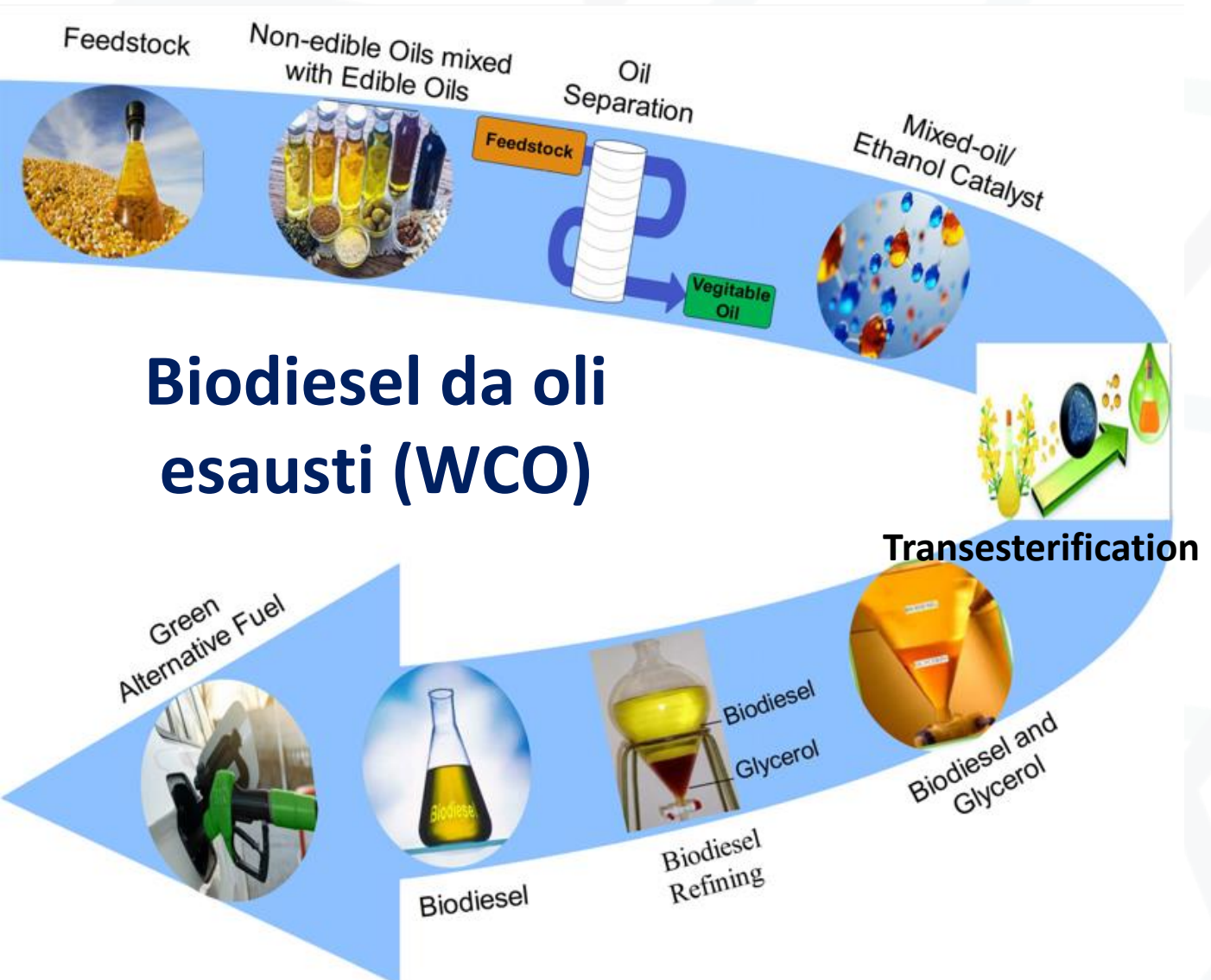


Sinergie Rinnovabili: L'Integrazione del Biodiesel in un Ecosistema Energetico Multimodale

Vincenza Calabrò, Catia Giovanna Lopresto
UNICAL



TECH4YOU
The more you change, the less climate changes.



Comunità Energetiche Rinnovabili (CER)

CRESCENTE INTERESSE per la produzione di BIODIESEL *SISTEMA di ACCUMULO*

Ecosistema Energetico Multimodale

l'energia non viaggia su un
unico binario

BIODIESEL ponte tra diversi settori

Settore Trasporto

Trasporto pesante, marittimo,
agricolo, ancora non ben
elettrificati.

Settore Termico

Integrazione con caldaie a
biomassa o sistemi ibridi per il
riscaldamento residenziale e
industriale.

Bilanciamento della rete

Utilizzo del biodiesel in
cogeneratori (CHP) per
produrre energia quando le FER
sono insufficienti.

Sinergia Food-Fuel-Feed

Economia circolare

Biodiesel di seconda e terza
generazione

Recupero oli esausti:

Trasformare un rifiuto (UCO - Used
Cooking Oil) in risorsa, evitando
l'inquinamento delle falde acquifere.

Sottoprodotti:

Glicerolo, utilizzato nell'industria
farmaceutica o chimica: ciclo
economico chiuso.

Integrazione agricola:

Uso di colture (cover crops) che non
entrano in competizione con
l'alimentare, ma proteggono il suolo
tra un raccolto e l'altro.

Decarbonizzazione

Ready to use

Immediata sinergia con
quanto già esiste

Compatibilità Infrastrutturale

utilizzo della rete di
distribuzione attuale

Utilizzo nei motori diesel moderni

- FAME in miscela
- HVO puro

Abbattimento CO₂

Riduzione dei gas serra dal
60% al 90% rispetto al diesel
fossile, lungo tutto il ciclo di
vita (LCA)

Sicurezza energetica e Diversificazione

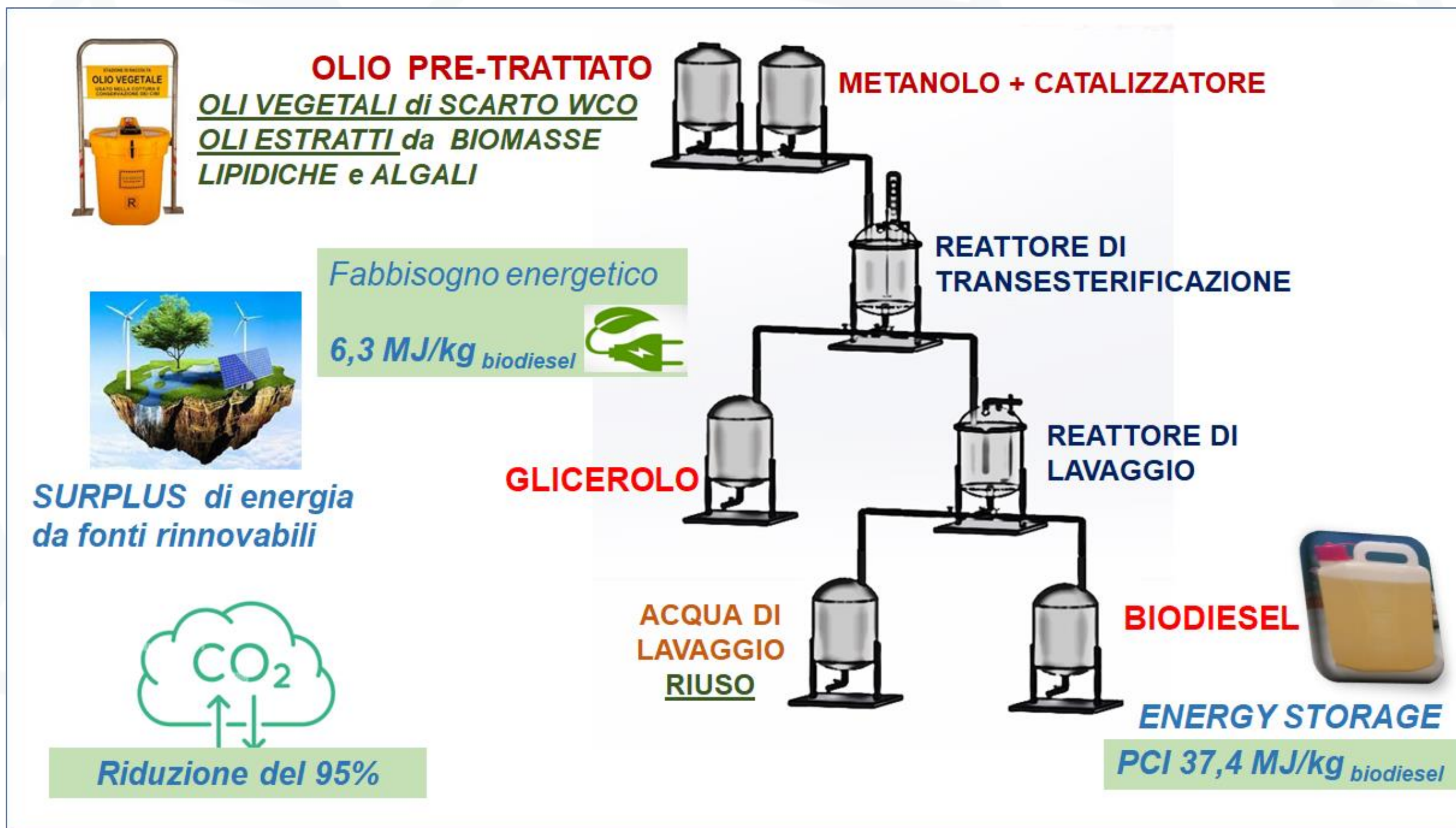
Diversità -resilienza

Indipendenza dai combustibili fossili

Riduce la dipendenza
geopolitica dalle
importazioni di petrolio

Produzione locale

Favorisce lo sviluppo di
filieri energetiche a Km
0, dove la biomassa
locale alimenta il
trasporto locale



La produzione di biodiesel da WCO richiede una quantità di energia inferiore a quella che il biodiesel riesce a fornire nella combustione. Il bilancio energetico della filiera di produzione del combustibile, risulta positivo.

Accumulo di Energia.

Energia complessiva consumata / energia disponibile = 16,74%
 Energia elettrica consumata / energia disponibile = 4,30%
 Energia termica (come metano alimentato) / potenza disponibile = 12,44%



Valutazione economica, tecnica e sociale

mediante



Green Chemistry

basati su:

- ✓ **massa**
- ✓ **efficienza energetica**
- ✓ **impatto ambientale**



Green Chemistry Pocket Guide

The 12 Principles of Green Chemistry

Provides a framework for learning about green chemistry and designing or improving materials, products, processes and systems.

1. Prevent waste
2. Atom Economy
3. Less Hazardous Synthesis
4. Design Benign Chemicals
5. Benign Solvents & Auxiliaries
6. Design for Energy Efficiency
7. Use of Renewable Feedstocks
8. Reduce Derivatives
9. Catalysis (vs. Stoichiometric)
10. Design for Degradation
11. Real-Time Analysis for Pollution Prevention
12. Inherently Benign Chemistry for Accident Prevention

www.acs.org/greenchemistry

ACS Chemistry for Life[®] ACS Green Chemistry Institute[®]

The 12 Principles of Green Engineering

- Principle 1:** Designers need to strive to ensure that all material and energy inputs and outputs are as inherently nonhazardous as possible.
- Principle 2:** It is better to prevent waste than to treat or clean up waste after it is formed.
- Principle 3:** Separation and purification operations should be designed to minimize energy consumption and materials use.
- Principle 4:** Products, processes, and systems should be designed to maximize mass, energy, space, and time efficiency.
- Principle 5:** Products, processes, and systems should be "output pulled" rather than "input pushed" through the use of energy and materials.
- Principle 6:** Embedded entropy and complexity must be viewed as an investment when making design choices on recycle, reuse, or beneficial disposition.
- Principle 7:** Targeted durability, not immortality, should be a design goal.
- Principle 8:** Design for unnecessary capacity or capability (e.g., "one size fits all") solutions should be considered a design flaw.
- Principle 9:** Material diversity in multicomponent products should be minimized to promote disassembly and value retention.
- Principle 10:** Design of products, processes, and systems must include integration and interconnectivity with available energy and materials flows.
- Principle 11:** Products, processes, and systems should be designed for performance in a commercial "afterlife".
- Principle 12:** Material and energy inputs should be renewable rather than depleting.

Bilanciamento tra sostenibilità ambientale e sfide tecniche/economiche

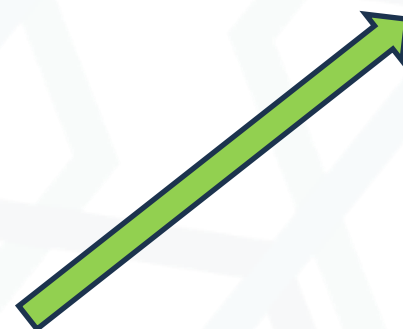
Green Engineering

Valutazione dati mediante metodo FUZZY LOGIC (scelta dei criteri e della gerarchia)

Sinergie Rinnovabili: L'Integrazione del Biodiesel in un Ecosistema Energetico Multimodale

Vincenza Calabrò, Catia Giovanna Lopresto

UNICAL



TECH4YOU

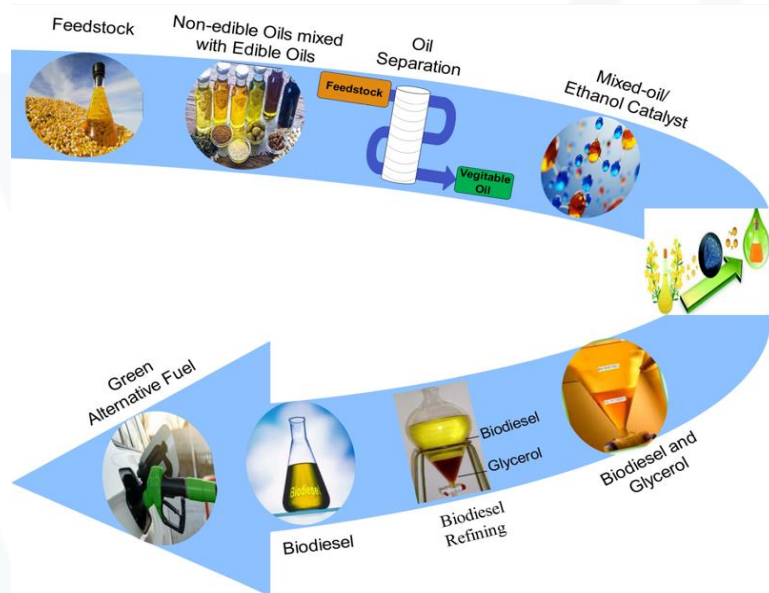
The more you change, the less climate changes.

GRAZIE

NUOVE SFIDE.....

- Potenziare ed ottimizzare la raccolta domestica dei WCO
- Ottimizzare i processi di produzione
- Introdurre innovazioni di processi e prodotti
- Individuare altre fonti lipidiche
- Potenziare le Smart GRID e le CER

BIODIESEL TRIPLE COUNTING





Technologies for climate change adaptation and quality of life improvement

Soluzioni tecnologiche per la decarbonizzazione profonda del sistema energetico e il riutilizzo di scarti e rifiuti

Progetto pilota

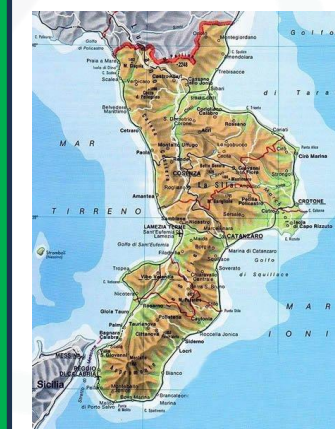
Soluzioni per le comunità energetiche: sistemi di accumulo, biocombustibili, energia rinnovabile, energia da moto ondoso e combustibili da olio di scarto alimentare

Azione 2

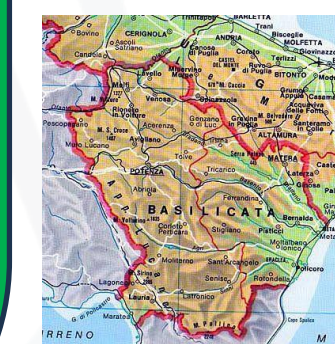
Soluzioni tecnologiche a supporto dei processi di conversione di olio esausto in biodiesel



TECH4YOU
The more you change, the less climate changes.



Sistema Integrato di Laboratori per l'Ambiente



Ecosistema energetico multimodale modello avanzato di gestione dell'energia

Integrazione tra diverse fonti (sole, vento, biomasse, idrogeno) e diversi vettori (elettricità, calore, combustibili)

Coordinazione mediante rete intelligente o SMART GRID per garantire che l'energia sia sempre disponibile, pulita e al minor costo possibile

INTEGRAZIONE

Integrazione delle fonti *Multi-source*

Fonti energetiche rinnovabili (FER) non sono fonti continue

Biodiesel, energia da biomassa, sono fonti programmabili

Integrazione dei vettori *Sector Coupling*

Cuore della multimodalità

Energia cambia in base alla necessità

Bio-to-Power:

Il biodiesel viene usato in motori cogenerativi per produrre contemporaneamente elettricità e calore.

Power-to-Gas/Liquid:

L'elettricità in eccesso viene usata per produrre idrogeno o carburanti sintetici.

Power-to-Heat:

L'elettricità alimenta pompe di calore per il teleriscaldamento.

Integrazione dei trasporti *Multi-Modal Transport*

Il sistema energetico supporta diversi modi di muoversi

I **veicoli leggeri** usano la rete elettrica.

I mezzi **pesanti**, le navi o le macchine agricole usano il **biodiesel** o l'idrogeno.

*Tutti attingono però da una **strategia di decarbonizzazione comune.***

*In un ecosistema multimodale il Biodiesel costituisce un SISTEMA di ACCUMULO
Biodiesel come "batteria liquida"*

BIODIESEL

FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) è il biodiesel "tradizionale", ottenuto per **transesterificazione** (usando metanolo)

HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*) è il cosiddetto "diesel rinnovabile" ottenuto per **idrogenazione**, il che lo rende chimicamente quasi identico al diesel fossile



Per produrre **1 litro di biodiesel FAME**, sono necessari circa **1,1 litri di olio esausto**.

Durante la raffinazione si perde tra il **10% e il 15%** del volume iniziale. Da 1.000 kg di olio si ottengono circa 900 kg di biodiesel e circa **100 kg di glicerina grezza**, riutilizzata nell'industria chimica o cosmetica

*Un solo ristorante di medie dimensioni può produrre abbastanza olio in un anno per far percorrere a un furgone a biodiesel oltre **2.000 km***

PRO

Impronta ecologica

Ciclo di CO₂ quasi chiuso

Alto potere lubrificante

Ridotta usura delle pompe di iniezione

Stoccaggio

È più facile ed economico stoccare energia sotto forma di biodiesel per mesi rispetto all'uso di batterie al litio

Flessibilità

Può essere trasportato dove la rete elettrica non arriva (cantieri, zone rurali, navi in mare aperto).

CONTRO (FAME)

Ridotta stabilità

Prodotto organico soggetto a deterioramento (umidità, alterazione microbiologica)

Cloud point

A basse temperature, climi rigidi, richiede aggiunta di diesel fossile o additivi, per evitare solidificazione.



Caratteristica	Biodiesel (HVO / FAME)	Diesel Fossile
Origine	Fonti rinnovabili (oli vegetali, grassi animali, oli esausti).	Petrolio greggio (fonte fossile finita).
Emissioni CO ₂	Ridotte del 60-90% (calcolate sull'intero ciclo di vita).	Elevate (rilascio di carbonio stoccato nel sottosuolo).
Biodegradabilità	Alta: si decompone rapidamente e non è tossico.	Bassa: altamente inquinante per suolo e falde acquifere.
Potere Lubrificante	Eccellente: prolunga la vita dei componenti del motore.	Scarso (richiede additivi dopo la rimozione dello zolfo).
Contenuto di Zolfo	Praticamente nullo (zero emissioni di SOx).	Presente (anche se ridotto nelle versioni moderne).
Punto di Infiammabilità	Elevato (>130°C): più sicuro da trasportare e stoccare.	Più basso (~52°C): maggiore rischio di incendio.
Resistenza al Freddo	Svantaggio: tende a gelare o addensarsi a basse temperature.	Ottima (con additivi invernali standard).
Efficienza Energetica	Leggermente inferiore (~5-8% di energia in meno per litro).	Standard di riferimento per densità energetica.
Costo	Generalmente più alto (legato ai costi delle materie prime).	Generalmente più basso, ma instabile (geopolitica).
Stoccaggio	Può degradarsi se conservato per lunghi periodi (ossidazione).	Molto stabile, può essere conservato per anni.

Uso di WCO invece di oli freschi consente un risparmio di CO₂ fino al 90%, contro il 60% degli oli freschi

Il Biodiesel da WCO è DOUBLE COUNTING, vale il doppio nel calcolo dell'energia rinnovabile.

WCO versato negli scarichi è altamente inquinante: 1 litro d'olio può inquinare fino a 1 milione di litri d'acqua

Caratteristica	Biodiesel FAME	HVO (Renewable Diesel)
Composizione Chimica	Esteri (contiene ossigeno).	Idrocarburi paraffinici (senza ossigeno).
Compatibilità Motore	Generalmente miscelato (es. B7 o B10). Oltre il 10-20% richiede modifiche. <i>Potrebbe agire come solvente, staccando le incrostazioni e intasando i filtri.</i>	Drop-in fuel: compatibile al 100% con motori diesel moderni (XTL). Non rovina le guarnizioni. Non crea depositi. <i>Approvato per i camion (Volvo).</i>
Stabilità allo Stoccaggio	Scarsa: tende a ossidarsi e ad attirare umidità (fanghi).	Eccellente: stabile quanto il diesel fossile , ideale per stoccaggi lunghi.
Resistenza al Freddo	Limitata: crystalizza a temperature vicine allo zero.	Ottima: può resistere fino a -20°C o -30°C .
Numero di Cetano	Discreto (circa 50-55).	Elevatissimo (70-90): combustione più efficiente e silenziosa.
Emissioni allo Scarico	Riduce CO₂ , ma può aumentare leggermente gli NOx.	Riduce CO₂ , particolato (PM) e anche gli NOx.
Costo di Produzione	Più economico e semplice da produrre.	Più costoso (richiede impianti complessi e idrogeno).



Obiettivi Agenda 2030

Energia da fonti rinnovabili 42,5%

Unione Europea: principale produttore e consumatore di FAME, 37% del mercato (Germania leader, 31% mercato europeo)

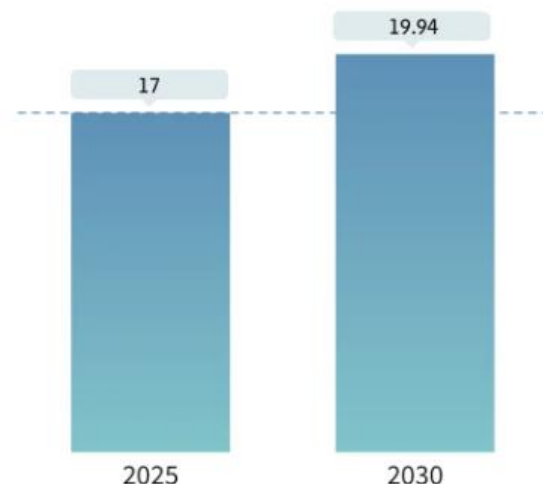
USA: leader mondiali di biofuels liquidi, 40% del mercato

Brasile: 24% del mercato, stabile, basato sulla soia

Indonesia: principale produttore basato su olio di palma.

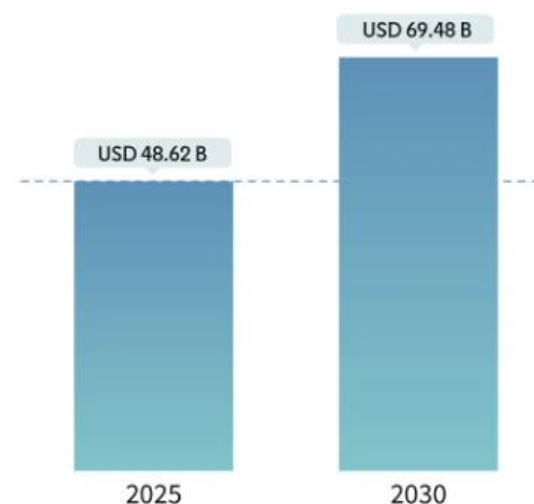
Nel febbraio 2025, l'Unione Europea ha introdotto dazi definitivi (dal 10% al 35,6%) sulle importazioni di biodiesel dalla Cina per proteggere la produzione interna di FAME e HVO.

Europe Biodiesel Market
Market Size in Billion Liters
CAGR 3.24%



Source: Mordor Intelligence

Biodiesel Market
Market Size in USD Billion
CAGR 7.40%



Source: Mordor Intelligence

Mercato Europeo e Mondiale del Biodiesel Stime di crescita

Nel mondo (2026): Il mercato globale dei WCO è valutato intorno ai **7,9 miliardi di dollari**. Oltre il **50%** di tutto l'olio esausto raccolto globalmente viene destinato esclusivamente alla produzione di biodiesel e HVO.

In Europa: Gran parte del biodiesel prodotto in UE utilizza una miscela dove il WCO rappresenta una quota crescente, spinta dalle normative che penalizzano l'olio di palma e di soia.

In Italia (Dati CONOE 2025): Il Consorzio Nazionale (CONOE) raccoglie circa **80.000-90.000 tonnellate** di olio all'anno. Di queste, circa il **90%** viene trasformato in biodiesel.

Anno	Quota HVO	Quota FAME
2025	21%	~ 79%
2027 (prev.)	23%	~ 77%

Comunità Energetiche Rinnovabili (CER)

Alleanze locali tra cittadini, imprese ed enti pubblici

Finalità:

produrre, condividere e consumare energia rinnovabile, riducendo i costi in bolletta e l'impatto ambientale.



PRODUTTORE
Produzione di energia da FER

PROSUMER
Produce e consuma energia da FER

CONSUMATORE
Consuma energia da FER generando la tariffa incentivante

Basate sull'autoconsumo locale, offrono vantaggi economici e incentivi, specialmente nei comuni sotto i 50.000 abitanti.

Modello CER

*In una comunità energetica, il ruolo del consumatore cambia:
da utente passivo che paga la bolletta a "prosumer" (produttore + consumatore).*

Produzione: Si installano impianti (fotovoltaico sul tetto del comune, un piccolo impianto a biomassa/biodiesel di una ditta locale, o eolico).

Condivisione: L'energia prodotta viene **immessa in rete**. Grazie a contatori intelligenti, il sistema calcola quanta energia viene consumata dai membri della comunità nello stesso momento in cui viene prodotta.

Incentivazione: Lo Stato riconosce una tariffa premio per l'energia **condivisa**, che viene poi ridistribuita tra i membri per abbassare le bollette o finanziare progetti sociali.

Il Biodiesel nelle Comunità Energetiche

Il biodiesel gioca un ruolo cruciale nella multimodalità della comunità.

Continuità Energetica: Se la comunità ha un generatore a biodiesel (o un impianto di cogenerazione), può produrre energia anche di notte o d'inverno, quando il solare cala. Questo rende la comunità più autonoma.

Gestione dei Rifiuti Locali: Una comunità può raccogliere l'olio da cucina esausto dei residenti e dei ristoranti locali, trasformarlo in biodiesel e usarlo per alimentare i mezzi di soccorso del comune o lo scuolabus.

Teleriscaldamento: Il calore generato dalla combustione del biodiesel nei motori della CER può essere recuperato per riscaldare la palestra comunale o una scuola (sinergia elettrico-termica).

Un esempio reale: un borgo

1. Il **Comune** mette il tetto della scuola per il fotovoltaico.
2. L'**Agricoltore locale** fornisce biomasse o biodiesel per un generatore comune.
3. **Le Famiglie** consumano l'energia durante il giorno.
4. L'**Azienda di trasporti** locale usa il biodiesel in eccesso per i suoi camion.

Un esempio pratico: La "Smart Farm"

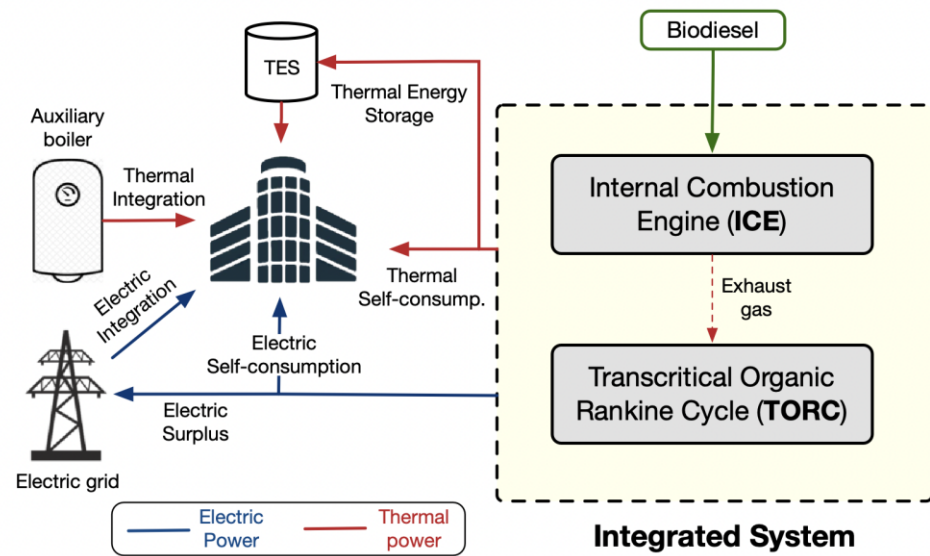
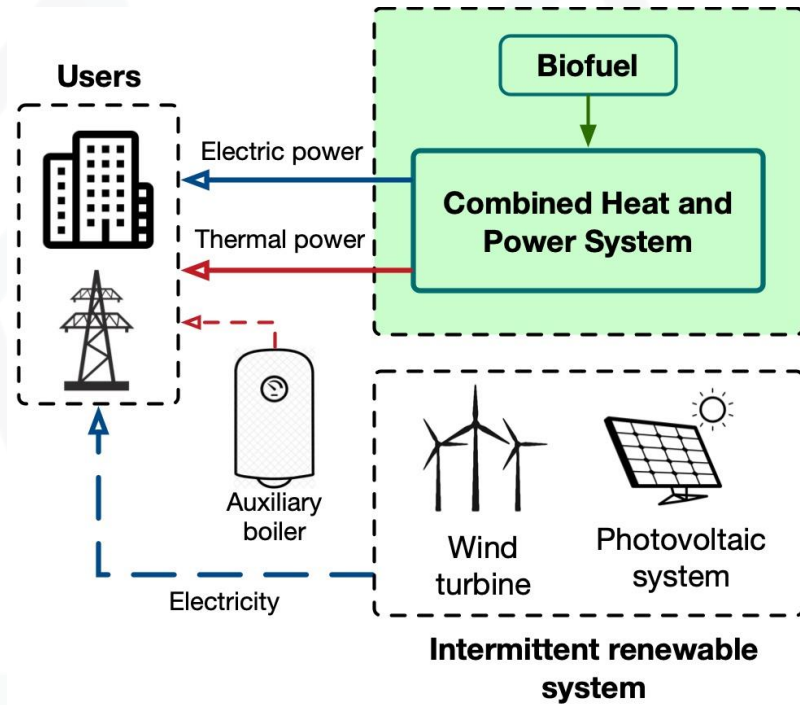
Un'azienda agricola moderna:

1. Produce **energia solare** dai tetti delle stalle.
2. Usa l'energia solare per alimentare i sistemi di irrigazione.
3. Coltiva piante da cui estrae **biodiesel**.
4. Usa il biodiesel per i **trattori** (trasporto pesante) e per un generatore che produce calore per le serre durante la notte.

In questo scenario, la CER è il "cervello" che coordina questi scambi, trasformando un semplice gruppo di vicini in una vera e propria **centrale elettrica diffusa**.

In un ecosistema energetico multimodale ogni fonte di energia ha una propria produzione ed un proprio utilizzo, coordinati e ripartiti mediante una **rete intelligente o Smart Grid**, per garantire che l'energia sia sempre disponibile, pulita e al minor costo possibile

Biodiesel come sistema di accumulo di energia nella SMART GRID



Distribution Network

