella coppa dell'olio.

Tutti i risultati delle prove indicano inoltre che il biodiesel non conduce a sostanziali differenze nel comportamento (potenza e coppia) dei motori se si utilizzano alcuni accorgimenti tecnici, mentre aumentano i consumi specifici, di circa il 10%, a causa del minore potere calorifico del metilestere.

e) Consumo specifico:

Il consumo specifico aumenta a causa del diminuito potere calorifico. Uno studio basato su test brevi ha trovato che mediamente si ha un aumento dei consumi rispetto al gasolio pari al 7%.

f) Potenza:

La potenza diminuisce mediamente del 5% circa, sempre a causa del diminuito potere calorifico

g) Coppia:

Anche la coppia diminuisce mediamente del 5%, come la potenza.

I vantaggi dell'utilizzo del biodiesel rispetto al diesel fossile nei motori diesel possono essere

- ✓ Nella sua composizione chimica presenta un basso contenuto di zolfo e composti aromatici (quindi basse emissioni).
- ✓ E' quindi più biodegradabile rispetto al diesel fossile;
- ✓ Riduce le emissioni in atmosfera di monossido di carbonio CO e dei gas incombusti HC
- ✓ è più facile da trasportare e stoccare poiché il suo punto d'infiammabilità è maggiore del diesel fossile.

- ✓ Ha un ciclo chiuso di CO₂, la sua combustione nel motore produce una emissione di CO₂ in quantità uguale a quella che le piante assorbono.

Dall'utilizzo del biodiesel nei motori diesel nascono anche degli svantaggi:

- Produce più emissioni di ossidi di azoto (NO_x) del gasolio, inconveniente che può essere contenuto riprogettando i motori diesel e dotando gli scarichi di appositi catalizzatori.
- Viscosità maggiore del diesel fossile con aumento del punto di scorrimento dello stesso combustibile,
- Potere calorifico inferiore quindi un'energia disponibile in ingresso al motore minore che necessita un maggior consumo di biocombustibile (5-10%);
- Problemi nell'accensione del motore in condizioni di basse temperature;
- Aumento della deposizione di residui carboniosi sull'iniettore di combustibile del motore.

7. BEST PRACTICES – CASI DI EFFICIENZA IN EUROPA NELLA RACCOLTA E RIGENERAZIONE DEGLI OLI DOMESTICI

La necessità di dare nuova vita all'olio vegetale esausto proveniente da utenze domestiche, attraverso il recupero e il trattamento con tecnologie sempre più all'avanguardia, ha trovato concretizzazione in diverse realtà europee e italiane e realizzati grazie a strumenti di co-finanziamento della Comunità Europea (Life+ e Intelligent Energy Europe- IEE).

Molti progetti tendono a coinvolgere i bambini con il preciso intento di educare le nuove genera-zione ad una stile di vita più consapevole, incoraggiando quei piccoli gesti quotidiani fondamentali per la salvaguardia dell'ambiente, e stimolando comportamenti eco-compatibili.

7.1. IL PROGETTO “Olly”

Nel 1999 nel comune di Fritzens, nel distretto di Innsbruck nel Tirolo austriaco, è nato un progetto volto al recupero dell'olio alimentare esausto.

Grazie alla collaborazione tra un gestore pubblico dei rifiuti e uno del ciclo delle acque è stato realizzato un sistema di raccolta e riutilizzo degli oli vegetali usati, chiamato, alla tedesca, “Öli” (poi registrato e brevettato come “Olly”) e destinato sia alle utenze industriali che a alle utenze domestiche.

La fase di raccolta viene affidata ad una ditta che effettua il ritiro delle tanichette contenenti l'olio usato e consegna in cambio al cittadino bidoni con olio fresco pronto all'utilizzo.

Prima dell'avvio del progetto il recupero dell'olio usato per ogni abitante in un anno si aggirava attorno agli 0,3 kg.

Dopo l'inizio delle campagne di sensibilizzazione, le stime riportano una raccolta di oltre 1 kg/abitante/anno e a Innsbruck anche di 2,1 kg/abitante/anno.

Da circa 20.000 ore è in funzione un impianto, con un motore con una potenza di 2.260 kw, per la produzione di energia elettrica, alimentato unicamente da olio di scarto di frittura proveniente da utenze domestiche.

Grazie a questo progetto sono coinvolti oggi circa 1 milione di cittadini in tirol, in 1.500 comuni.

Il successo del progetto ne ha favorito la diffusione in altre zone dell'Austria e in Germania, dove sono coinvolti più di 1800 comuni per circa 1,5 milioni di famiglie, e in Italia, nelle province di Firenze e Prato.

In Toscana, infatti, la sperimentazione del progetto arriva a contare più di 30 mila contenitori che, una volta raccolti, vengono conferiti all'azienda Eco- Energia la quale tratta gli oli alimentari presso un impianto di recupero per ottenere biocarburante. Gli oli trattati e rigenerati vengono utilizzati in cogenerazione per produrre elettricità e calore.

Per promuovere e realizzare efficacemente il progetto è stato distribuito "Olly", un secchiello giallo da 3 kg da portare a casa e utilizzare come contenitore per gli oli domestici usati in cucina. Unicoop Firenze ha assunto un ruolo importante nella sperimentazione e promozione del progetto, ospitando i punti di raccolta presso i propri supermercati.

All'esterno dei negozi e dei supermercati della provincia ci sono i punti di raccolta dell'olio, cioè le "Casette Olly" gialle e ben riconoscibili, che contengono il sistema automatico di raccolta e stoccaggio temporaneo delle tanichette.

Una volta riempito, il contenitore ben chiuso deve essere consegnato presso le "casette": introducendo un gettone (riutilizzabile) consegnato insieme al secchiello, si apre una fessura in cui va depositato il contenitore pieno e dalla quale si può ritirarne un altro, vuoto, lavato e pronto all'uso.

I risultati del progetto "Olly" sono molto incoraggianti:

- nei due centri commerciali di Prato e Ponte a Greve vengono distribuiti in media 2.500 secchielli al mese, equivalenti a 7.500 kg di olio al mese, per un totale di 90.000 kg all'anno.

- Si stima che con olly vengano eliminate dalle fognature circa 2.200 tonnellate di olio esausto all'anno ogni 650.000 abitanti e
- si stima la produzione di circa 1 MWhe, pari al fabbisogno di 3000 famiglie, nonché 600 MWht, calore sufficiente per 500 famiglie.

7.2. IL PROGETTO CIVITAS TRENDSETTER

Graz è una città austriaca di 260 mila abitanti che ha una vasta esperienza per quanto riguarda l'utilizzo di biodiesel prodotto da oli vegetali riciclati.

Capoluogo della regione austriaca della Stiria, è situata nel sud-ovest dell'austria, vicino alle Alpi.

La zona di Graz è un'area pianeggiante soggetta ad una cattiva qualità dell'aria, specialmente in inverno.

Sin dai primi anni Novanta la città di Graz, sostiene e utilizza i biocarburanti per il riscaldamento del distretto, per la produzione di energia elettrica e per obiettivi di trasporto.

Ciò ha comportato una significativa riduzione delle emissioni di gas a effetto serra (GHG) oltre allo sviluppo di nuove imprese e posti di lavoro, ad esempio la creazione di una rete di trasporto pubblico di autobus e tram.

Gli sviluppi di bio-energia integrata ora presenti nella regione della Stiria in Austria, sono il risultato di un ambiente innovativo e progetti di miglioramento della sostenibilità intrapresi dalla città di Graz negli ultimi 25 anni.

I biocarburanti in Austria sono esenti dalle tasse sui carburanti fossili e Tradizionalmente vi è una quota elevata delle risorse energetiche rinnovabili (FER).

Nel 1994 un progetto pilota sul biodiesel è stato avviato con l'azienda locale di trasporto pubblico GVB (Graz AG Verkehrsbetriebe) convertendo due autobus per operare il 100% di metil-estere di acidi grassi (FAME) ricavati da olio di cottura usato.

A questa fase iniziale segue la conversione di altri otto autobus nel 1997. Dal 2003 tutti i **140 autobus** del parco cittadino sono in funzione con la produzione locale di biodiesel.

I risultati delle performance dei veicoli e il risparmio ottenuto dal cambiamento di carburanti per il parco autobus ha convinto il parco di taxi più grande della città a seguire lo stesso corso di azione.

L'obiettivo principale di CIVITAS TRENDSETTER, cofinanziato dalla comunità europea, è stato quello di studiare come le campagne di sensibilizzazione sull'olio vegetale esausto avrebbero potuto raddoppiare il volume di olio raccolto da famiglie e ristoranti;

Tre campagne sono state realizzate, coinvolgendo i ristoranti, i cittadini e i tassisti

1. In particolare sugli autobus sono stati distribuiti i contenitori per la raccolta e diffusi alcuni volantini sulle opportunità di riciclo dell'olio vegetale;
2. I tassisti sono stati addestrati a fornire ai propri clienti informazioni sulla mobilità sostenibile in generale, e il biodiesel da olio vegetale in particolare.
3. Più di 250 ristoranti hanno partecipato al progetto (risparmiando circa 0,30 euro per kg per i costi di smaltimento).

L'olio viene raccolto sia dai ristoranti che dalle abitazioni e la raccolta viene effettuata e coordinata in larga parte dalla cooperativa sociale "Öko Service", che impiega peraltro circa trenta persone appartenenti a fasce socialmente deboli. La tecnologia per il trattamento dell'olio alimentare e la sua conversione è stata sviluppata con la collaborazione dell'università di Graz.

Ad occuparsi della produzione di biodiesel è l'azienda SEEG una delle prime compagnie al mondo a produrre FAME (fatty acid methyl ester, ndt) in scala industriale da oli di recupero;

L'olio raccolto viene immagazzinato in un serbatoio da 10.000 litri, riscaldato con pannelli solari e infine trasportato all'impianto di trattamento della SEEG a Mureck, a circa 50km da Graz.

Qui l'olio viene sottoposto a trans-esterificazione che genera biodiesel.

Ogni anno vengono processate 10000 tonnellate di olio usato con una resa media di circa 850litri di biodiesel per tonnellata.

Il progetto è quindi riuscito a raggiungere i seguenti risultati:

- Nel 2011 sono state raccolte *80 tonnellate* di olio presso le abitazioni e *180 tonnellate* presso i ristoranti (rispettivamente il 16% e il 45% del potenziale di raccolta).
- Riduzione dell'impatto negativo sull'ambiente (combustibili più puliti, miglioramento della qualità dell'aria, trasformazione dei rifiuti in energia, che implica anche una riduzione dei rifiuti); rifornimento sostenibile delle risorse di combustibile per il trasporto pubblico; *(25% del contributo biocarburante per i trasporti (autobus e taxi) di città e regione.)*
- Creazione di opportunità di impiego locale.
- L'olio trasformato in biodiesel e utilizzato in autobus e flotte di taxi della città ha generato un risparmio di 30.000 euro per il mantenimento del sistema fognario e di trattamento delle acque reflue.
- Crescita economica della regione. L'approccio globale ha aiutato a stimolare le attività commerciali locali e regionali che stanno rifornendo la città e i suoi dintorni con una fonte di crescita stabile di bio-combustibili liquidi – risorsa energetica rinnovabile – per portare il miglioramento dei servizi (trasporti pubblici più puliti). *(eco carburanti e aziende in austria hanno registrato una crescita del fatturato del 39% per un totale di € 2,3 miliardi, solo sulla base delle loro tecnologie rispettose dell'ambiente.)*

7.3. SWOT ANALYSIS DELLA FILIERA DI RACCOLTA DI OLI VEGETALI ESAUSTI DOMESTICI E PRODUZIONE DI BIODIESEL IN ITALIA

I progetti di raccolta degli oli vegetali esausti domestici sono legati a filo doppio alle attività di trattamento e recupero degli oli stessi.

Solo una strategia di riciclaggio efficiente e sostenibile che preveda una conveniente destinazione d'uso finale può giustificare gli investimenti finanziari e le spese energetiche per valorizzare adeguatamente gli oli raccolti.

Il costo e le energie totali spese nelle attività e nei processi di raccolta e recupero non devono essere più gravi dei danni altrimenti causati dalla mancata raccolta degli oli.

Per questo motivo e nel tentativo di creare continuità e sostenibilità nella filiera di raccolta e recupero del rifiuto olio vegetale esausto domestico è stata sviluppata una SWOT analysis

Questa valutazione vuole evidenziare i fattori di successo e limiti all'implementazione di progetti virtuosi sul territorio nazionale in modo da far leva sui primi e superare i secondi.

PUNTI DI FORZA

- **SUPPORTO PER LA RACCOLTA**
 - ✓ DALLE AMMINISTRAZIONI LOCALI
 - ✓ DALLE POLITICHE EUROPEE DI SVILUPPO SOSTENIBILE

- **ALTI RENDIMENTI DI TRASFORMAZIONE**
- **BASSI COSTI DI INVESTIMENTO E PRODUZIONE**
- **AGEVOLAZIONI SULLE ACCISE**
- **NO PROBLEMI DI STOCCAGGIO BIODIESEL ((ALTO FLASH POINT))**
- **BUONE PRESTAZIONI BIODIESEL PER AUTOTRAZIONE**

DEBOLEZZE

- ✚ PROBLEMI DI STOCCAGGIO DEGLI OLI
 - PER TEMPI LUNGHI
 - AD ALTE TEMPERATURE/ESTATE
- ✚ POCA CONSAPEVOLEZZA E INFORMAZIONE SUI RISCHI AMBIENTALI ((QUINDI POCA COLLABORAZIONE DELLA CIDADINANZA))
- ✚ MANCANZA DI COORDINAMENTO TRA PROGETTI
- ✚ PROBLEMI DI FUNZIONAMENTO DEL SISTRI (SISTEMA DI TRACCIABILITA' DEI RIFIUTI)
- ✚ PROBLEMI DI FINANZIAMENTO DEL CONOE (CONTRIBUTO AMBIENTALE)

OPPORTUNITA'

- BENEFICI AMBIENTALI
- RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI LEGGE DI RD ((RACCOLTA DIFFERENZIATA))
- DOPPI VANTAGGI ECONOMICI
 - ✓ AGGREDIRE UN NUOVO MERCATO
 - ✓ EVITARE COSTI DI DEPURAZIONE E SMALTIMENTO
- DOMANDA BIODIESEL IN FORTE CRESCITA
- POSSIBILITA' DI RIVENDERE LA GLICERINA RETTIFICATA AL 99,50%

MINACCE

- ✚ ALTRE RISORSE RINNOVABILI E NON RINNOVABILI ((e.g.metano))
- ✚ QUADRO MACROECONOMICO NAZIONALE

8. CONCLUSIONI

L'intento di questo lavoro è stato quello di evidenziare il doppio legame che unisce sistemi per la raccolta di oli domestici efficienti con processi e trattamenti di recupero convenienti e sostenibili.

La logica di questa filiera è perfettamente in linea con la strategia di “Europa 2020” che ha come obiettivi la promozione della sicurezza degli approvvigionamenti energetici, la riduzione dei gas ad effetto serra e la produzione di energia da fonti rinnovabili nel rispetto dell'ambiente.

Il recupero degli oli, infatti, consente non solo di evitare danni all'ambiente, ma anche di avere notevoli ritorni economici, nonché benefici di carattere sociale e occupazionale.

Una delle principali criticità legate alle attività di raccolta è la ridotta consapevolezza, da parte dei produttori, del potere inquinante dell'olio alimentare esausto e dell'esistenza di una filiera per la loro gestione a fine vita.

Questa semplice accortezza da parte del produttore del rifiuto consentirebbe di avere già in partenza un olio di buona qualità, oltre che ridurre tempi e costi connessi con le operazioni di purificazione.

In quest'ottica, il Consorzio Conoe, insieme ai vari progetti sponsorizzati dall'Unione Europea, continua a sviluppare attività di sensibilizzazione, in modo da diffondere con sempre maggiore chiarezza le indicazioni circa i corretti comportamenti da tenere per la raccolta degli oli.

Inoltre, la valorizzazione degli stessi tramite la produzione di biodiesel rispetta totalmente i criteri indicati dalla direttiva, pertanto la sua sostenibilità è superiore a quella di qualsiasi altro carburante.

Le agevolazioni fiscali, concesse in Italia sulla produzione e sulla distribuzione del biodiesel da oli vegetali esausti al fine di compensare i maggiori costi legati alla produzione, permettono di contenere i prezzi finali al consumatore, ma devono essere accompagnate da una reale strategia di valorizzazione della materia secondaria.

L'obiettivo principale, infatti, resta quello di raccogliere gli oli domestici per evitare il loro pesante danno ambientale.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

La Direttiva 2008/98/CE

Il D. Lgs. 152/2006, Testo Unico Ambientale

Relazione Tecnica 2014, CONOE

New York State Library, State-Wide Feasibility Study For A Potential New York State Biodiesel Industry, (2003), ([Www.Nysl.Nysed.Gov](http://www.Nysl.Nysed.Gov))

Progetto Civitas Trendsetter Città Di Graz, Austria, ([Www.Trendsetter-Europe.Org/](http://www.Trendsetter-Europe.Org/))

Sistema Di Raccolta Oli Esausti “Olly” ([Www.Ecopuntoenergia.Com](http://www.Ecopuntoenergia.Com))

Assocostieri ([Www.Assocostieriservizi.It/](http://www.Assocostieriservizi.It/))

Assobiodiesel ([Www.Assobiodiesel.Org/It/](http://www.Assobiodiesel.Org/It/))

Institute for Technology, University of Economy, Vienna, (www.foreurope.eu)

Best Case Studies On Biodiesel Production Plants In Europe, Iea Bioenergy, (2004). ([Www.Ieabioenergy.Com](http://www.Ieabioenergy.Com))

Scientific And Technological Options Assessment (STOA) - “Recycled Cooking Oils: Assessment Of Risks For Public Health”- European Parliament (www.europarl.europa.eu)