

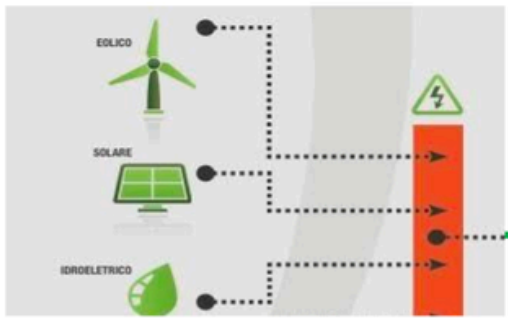
Carburanti di sintesi e bio-carburanti



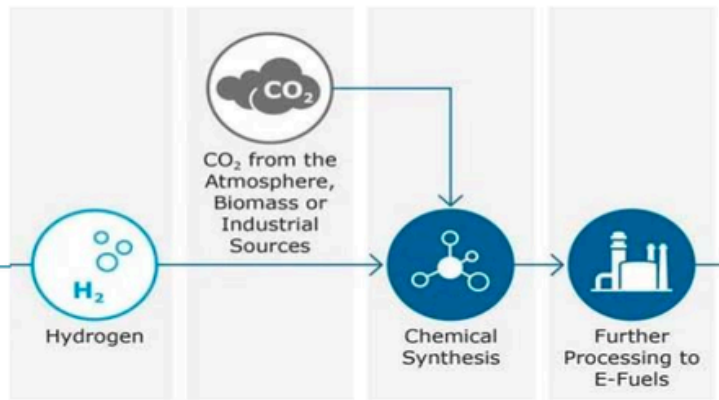
Prof. Scaglia Davide



**E-fuels
(Power-to-X)
CARBURANTI
DI
SINTESI**



**IDROGENO
VERDE**



- BENZINA SINTETICA**
- GASOLIO SINTETICO**
- METANO SINTETICO
CNG o LNG**
- GPL SINTETICO**
- DME SINTETICO**

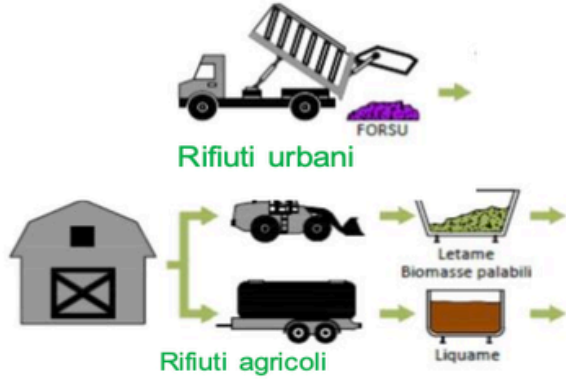
**CARBURANTI
DA CARBONIO
RICICLATO**



**Pirolisi /
Gassificazione**

- GPL RINNOVABILE**
- DME RINNOVABILE**
- ALTRI RINNOVABILI**

**BIO -
CARBURANTI**



Esterificazione

Idrogenazione

*Digestione
anaerobica*



- BIODIESEL
FAME**
- OLIO VEGETALE
IDROTRATTATO
HVO**
- HVO GPL**
- BIO-METANO CH₄
CNG o LNG**
- BIOGPL**
- BIO DME**



Focus

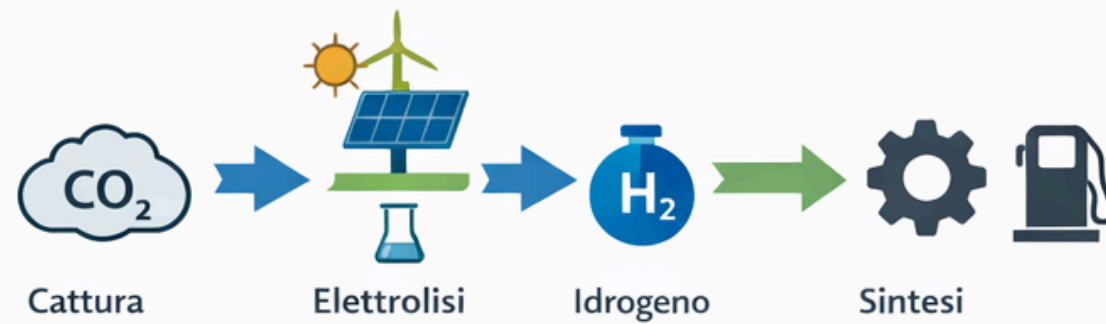
Biodiesel (FAME)



HVO



E-Fuel



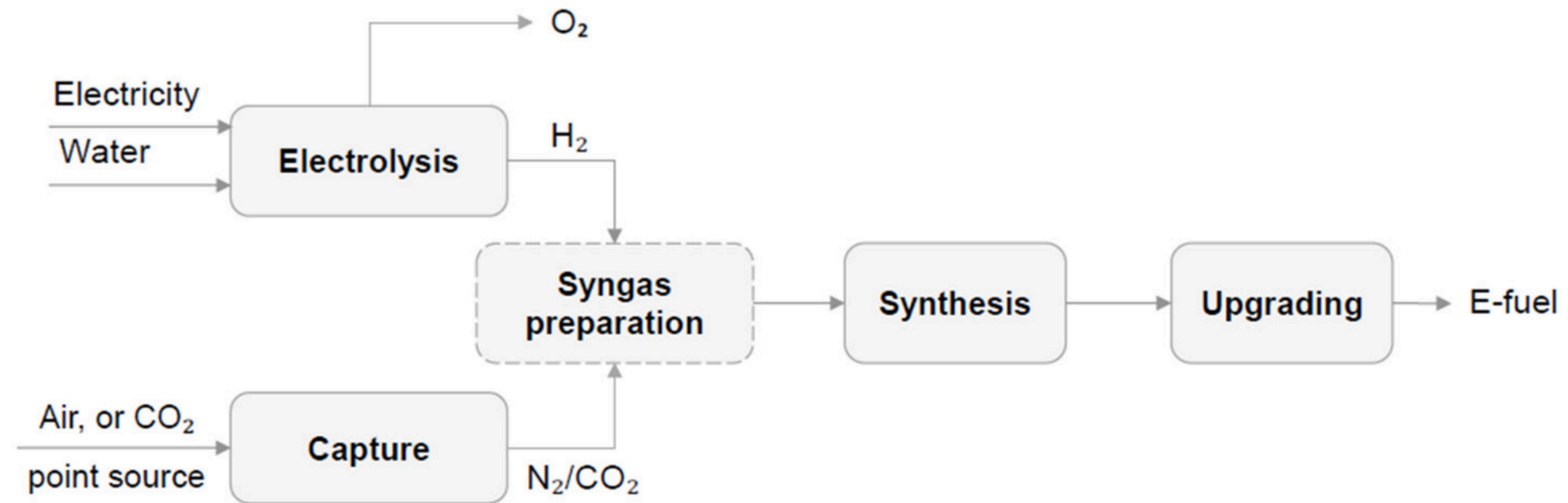
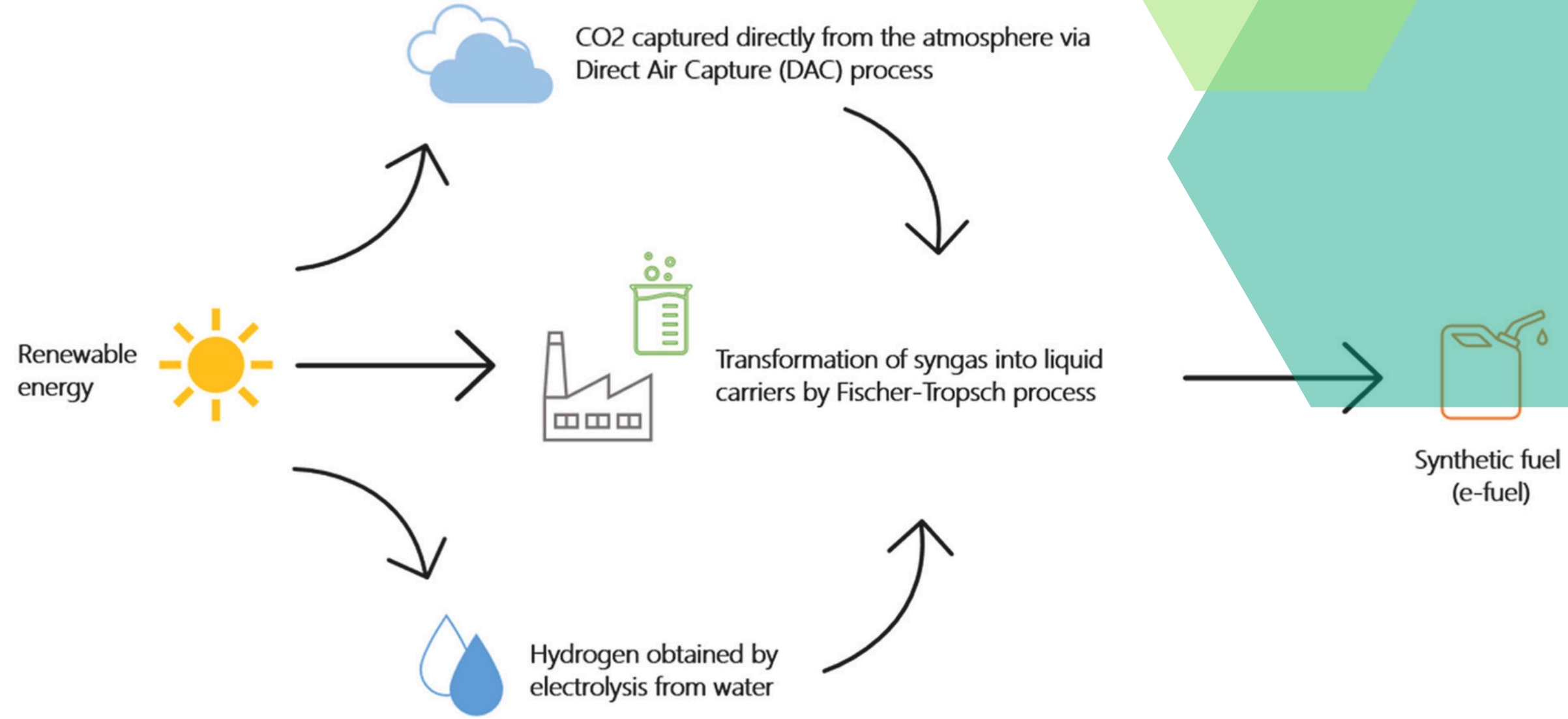
Biometano





Carburanti di sintesi

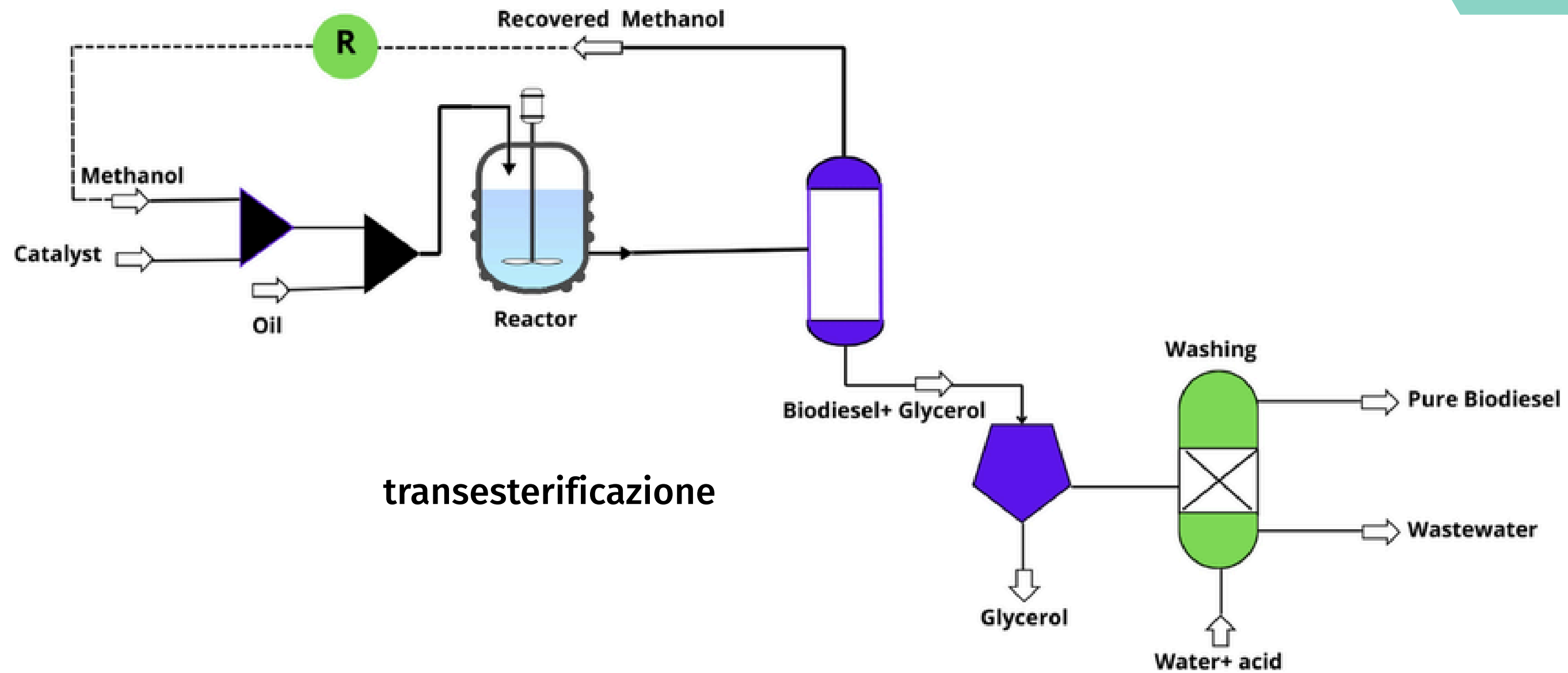
E-fuel





Bio-carburanti

Biodiesel FAME (Esteri metilici di acidi grassi)



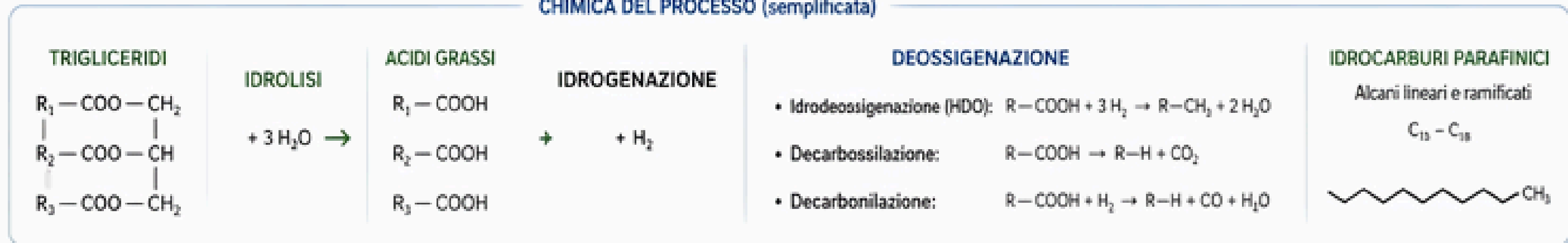


Bio-carburanti

HVO_ Olio Vegetale Idrotrattato



CHIMICA DEL PROCESSO (semplificata)



BASSE EMISSIONI Fino al 60-90% in meno di CO ₂ rispetto al diesel fossile*	ALTA COMPATIBILITÀ Utilizzabile in motori e infrastrutture esistenti (drop-in)	OTTIME PRESTAZIONI Elevata stabilità e miglior comportamento a basse temperature	MATERIE PRIME SOSTENIBILI Da residui e scarti per evitare competizione con l'agricoltura
---	--	--	--

*Valori indicativi, dipendono dalla materia prima e dal processo produttivo.



Bio-carburanti

Biometano

DIGESTIONE ANAEROBICA PER IL BIOMETANO

Dalle biomasse rinnovabili al gas rinnovabile



LE FASI BIOLOGICHE PRINCIPALI

IDROLISI

Polimeri → monomeri



ACIDOGENESI

Monomeri → acidi grassi volatili

ACETOGENESI

Acidi → acetato, H₂ e CO₂

METANOGENESI

Acetato, H₂/CO₂ → CH₄



REAZIONI CHIAVE

- $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$



VALORIZZA RIFIUTI

Trasforma rifiuti organici in energia rinnovabile



RIDUCE LE EMISSIONI

Fino all'80-120% di riduzione di CO₂eq rispetto al fossile*



ENERGIA RINNOVABILE

Biometano compatibile con la rete gas e i veicoli a metano (CNG/LNG)



ECONOMIA CIRCOLARE

Restituisce valore al territorio e alle filiere agricole

*Valori indicativi, dipendono dai substrati, processo e sostituzione energetica.

LCA Life Cycle Assessment



Fonte: Concawe (2018).

WTW – Dal pozzo alle ruote (Well-to-wheel)

LCA – Analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment – «Cradle to grave»)

LCA Life Cycle Assessment

GRANDEZZE CONSIDERATE	1	2	3	4	5	6		7
	BIOMETANO/BIOLNG	bioGPL	DME rinnovabile	HVO	E-FUELS	IDROGENO		ELETTRICO BEV
						ICE	FC	
<i>ENTE</i>	<i>Assogasmetano</i>	<i>Federchimica-Assogasliq.</i>	<i>Federchimica-Assogasliq.</i>	<i>ENI</i>	<i>PoliMi</i>	<i>H2IT</i>		<i>CLM</i>
POTERE CALORIFICO (kWh/kg)	13	12,8	8,32	12,2	12,2	33,3		1
EMISSIONI CO2 (g/km) (Auto da 1300 kg)	BIOLNG							
WTW	5 [1]	6 [2]	6 [2]	8	13 [3]	11	8 [1]	5 [1]
+ LCA (fabbricazione e demolizione veicolo) [2]	21	21	21	21	21	22	30	30
Totale emissioni a regime	26	27	27	29	34	33	38	35
EMISSIONI CO2 (g/tkm payload [3]) (Camion [4])	BIOLNG							
WTW	6 [5]	--	--	9	--	10	6	7
+ LCA (fabbricazione e demolizione veicolo)	6	--	--	6	--	7	9	10
Totale emissioni a regime	12	--	--	15	--	17	15	17
CONSUMI TRASPORTI ITALIA (MTEP/ANNO)								
ATTUALE	0,6	0,04	---	0,2-0,4	--	--		0,3
PROIEZIONE A TENDERE 2035/2050 (TOTALE 33 MTEP)	4 - 6	1,6 - 2,5	1,2 - 2	6 - 8,5	1 - 4,5	2 - 4		12 - 14
CAPACITÀ PRODUZIONE COMBUSTIBILE ITALIA (MTEP/ANNO)								
ATTUALE	0,5	0,04	--	1,1	--	--		target perseguibile
POTENZIALE 2035	>10	>2	>2	>5	1	3		
COSTO PRODUZIONE (€cent/kWh) [6]								
POTENZIALE 2035/2050	6-6,5	7-7,5	14-15	9-10	16-17	10-15		5-7
IMPIANTI								
DISPONIBILITÀ RETE	disponibile	disponibile	disponibile	disponibile/in espansione	disponibile	in espansione		in espansione



Transizione energetica e didattica

Contesto

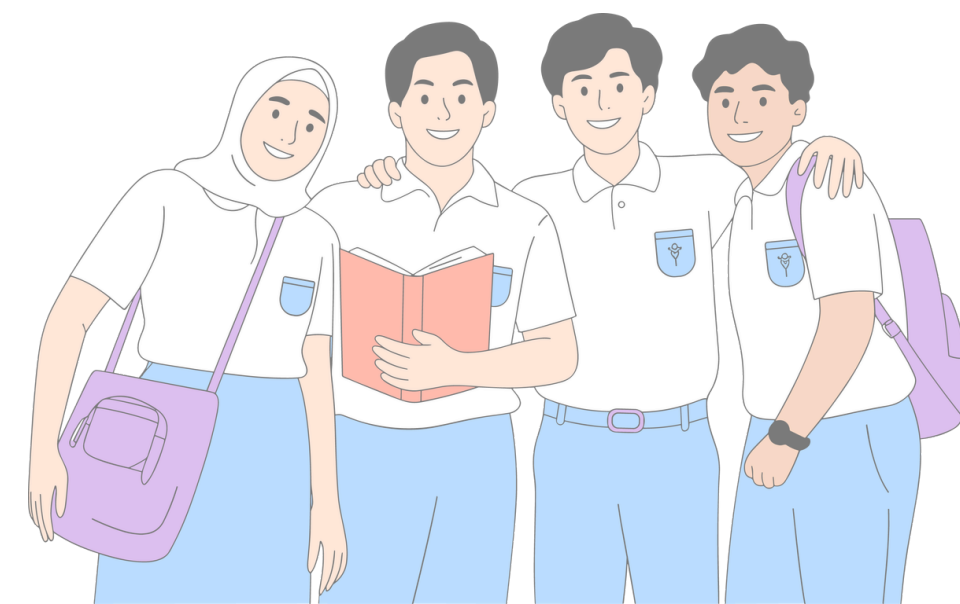
Green Deal europeo → riduzione CO₂
Neutralità tecnologica

Impatto sull'insegnamento

Collegamento tra teoria chimica e applicazioni reali
Studio di e-fuel, biocarburanti e idrogeno
Analisi del ciclo di vita (LCA)

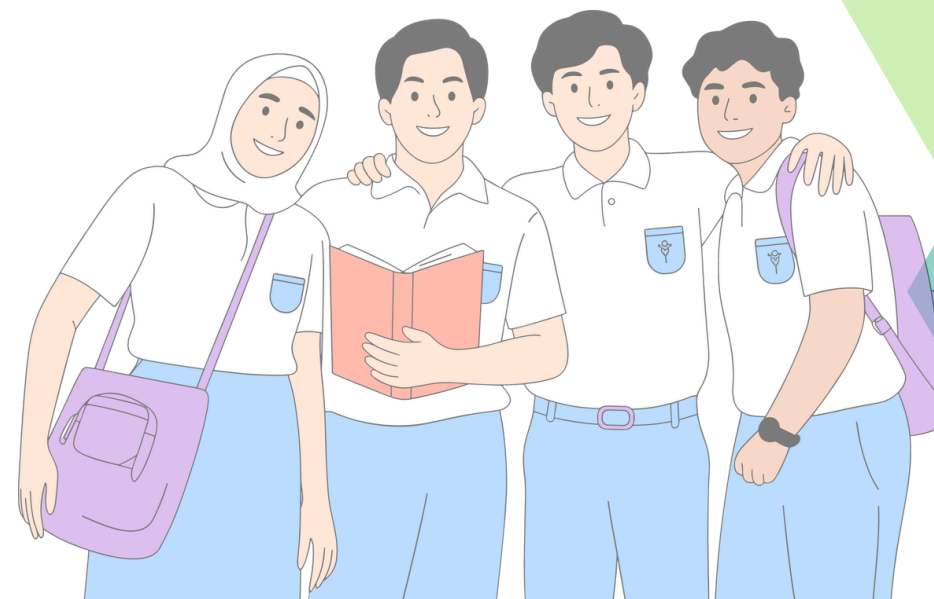
Transizione digitale

Strumenti digitali e simulazioni
Analisi dati energetici
Approccio interdisciplinare





Studenti e competenze per il futuro



Percezione degli studenti

- Interesse per sostenibilità ed energia
- Curiosità verso biocarburanti, idrogeno ed elettrico

Approccio critico

- Necessità di evitare visioni ideologiche
- Comprensione scientifica dei processi

Competenze sviluppate

- Conoscenze chimiche e tecnologiche
- Capacità di analisi e problem solving
- Consapevolezza ambientale

Ruolo nel futuro

- Contributo alla transizione energetica
- Applicazione delle competenze nella società

Riferimenti

- R. El-Araby, “Biofuel production: exploring renewable energy solutions for a greener future,” *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, vol. 17, art. 129, 2024.
- N. A. Ali, Z. M. Shakor, F. K. Al-Zuhairi, and E. Al-Shafei, “Thermochemical and biochemical routes for sustainable biofuel production: A review,” *Sustainable Chemistry for the Environment*, vol. 13, art. 100321, 2026.
- I. D’Adamo, M. Gastaldi, M. Giannini, and A.-S. Nizami, “Environmental implications and levelized cost analysis of E-fuel production under photovoltaic energy, direct air capture, and hydrogen” *Environmental Research*, vol. 246, art. 118163, 2024.
- Dybiński, O.; Szabłowski, Ł.; Martsinchyk, A.; Szczęśniak, A.; Milewski, J.; Grzebielec, A.; Shuhayeu, P. Overview of the e-Fuels Market, Projects, and the State of the Art of Production Facilities. *Energies* 2025, 18, 552. <https://doi.org/10.3390/en18030552>.
- manifesto e quaderno carburanti Cluster Lombardo della Mobilità (aggiornamento 2025).