



ENERGIA E AMBIENTE: QUAL È LA MIGLIORE TECNOLOGIA SU CUI INVESTIRE?



Laureando: Pasetto Simone

Relatore: Prof. Benato Alberto

Data: 14/07/2022

INTRODUZIONE

- L'interesse per gli argomenti trattati in questo studio nasce dalla realtà che circonda il luogo in cui vivo.
- Tale interesse poi si è intensificato con la conoscenza di una famiglia di agricoltori che hanno innovato i loro processi mediante un impianto biogas.
- Ho cominciato pertanto la ricerca di informazioni, e un paragone di confronto per capire se effettivamente conveniva a livello di emissioni.
- Così ho conosciuto il campo della produzione del biogas, di biodiesel e di olio vegetale puro.

SOMMARIO

➤ BIOGAS

- METODOLOGIA DI ANALISI DEI DATI DISPONIBILI
- MODALITÀ DI CALCOLO E ANALISI DI BILANCI
 - Calcolo bilancio ambientale
 - Calcolo bilancio energetico
 - Bilancio di massa
 - Bilancio energetico
 - Bilancio ambientale
 - Confronto tra gli impianti

➤ BIODIESEL E «OVP»

- BREVE INTRODUZIONE
- OLIO VEGETALE
- FILIERE DI PRODUZIONE DI OLI VEGETALI PURI
- BIODIESEL
- ESEMPI DI IMPIEGHI DI BIOCARBURANTI
- FILIERE
- BILANCIO ENERGETICO ED AMBIENTALE
- CONSIDERAZIONI FINALI

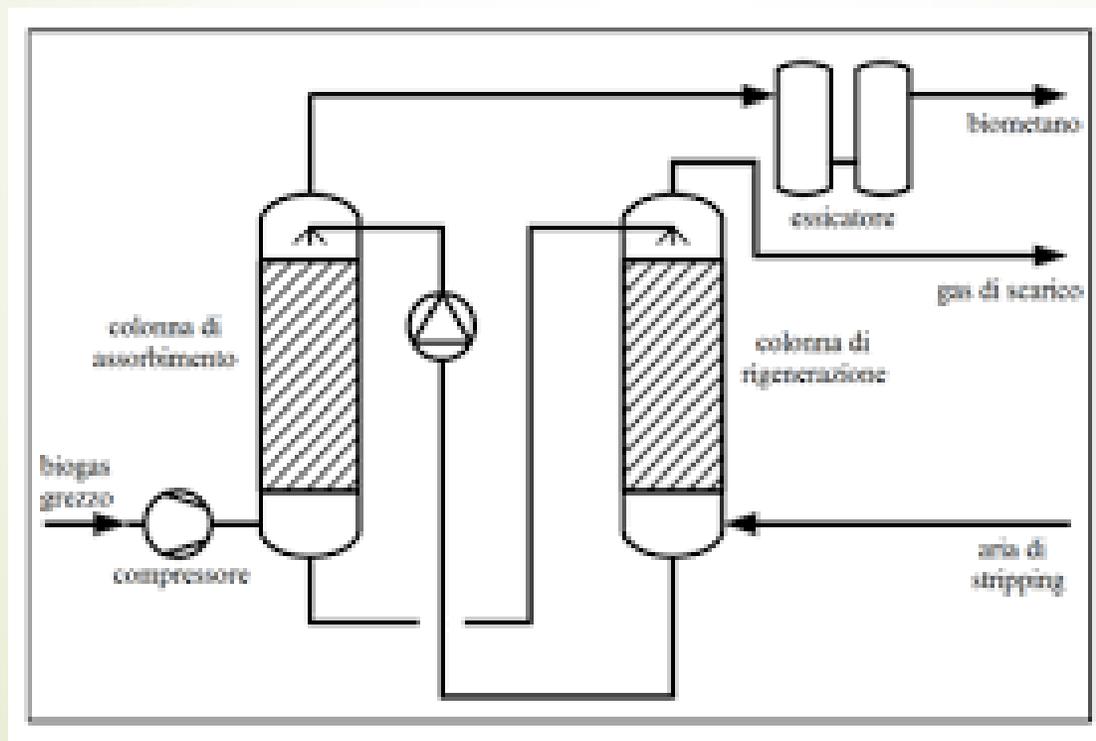
➤ CONCLUSIONE



BIOGAS

METODOLOGIA DI ANALISI DEI DATI DISPONIBILI

- FLUSSO DI MASSA: $1,1 \text{ Kg/m}^3$
- ARIA DURANTE DESOLFORIZZAZIONE: 2%
- RAPPORTO STECHIOMETRICO: 1:5,5
- TENORE DI METANO: 60%
- ECCESSO DI OSSIGENO: 1,45 (9,5 kg d'aria per ogni kg di biogas)



MODALITÀ DI CALCOLO E ANALISI DEI BILANCI

► CALCOLO BILANCIO AMBIENTALE

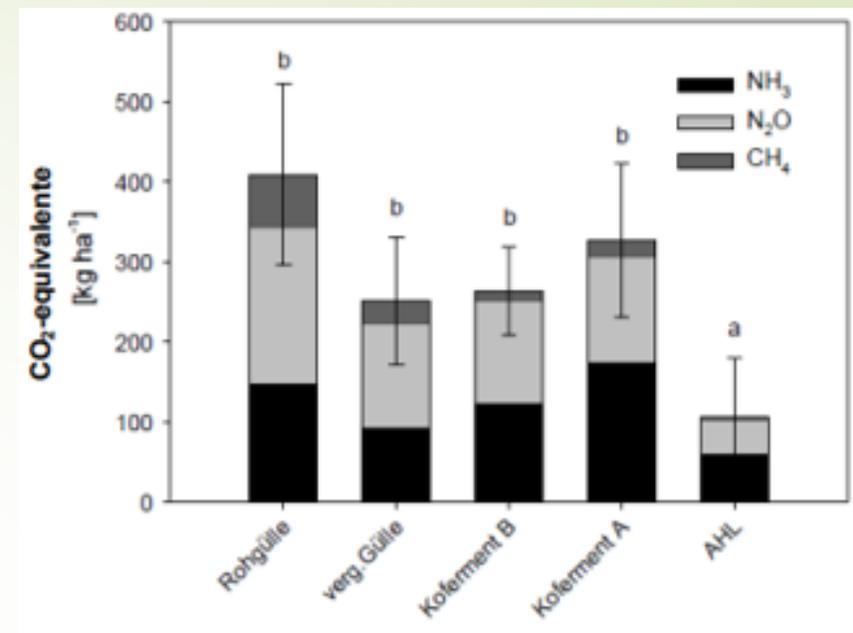
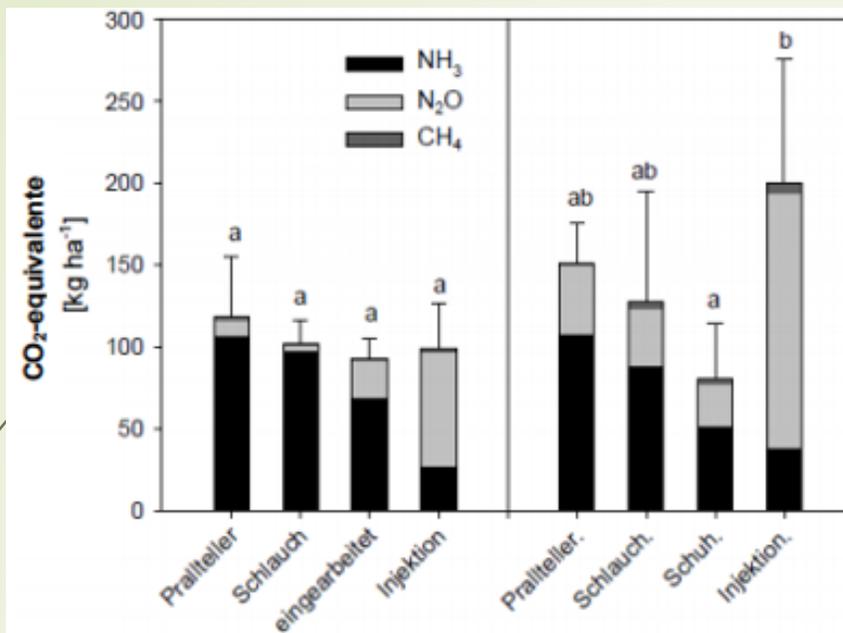
- Conversione gas espulsi in CO₂ equivalente

Gas ad effetto serra	Emissioni di CO ₂ equivalente ³ [kg CO ₂ -eq / kg gas]
Biossido di carbonio (CO ₂)	1
Metano (CH ₄), da fonte fossile	27,75
Metano (CH ₄), da fonte rinnovabile	25
Monossido di diazoto (N ₂ O)	298

- Emissioni causa stoccaggio e trasporto della biomassa, realizzazione ed esercizio dell'impianto, produzione e valorizzazione del biogas, post-stoccaggio e spargimento

Mezzo di trasporto	Consumo di combustibile	Consumo di combustibile aggiuntivo	Fattore di emissione [kg CO ₂ /l]
trattore	10,5 l/h	+ 30% per caricamento con 2 trattori	2,62
autobotte	35 l/100 km	+ 20% per carico e scarico	2,62

Emissioni per kg di biogas	U.d.M.	Motore ad accensione spontanea			160 kW _{el} con cataliz.	motore a miscela povera
		biogas	diesel	totale		
Volume gas di scarico (calc.)	[l]	2591,4	166,3	2757,7	2591,4	2591,4
Quantità di diesel	[kg]	0	0,04	0,05	0	0
CO ₂	[g]	1740	155	1890	1740	1740
NO _x come NO ₂	[g]	1,04	0,07	1,15	0,42	0,81
CO	[g]	2,59	0,17	2,83	1,06	1,09
SO _x come SO ₂	[g]	0,64	0,16	0,87	0,64	0,64
CH ₄	[g]	0,053	0,003	0,058	0,053	0,053



Trattamento	NH ₃		CH ₄		N ₂ O		Gas ad effetto serra [% CO ₂ eq]
	[g/m ³]	%	[g/m ³]	%	[g/m ³]	%	
nessun trattamento	227	100	4047	100	24	100	100
separazione	403	178	2363	58	29	120	63
digestione	230	101	1345	33	31	130	41
copertura con paglia	320	141	4926	122	53	220	130
aerazione	423	186	1739	43	54	227	58

MODALITÀ DI CALCOLO E ANALISI DEI BILANCI

► CALCOLO BILANCIO ENERGETICO

- Raccoglie anche i benefici energetici dalla digestione a cui si sottraggono i consumi nelle varie fasi
- Si suddivide in consumo elettrico e termico dell'impianto, trasporto residui e produzione energetica

Parametro	U.d.M.	Valore
Potere calorifico gasolio	[kWh/l]	9,85
Fattore di conversione del MWh termico in tep	[tep/MWh]	0,086
Fattore di conversione del MWh elettrico in tep	[tep/MWh]	0,187

- L'impianto biogas impiega materie biologiche di scarto di origine sia animale che vegetale per produrre metano, che verrà bruciato per la produzione di energia elettrica e termica

MODALITÀ DI CALCOLO E ANALISI DEI BILANCI

► BILANCIO DI MASSA

► IMPIANTO DI PICCOLA TAGLIA

Matrici	2009 [t/a]	2010 [t/a]	Media [t/a]	Percentuale [%]
Substrati				
Liquame bovino	931,0	940,0	935,5	95,4
Letame bovino	16,8	16,0	16,4	1,7
Insilato di mais GPS	14,4	16,0	15,2	1,5
Subtotale	962,2	972	967,1	98,6
Co-substrati				
Bucchette di mela	12,1	8	10,1	1,0
Sfalcio di prati	1,6	1,2	1,4	0,14
Resti di alimenti	1,2	1,2	1,2	0,12
Grasso vecchio di alimenti	1,1	1,1	1,1	0,11
Subtotale	16,0	11,5	13,8	1,4
Totale	978,2	983,5	980,85	100

	Ingresso [t/a]	Uscita [t/a]
Pretrattamenti e digestore		
Substrati in ingresso	967	
Co-substrati	14	
Biogas		52
Digestato		929
Totale	981	981
Cogeneratore		
Biogas	52	
Aria comburente	466	
Gas di scarico		518
Totale	518	518

► IMPIANTO DI MEDIE DIMENSIONI

Matrici	2009 [t/a]	2010 [t/a]	Media [t/a]	Percentuale [%]
Substrati				
Liquame bovino	9.800	10.233	10.017	64,4
Letame bovino	4.900	5.117	5.008	32,2
Somma parziale	14.700	15.350	15.025	97
Co-substrati				
	540	540	540	3,5
Totale	15.240	15.890	15.565	100

	Ingresso [t/a]	Uscita [t/a]
Pretrattamenti e digestore		
Liquami	10.017	
Letami	5.008	
Cofermenti	540	
Biogas		946
Digestato		14.619
Somma	15.565	15.565
Cogeneratore		
Biogas	946	
Aria comburente	8.273	
Gas di scarico		9.219
Totale	9.219	9.219

MODALITÀ DI CALCOLO E ANALISI DEI BILANCI

► BILANCIO ENERGETICO

► IMPIANTO DI PICCOLA TAGLIA

Parametro	U.d.M.	Valori
Potenza elettrica cogeneratore	KW	18,5
Biogas prodotto	m ³ /a	47.569
Contenuto di metano in biogas	%	56
Potere calorifico biogas	kWh/m ³	5,52
Energia nel biogas	kWh/a	256.873
Energia elettrica prodotta:	kWh/a	71.422
- autoconsumata	kWh/a	2.400
- immessa in rete	kWh/a	69.022
Rendimento elettrico	%	27,2
Energia termica prodotta:	kWh/a	102.504
- autoconsumata	kWh/a	55.411
- valorizzata esternamente	kWh/a	46.704
- dissipata	kWh/a	389
Energia termica non valorizzabile	kWh/a	84.519
Ore annue di esercizio	h/a	5.351

► IMPIANTO DI MEDIE DIMENSIONI

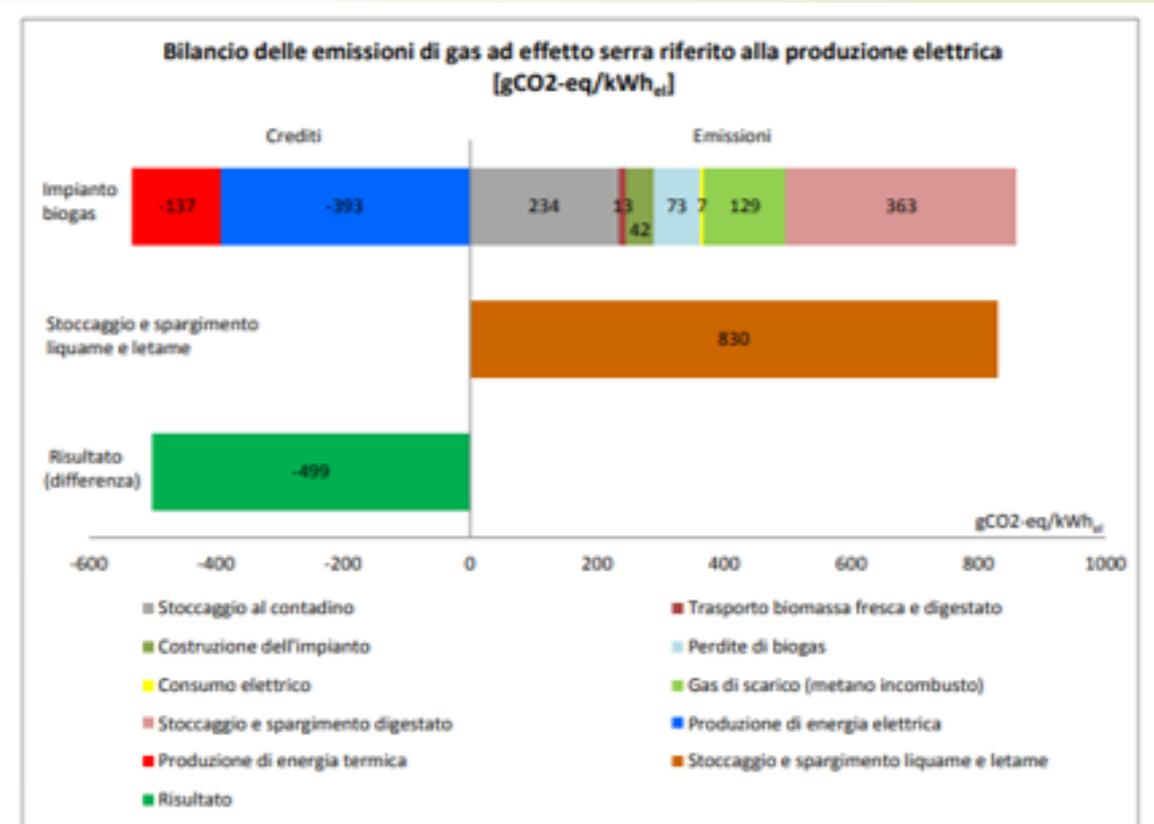
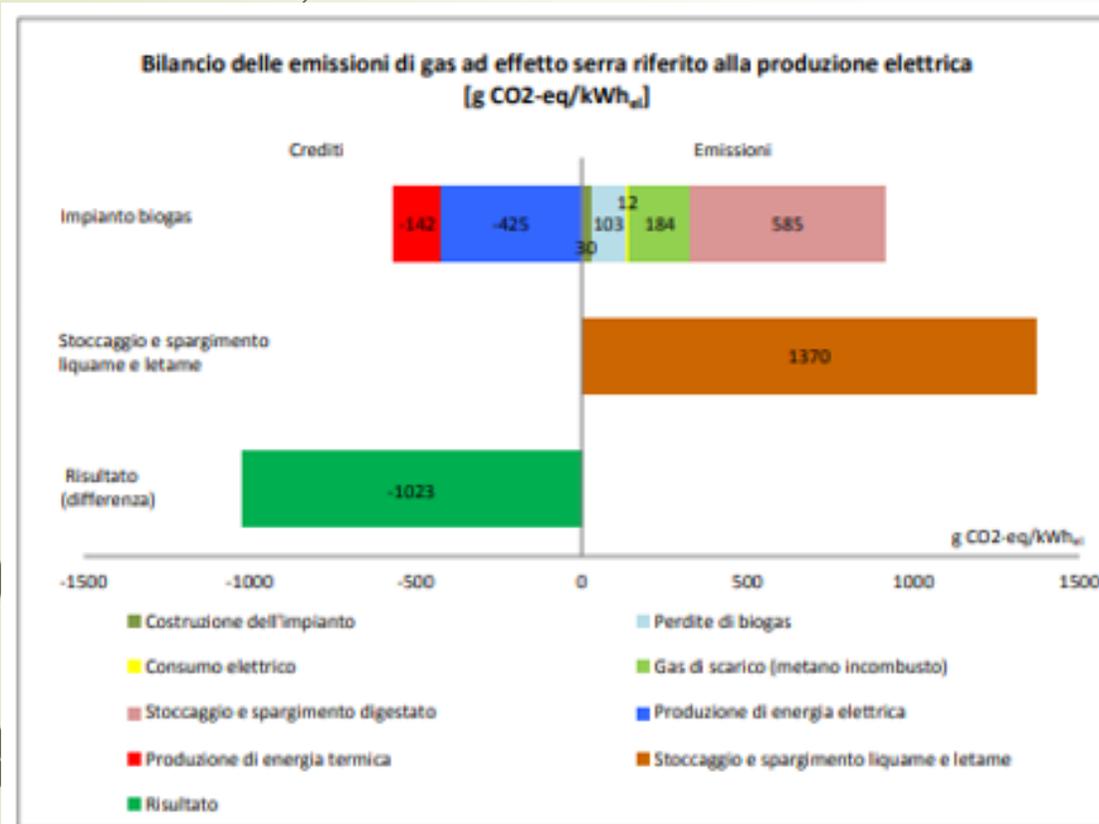
Parametro	U.d.M.	Valori
Potenza elettrica cogeneratore	kW	2x190
Biogas prodotto	m ³ /a	860.313
Contenuto di metano in biogas	%	56
Potere calorifico biogas	kWh/m ³	5,4
Energia termica nel biogas	kWh/a	4.645.692
Energia elettrica prodotta:	kWh/a	1.811.820
- autoconsumata	kWh/a	172.287
- immessa in rete	kWh/a	1.616.891
- non valorizzabile (perdite di trasformazione)	kWh/a	22.648
Rendimento elettrico	%	39,0
Energia termica prodotta:	kWh/a	1.951.191
- autoconsumata	kWh/a	760.751
- valorizzata esternamente	kWh/a	1.190.440
- dissipata	kWh/a	882.682
Rendimento termico	%	42,0
Energia termica non valorizzabile	kWh/a	882.682
Ore annue di esercizio	h/a	5.076

MODALITÀ DI CALCOLO E ANALISI DEI BILANCI

➤ BILANCIO AMBIENTALE

➤ IMPIANTO DI PICCOLA TAGLIA

➤ IMPIANTO DI MEDIE DIMENSIONI



MODALITÀ DI CALCOLO E ANALISI DEI BILANCI

► CONFRONTO TRA GLI IMPIANTI

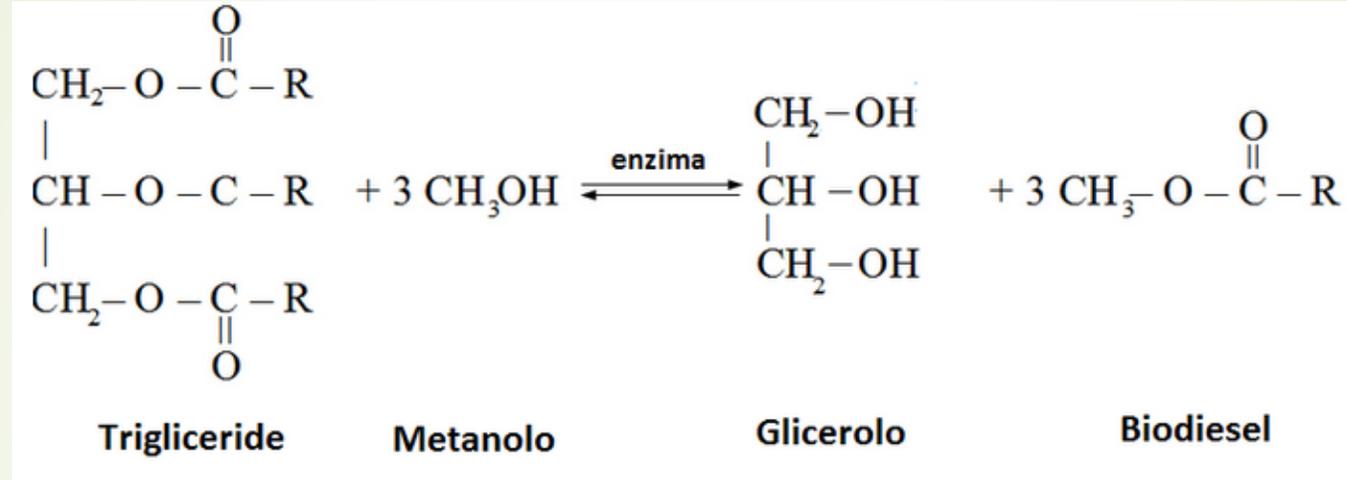
- Riguardo il bilancio di massa è ovvia la maggiore mole che fluisce nell'impianto di medie dimensioni, con prevalenza nel secondo di impiego di rifiuti animali e vegetali (3,5% contro l'1,4%)
- Per il bilancio energetico invece, nonostante il potere calorifero simile, il rendimento è maggiore nell'impianto di medie dimensioni: sia a livello elettrico (9,5% contro 27,8%) che termico (39% contro 54%) di energia auto-consumata
- Infine, per il bilancio ambientale, per la proporzione dei mezzi utilizzati conviene l'impianto di medie dimensioni, ma lo stoccaggio causa maggiori emissioni sia di metano che di anidride carbonica rispetto a quello di piccola taglia
- La scelta quindi ricade sull'impianto di dimensioni maggiori, quindi tutto dipende dalla disponibilità economica dell'azienda agricola se riesce a sostenere un tale investimento



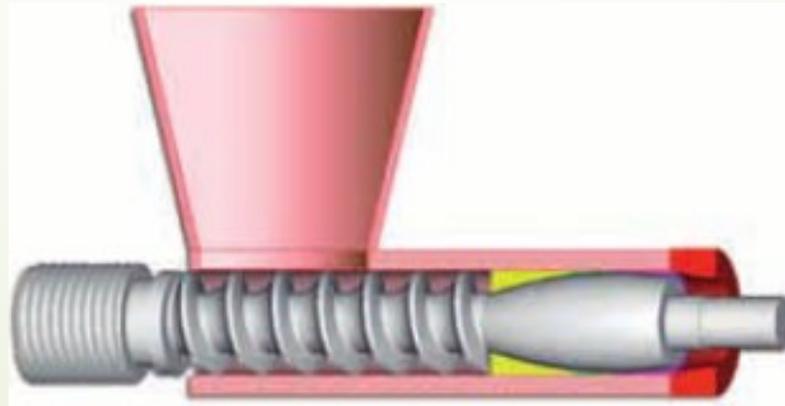
BIODIESEL E «OVP»

BREVE INTRODUZIONE

- Il biodiesel è una fonte rinnovabile per la produzione di energia che sfrutta un processo chimico chiamato «transesterificazione»



- L'olio vegetale ricavato dalla coltivazione di piante specifiche (es. colza e girasole)

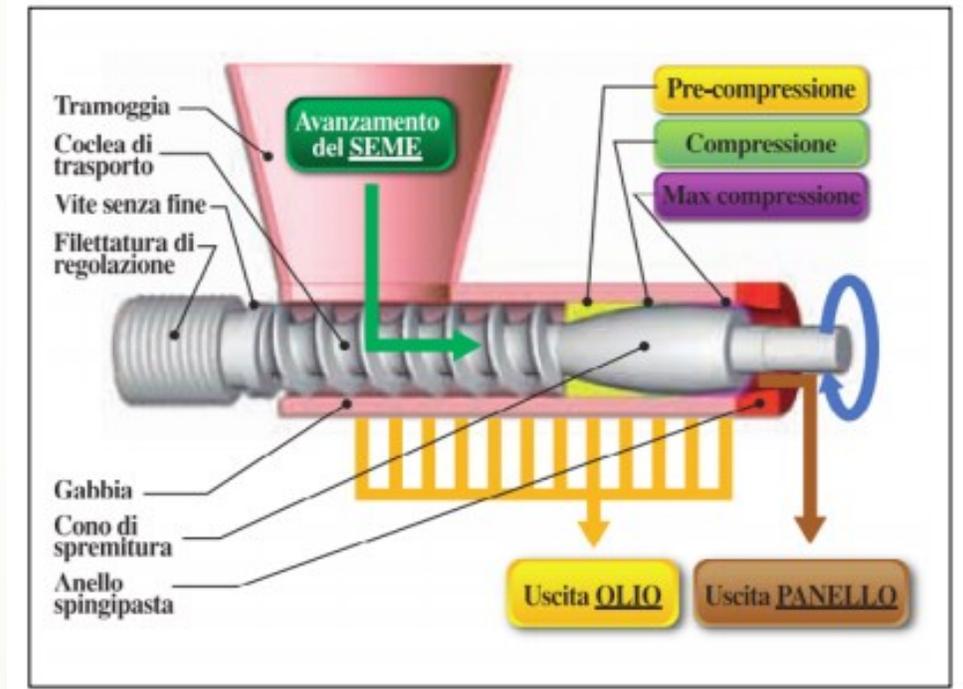


OLIO VEGETALE

- ▶ Ottenuto tramite la spremitura dei semi di piante oleaginose
- ▶ La coltura varia se si utilizza colza o girasole, come la quantità d'acqua, la temperatura e il momento della coltura
- ▶ Il girasole preferisce un temperatura tra i 18-22°C, con 1 kg d'acqua ogni 2 gg; il momento della semina quindi sarà primavera. La raccolta avviene con bassa umidità, foglie secche e stelo bruno. Lo stoccaggio avviene al massimo per 6 mesi con una umidità interna inferiore all'8%
- ▶ La colza necessita invece del freddo di maturare, 0°C, con un'alta umidità. La raccolta avviene dopo 2-3 settimane del raggiungimento di una umidità inferiore del 30%. Lo stoccaggio avviene con umidità di circa 9%

FILIERE DI PRODUZIONE DI OLI VEGETALI PURI

- ▶ Le filiere spesso seguono una linea di processi standard per migliorare l'efficienza e la qualità dell'olio e delle filiere
 - ▶ Pulizia
 - ▶ Decorticazione
 - ▶ Macinazione (Laminazione)
 - ▶ Condizionamento
 - ▶ Estrazione
- ▶ Trattamenti per migliorare il prodotto finale
 - ▶ Depurazione
 - ▶ Sedimentazione
 - ▶ Filtrazione
 - ▶ Centrifugazione
 - ▶ Raffinazione dell'olio
 - ▶ Degommazione
 - ▶ Deacidificazione
 - ▶ Decolorazione
 - ▶ Demargarinizzazione



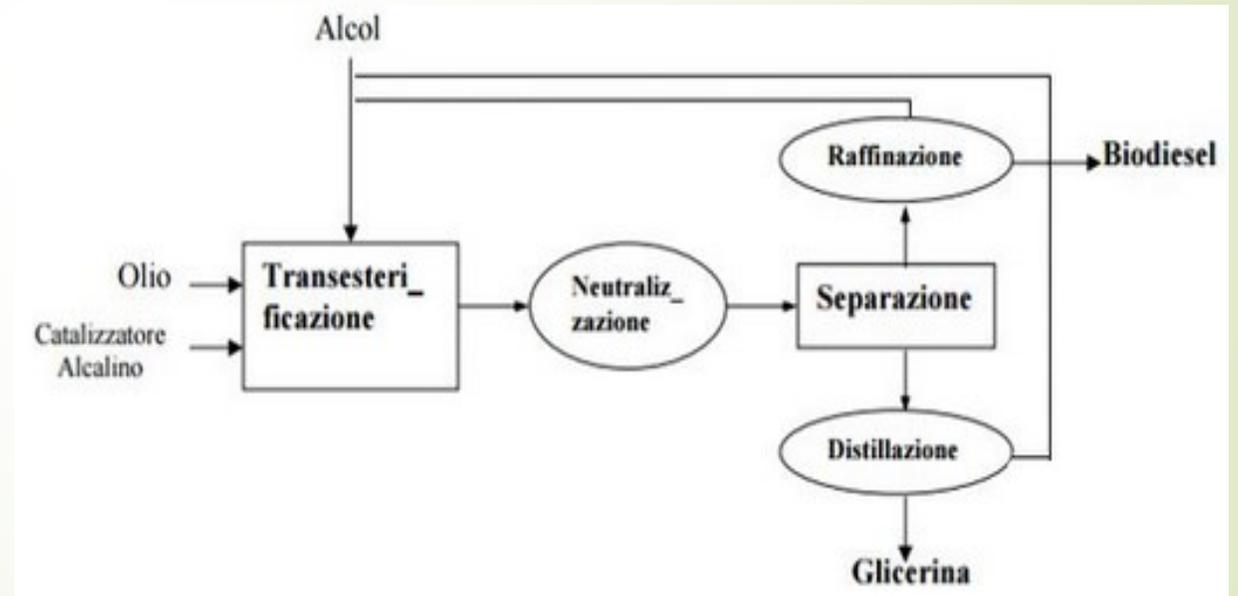
FILIERE DI PRODUZIONE DI OLI VEGETALI PURI

- L'olio estratto ha un'alta viscosità, che causano una minore efficienza degli iniettori
- Inoltre, la temperatura di distillazione indica una maggiore difficoltà nella vaporizzazione del fluido nel cilindro

Olio	Viscosità cinematica	Densità	Punto di infiammabilità	Punto di solidificazione	Temperatura di distillazione	Residuo carbonioso	Numero di cetano	Potere calorifico inferiore
	(mm ² /s) (40°C)	(kg/litro) (15°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)		(MJ/kg)
Arachide	39,0	0,90	271	-6	271	0,24	41,8	37,5
Colza	35,3	0,91	246	-30	246	0,27	37,6	37,1
Palma	42,0	0,92	267	23	267	-	38,0	36,6
Soia	31,5	0,92	254	-12	254	0,23	37,9	36,8
Mais	34,3	0,91	277	-40	277	0,24	37,6	36,8
Jatropha	36,0	0,94	210	4	295	1,00	38,0	36,7
Girasole	34,0	0,92	267	-15	274	0,23	37,0	37,3
Gasolio	2,9	0,85	68	-20	-	0,17	47,0	41,0

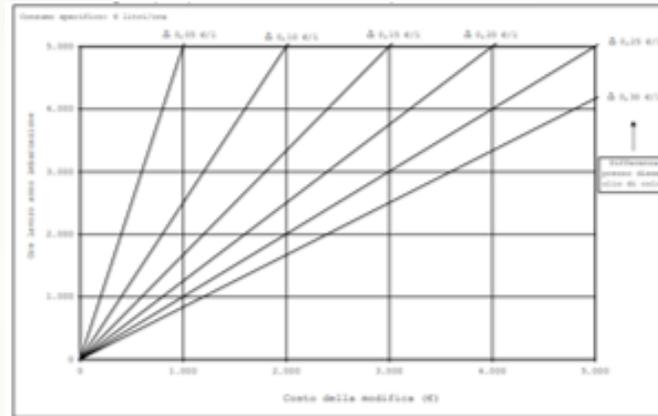
BIODIESEL

- ▶ Biodiesel utilizza olio vegetale sia puro che esausto, quindi evitando inquinamento di pozze d'acqua e proteggendo la fauna locale
- ▶ Si basa sul processo chimico della transesterificazione, che necessita di:
 - ▶ Olio
 - ▶ Catalizzatore alcalino (soda caustica)
 - ▶ Alcol
- ▶ Temperatura di processo: 65°C
- ▶ Utilizzo di aria compressa
- ▶ Neutralizzazione
- ▶ Separazione
- ▶ Raffinazione

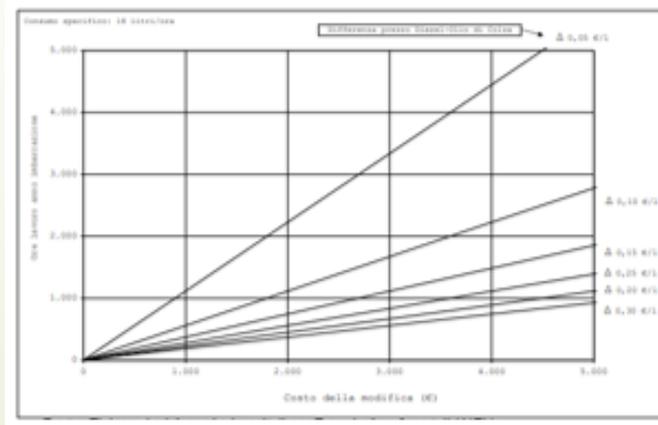


ESEMPI DI IMPIEGHI CON I BIOCARBURANTI

- Un esempio dell'utilizzo del biodiesel è per il funzionamento delle imbarcazioni, come quelle presenti nella Laguna di Venezia. (costo diesel 0,65€/l escluse IVA e accise)
- Bragozzo: 8 m x 2,1 m; consumo medio annuo di 2400 l; 25 CV; costo modifica 1000 €



- Trabaccolo: 18 m x 5,5 m; consumo medio annuo di 3800 l; 180CV; costo modifica 2900 €



ESEMPI DI IMPIEGHI CON I BIOCARBURANTI

- Calcoli di risparmio monetario in base all'acquisto dell'olio (area verde è quella più probabile alla realtà)

		Differenza di prezzo [Diesel - olio vegetale]					
		0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Litri anno consumati	1600	80	160	240	320	400	480
	1650	80	165	248	330	413	495
	1700	85	170	255	340	425	510
	1750	88	175	263	350	438	525
	1800	90	180	270	360	450	540
	1850	90	185	278	370	463	555
	1900	95	190	285	380	475	570
	1950	98	195	293	390	488	585
	2000	100	200	300	400	500	600
	2050	103	205	308	410	513	615
	2100	105	210	315	420	525	630
	2150	108	215	323	430	538	645
	2200	110	220	330	440	550	660
	2250	113	225	338	450	563	675
	2300	115	230	345	460	575	690
	2350	118	235	353	470	588	705
	2400	120	240	360	480	600	720

Bragozzo

		Differenza di prezzo [Diesel - olio vegetale]					
		0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Litri anno consumati	2160	108	216	324	432	540	648
	2260	113	226	339	452	565	678
	2360	118	236	354	472	590	708
	2460	123	246	369	492	615	738
	2560	128	256	384	512	640	768
	2660	133	266	399	532	665	798
	2760	138	276	414	552	690	828
	2860	143	286	429	572	715	858
	2960	148	296	444	592	740	888
	3060	153	306	459	612	765	918
	3160	158	316	474	632	790	948
	3260	163	326	489	652	815	978
	3360	168	336	504	672	840	1008
	3460	173	346	519	692	865	1038
	3560	178	356	534	712	890	1068
	3660	183	366	549	732	915	1098
	3760	188	376	564	752	940	1128
3810	191	381	572	762	953	1143	

Trabaccolo

FILIERE

- ▶ Prima analisi su filiere ad «UCO» (olio alimentare esausto), con gradi di miscelazione pari al 10%, 20% e 30%:
 - ▶ 10%: privati 140 t; pubblici 990 t;
 - ▶ 20% privati 280 t; pubblici 1960 t;
 - ▶ 30% privati 420 t; pubblici 2940 t;
- ▶ I costi sono sostenibili solo da aziende molto ampie, visto l'acquisto dell'olio esausto a 560 €/t e il costo della trasformazione in biodiesel a 255 €/t, più la raccolta tra 163 €/t e 355 €/t ed il trasporto a 25 €/t
- ▶ Visti i costi di produzione del biodiesel alti, anche la vendita del prodotto presenta un costo elevato per dare la possibilità di guadagno anche all'azienda, non convenendo ai consumatori
- ▶ Seconda analisi su filiere ad olio vegetale puro: l'estensione di campi coltivati per privati 1450 ettari con 4 frantoi a pieno regime; per pubblici 10000 ettari con 28 frantoi a pieno regime
- ▶ Anche in questo caso il prezzo risulterebbe troppo elevato rispetto al diesel, con grande difficoltà nell'ammortizzare l'investimento
- ▶ Quindi per rendere utilizzabile questa tecnologia servirebbe, ad esempio una normativa per agevolazioni per il produttore o il consumatore

BILANCIO ENERGETICO E AMBIENTALE

► BILANCIO ENERGETICO

► FILIERA DI «OVP»

Il risparmio energetico medio con l'impiego di colza è di circa 8000 MWh, ovvero 834 kWh/ha

Con l'utilizzo di semi di girasole, invece, dato il triplo di resa, il risparmio è di 922,96 kWh/ha, con un guadagno del 66%

► FILIERA DI BIODIESEL

Grazie ad uno studio di riferimento, il risparmio energetico è pari a 1553 kWh/ha, con guadagno del 81%

	Filiera dell'«OVP»	Filiera del biodiesel da «UCO»
Rapporto input:output	1:3	1:5,51
Valore energetico netto ricavato dall'output totale	66% = $(3-1)/3$	81% = $(5,51-1)/5,51$
kWh/l risparmiati con l'impiego del biocarburante	8,8 [6,3 - 11,3]	10,7 [7,7 - 13,8]

BILANCIO ENERGETICO E AMBIENTALE

► BILANCIO AMBIENTALE

► FILIERA DI «OVP»

Le emissioni di gas serra è pari al 57% rispetto all'impiego del combustibile fossile, massimo 1650 t CO₂. supponendo un consumo dei mezzi di 15 km/l ed il consumo di 907500 l, la distanza precorsa è 13600000 km/a, con l'olio vegetale il consumo è 2 km/l, con un risparmio di 1560 t di CO₂

► FILIERA DI BIODIESEL

Il risparmio di emissioni dipende dalla materia prima utilizzata per la produzione di biodiesel: 83% se da olio esausto, quindi 2500 t CO₂ all'anno; 38% se da colza, pertanto 2000 t CO₂ l'anno

CONSIDERAZIONI FINALI

- Molti fattori influiscono sul calcolo dei vari parametri: coltivazione, trasformazione, ogni passaggio altera i dati, ma comunque è fattibile.
- La filiera dell'olio esausto:
 - Raccolta dell'olio
 - sbocchi lavorativi
 - costi e trasporto molto onerosi
- Il biodiesel:
 - Non necessita di modifica
 - Minore quantitativo di gas serra
 - Prezzo non vantaggioso
 - Possibilità di malfunzionamenti se carburante di bassa qualità
- Filiera dell'olio vegetale puro:
 - Strutturazione organizzata per la produzione
 - Utilizzo del materiale di scarto (panello)
 - Nessun processo chimico-fisico
 - Troppa materia prima necessaria

CONCLUSIONI

- ▶ Diminuzione di gas inquinanti:
 - ▶ -1560 t CO₂ annuo per «OVP»
 - ▶ -2500 t CO₂ annuo per biodiesel
 - ▶ -73 t CO₂ annuo per l'impianto a biogas di piccola taglia
 - ▶ -906 t CO₂ annuo per l'impianto a biogas di medie dimensioni
- ▶ Energia totale:
 - ▶ Impianto di piccola taglia: 41 MWh energia termica e 67 MWh energia elettrica
 - ▶ Impianto di medie dimensioni: 1055,6 MWh energia termica e 1589,3 MWh energia elettrica
 - ▶ Filiera di biodiesel: risparmio energetico di 11800 MWh
 - ▶ Filiera di «OVP»: risparmio energetico di 8000 MWh
- ▶ Consumo di biocarburante inferiore all'impiego della materia di scarto negli impianti biogas (9900 t contro 15655 t)

CONCLUSIONI

- ▶ A mio modesto parere, si dovrebbe incentivare la produzione energetica tramite l'impianto a biogas, nonostante la produzione di biodiesel ha come aspetti positivi:
 - ▶ Creazione di posti di lavoro (agricoltura, trasporto, gestione filiere)
 - ▶ Maggiore salvaguardia dell'ambiente rispetto alla tecnologia con biogas
- ▶ A favore dell'impianto a biogas è la valorizzazione delle materie utilizzate, e da cui si può comunque produrre dei fertilizzanti per le piantagioni
- ▶ Inoltre, vedendo il continuo aumento di richiesta di energia elettrica, che porta alla produzione tramite reattori nucleari e combustibili fossili, l'impianto a biogas rende la produzione di energia elettrica con materia facilmente reperibile
- ▶ Nelle filiere la componente di scarto utilizzata è limitata, la maggior parte proviene dalla coltivazione di colza/girasole
- ▶ Un'ulteriore motivazione riguarda il mondo dei trasporti, indirizzati sempre più nel funzionamento ibrido/ elettrico, aumentando la richiesta di energia elettrica
- ▶ La scelta ricade quindi sull'impianto a biogas, che riduce lo scarto di rifiuti sfruttandoli per la produzione energetica, a fronte dell'industrializzazione e i vari problemi ambientali