



 POLITECNICO DI MILANO



ANALISI AMBIENTALE DEI PROCESSI 'CITY WISE NET': ANALISI DEL CICLO DI VITA

Simone Nessi, Giovanni Dolci, Mario Grosso

Politecnico di Milano – DICA (Gruppo Gestione Sostenibile Rifiuti e Risorse)

Milano, 12 ottobre 2015

COMPONENTI: 1 professore associato (M. Grosso); 3 ricercatori senior/post-doc; 1 dottorando di ricerca (PhD) e 2 collaboratori



TEMATICHE:

- ✓ attività connesse alla gestione dei rifiuti (prevenzione, riciclo, recupero di energia, smaltimento)
- ✓ valutazioni sostenibilità ambientale (LCA) di tecnologie di trattamento rifiuti, sistemi di gestione integrata dei rifiuti, misure di prevenzione rifiuti, scelte di consumo ecc.



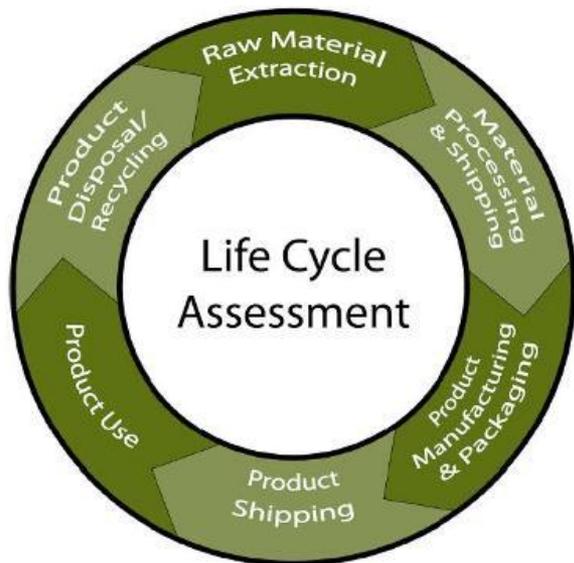
- ✓ Valutazione dei **potenziali impatti ambientali** delle tecnologie sviluppate
- ✓ Identificazione **principali contributi** agli impatti e conseguente orientamento di possibili interventi migliorativi
- ✓ **Confronto** preliminare con tecnologie alternative esistenti (valutazione di massima della convenienza ambientale)





1. **Upgrading del biogas a biometano** mediante tecnologia a membrane (AUSTEP)
2. **Rimozione completamente autotrofa dell'azoto** dalla frazione liquida del digestato -processo PN/anammox- (POLIMI-DICA)
3. **MFC** (microbial fuel cell) per il trattamento e il recupero di energia dalle acque reflue primarie (UNIMI)





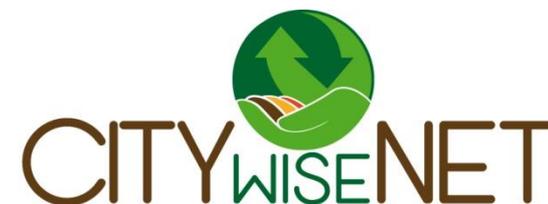
Approccio «**DALLA CULLA ALLA TOMBA**»

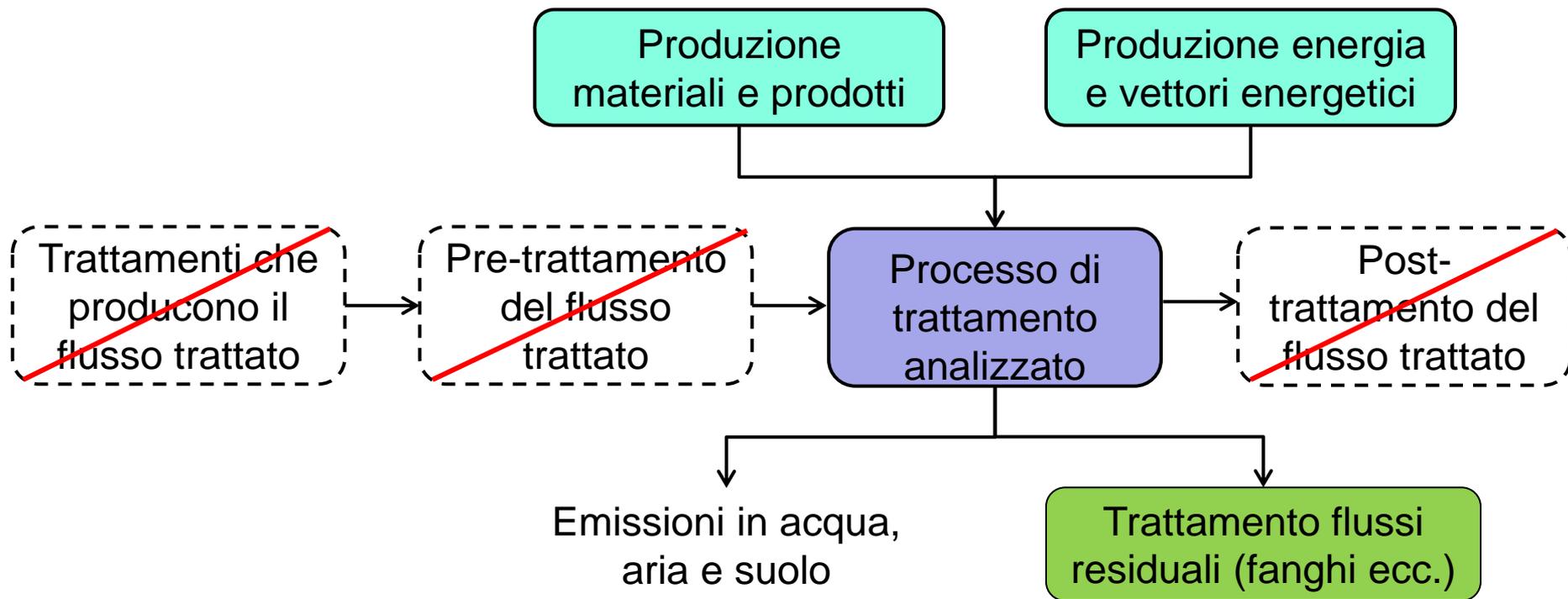


Carichi ambientali (emissioni e prelievi di risorse) **diretti e indiretti**

4 FASI PRINCIPALI (ISO 14040:2006)

- ✓ Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione
- ✓ Analisi dell'inventario
- ✓ Valutazione degli impatti
- ✓ Interpretazione del ciclo di vita

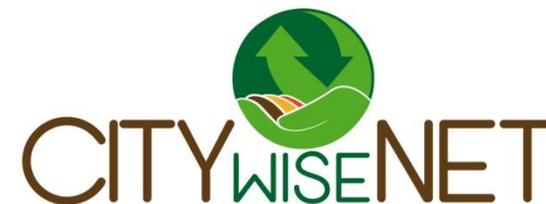




➤ **13 CATEGORIE DI IMPATTO SU AMBIENTE E SALUTE UMANA**
 (indicatori a livello “midpoint”; metodi di caratterizzazione raccomandati da ILCD-JRC)

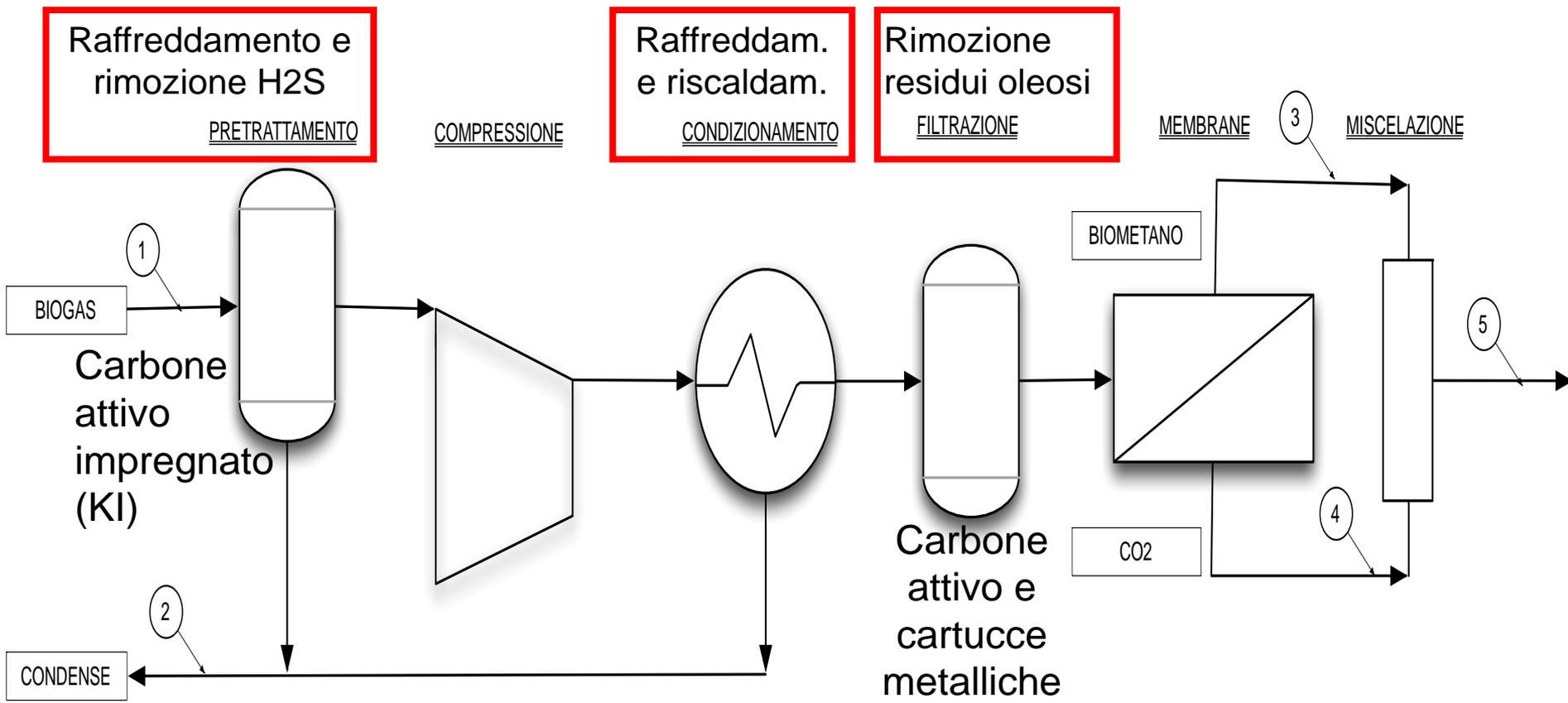
- Cambiamento climatico (**CC**)
- Assottigliamento fascia di ozono (**ASO**)
- Formazione di ozono fotochimico (**FOF**)
- Acidificazione (**AC**)
- Eutrofizzazione terrestre (**EU-t**)
- Eutrofizzazione acque dolci (**EU-ad**)
- Eutrofizzazione marina (**EU-m**)
- Tossicità umana -effetti cancerogeni- (**TUc**)
- Tossicità umana -effetti non canc- (**TU-nc**)
- Materiale particolato (**MP**)
- Ecotossicità per acque dolci (**ET-ad**)
- Impoverimento risorse idriche (**IRI**)
- Impoverimento risorse minerali e fossili (**IRMF**)

➤ **Cumulative Energy Demand (CED)**





UPGRADING BIOGAS: schema di processo -layout semplificato impianto pilota (50 Nm³/h)-



+

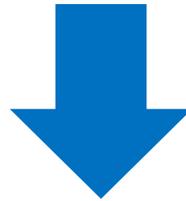
separatori gas/liquido e olio/gas, filtri a coalescenza, filtri a cartucce metalliche ecc.





UNITA' FUNZIONALE (U.F.)

produzione di 1 Nm³ di bio-metano al 97% vol. CH₄ a partire da biogas con un tenore di metano del 55% vol.



Unità di riferimento per il calcolo dei **carichi ambientali** (inventario) e degli **indicatori di impatto** (valutazione degli impatti)



INPUT	QUANTITA' (per U.F.)	NOTE
Energia elettrica	0,6 kWh	Da combustione biogas
Carbone attivo impregnato	1,5 g (5% KI)	Incenerimento
Carbone attivo	0,5 g	Riattivazione termica
Moduli a membrane (polisulfone + involucro di Al)	3×10^{-6} moduli da 18,5 kg	Membrane a incenerimento, Al a riciclo (vita utile 3 anni)
Filtri a cartucce (metalliche/carbone attivo)	1,5 cartucce	Materiali e relative masse non noti
Separatori gas/liquido e olio/gas, filtri a coalescenza	n.d.	No materiali o parti meccani- che a ricambio frequente
Refrigerante (scambiatori)	n.d.	Consumo non significativo in assenza di perdite
Macchinari (compressori, scambiatori ecc.), infrastrutture	n.d.	Vita media elevata

Fonte: stime Austep da parametri di progetto

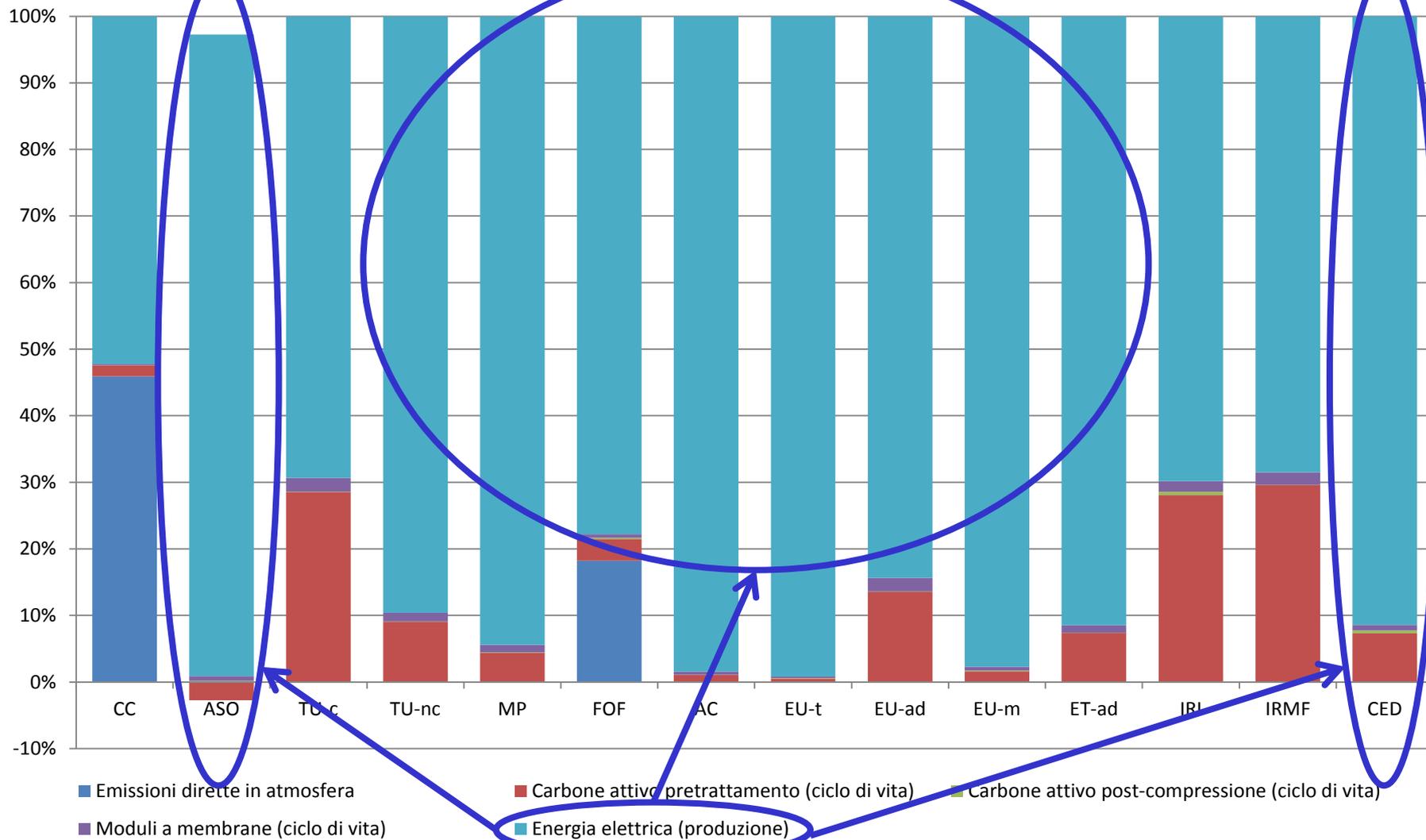


OUTPUT	QUANTITA' (per U.F.)	NOTE
Emissioni atmosfera (gas esausto permeato)	CH ₄ : 0,00569 kg CO ₂ biogenica: 1,48 kg (O ₂ : 0,00113 kg) (H ₂ O: 0,000639 kg)	-
Condense	0,00950 m ³ (non considerate)	Ricicolate al digestore (solo in minima parte a smaltimento)

Fonte: bilanci di materia del processo



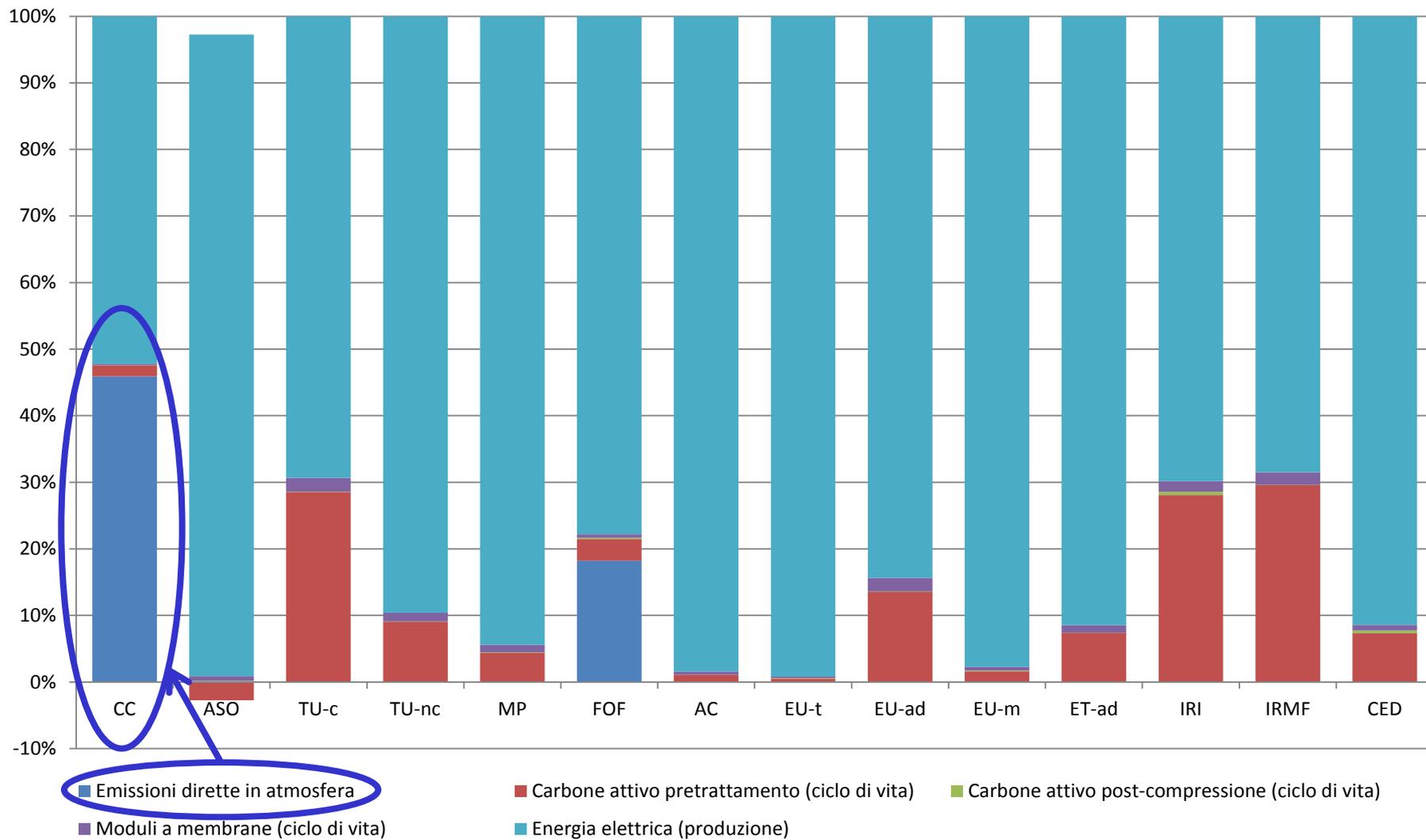
UPGRADING BIOGAS: risultati



Energia elettrica: incidenza > 80-85% per numerose categorie



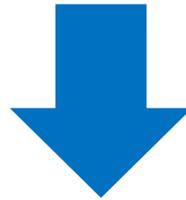
UPGRADING BIOGAS: risultati



Cambiam. climatico: 50% dell'impatto da CH₄ emesso in atmosfera



Possibili interventi per il miglioramento delle prestazioni ambientali

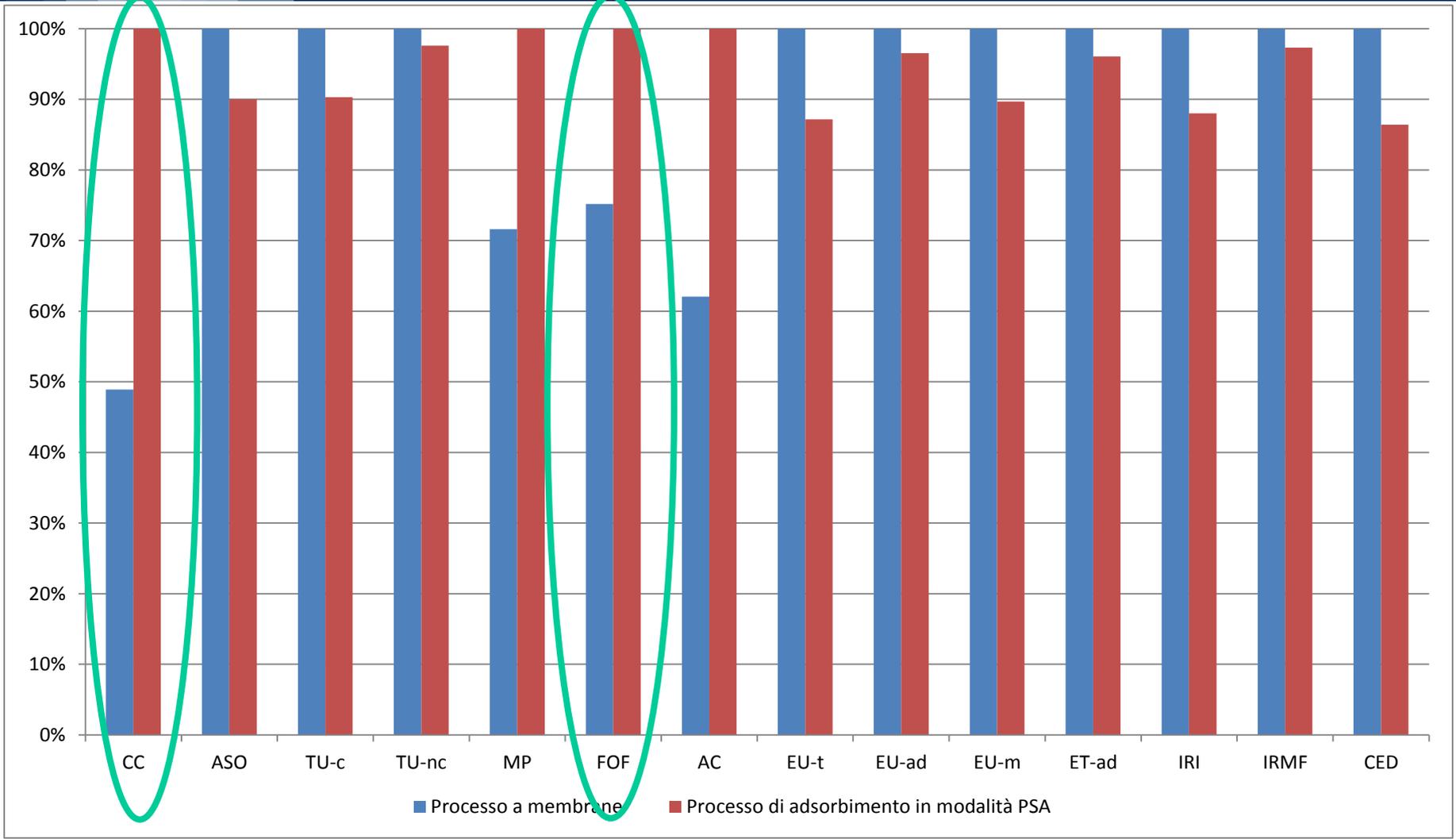


- ✓ Riduzione consumi energetici (tutte le categorie di impatto)
- ✓ Contenimento rilasci di CH₄ con il gas esausto (cambiamento climatico)





UPGRADING BIOGAS: confronto preliminare con processo di adsorbimento in modalità PSA

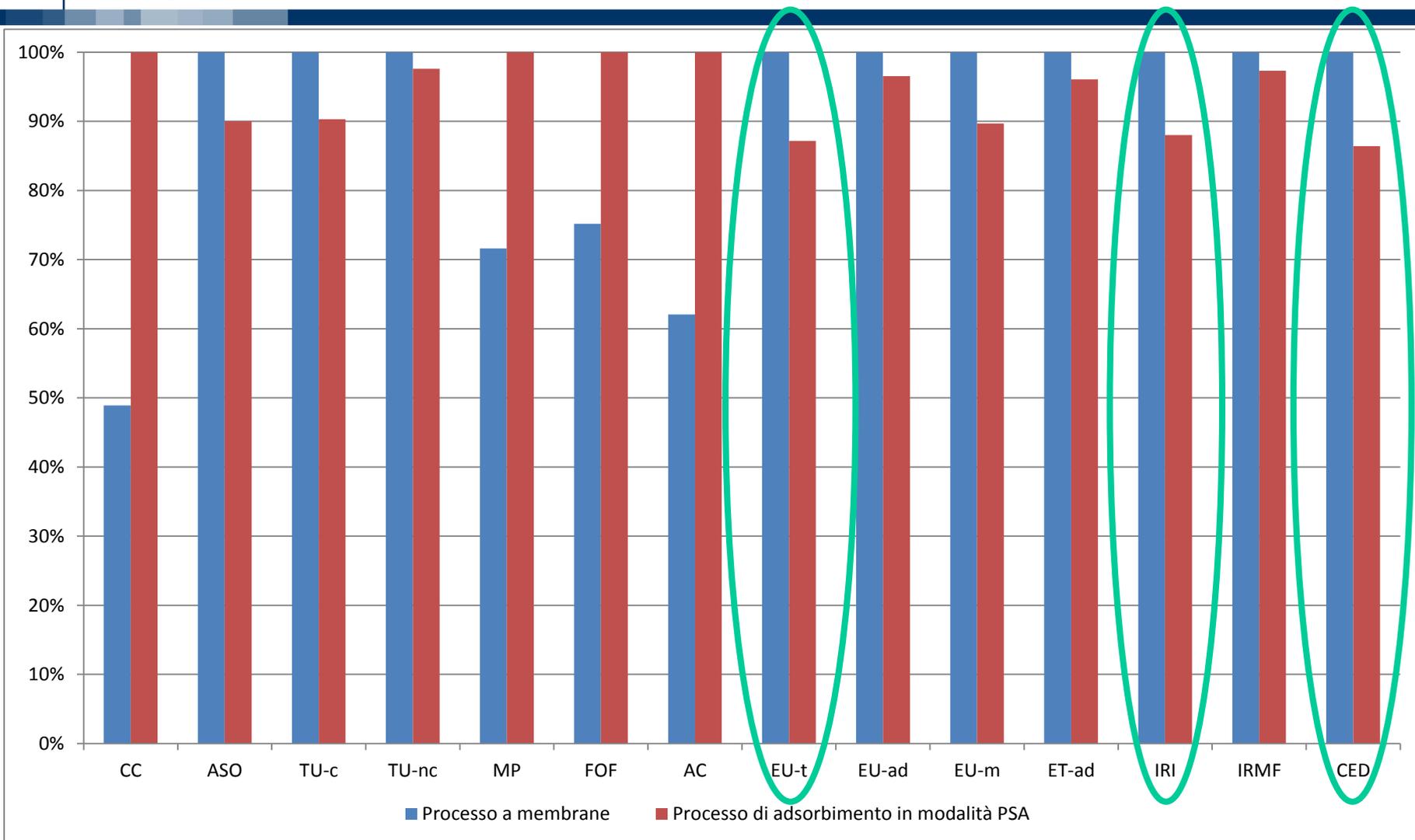


Cambiam climatico: **-50%**; Formazione ozono fotochimico: **-25%**
(emissioni metano 4 volte inferiori rispetto a PSA)



UPGRADING BIOGAS: confronto preliminare con processo di adsorbimento in modalità PSA

17

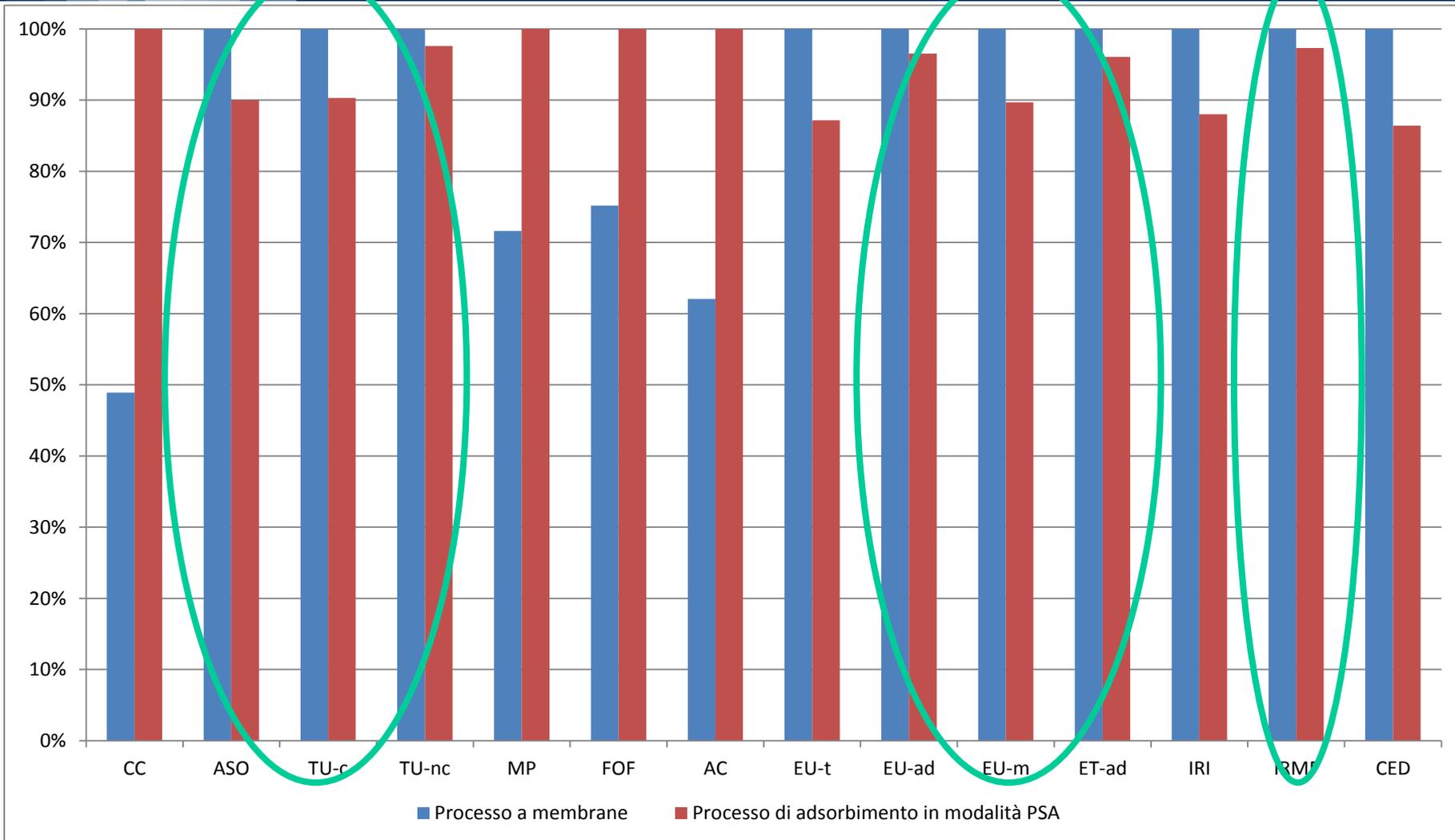


CED: +16%; Eutrof. terrestre: +15%; IRI: +14% (> consumi energetici)



UPGRADING BIOGAS: confronto preliminare con processo di adsorbimento in modalità PSA

18

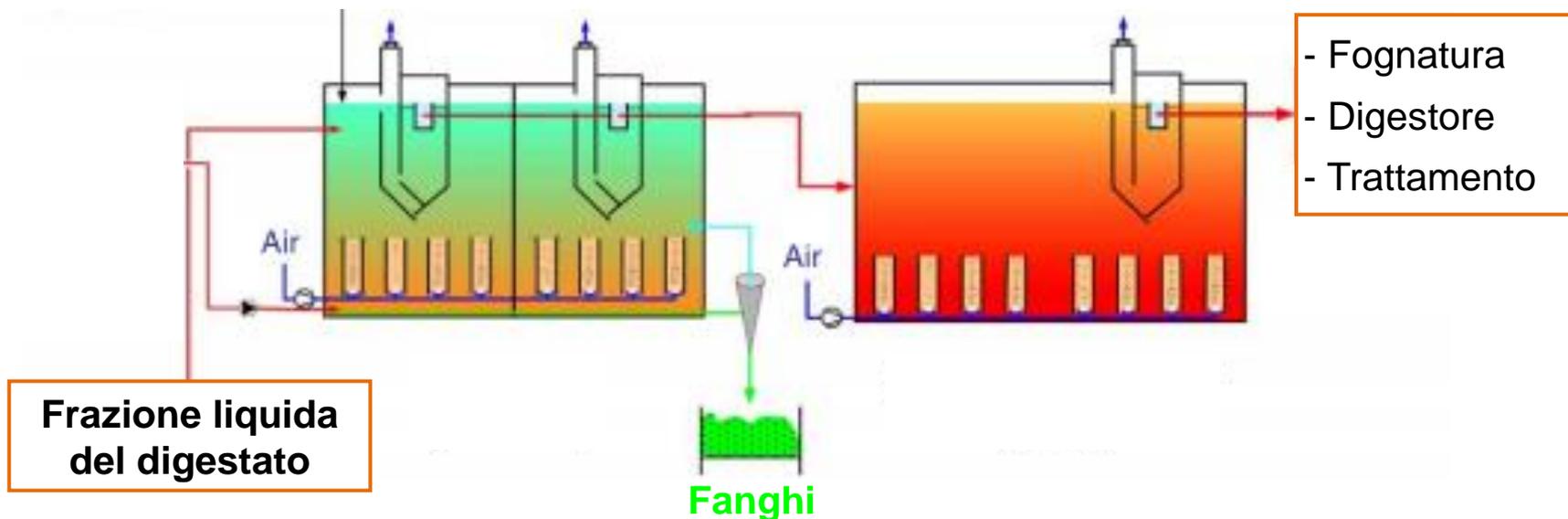


Impatti confrontabili (differenza < ~10%)



RIMOZIONE AUTOTROFA AZOTO: schema di processo e unità funzionale

Pretrattamento aerobico + PN/anammox monostadio



UNITA' FUNZIONALE

rimozione di 1 kg di $N-NH_4$ da separato liquido con efficienza complessiva del 90% su una concentrazione iniziale di $N-NH_4$ nell'ordine dei 2000 mg/L



RIMOZIONE AUTOTROFA AZOTO: elementi in ingresso

INPUT	QUANTITA' (per U.F.)	NOTE
Energia elettrica (tot)	1,86 kWh	Da combustione biogas (valore da letteratura)
Apparecchiature elettromeccaniche (soffianti, pompe ecc.) e infrastrutture	n.d.	Vita media elevata

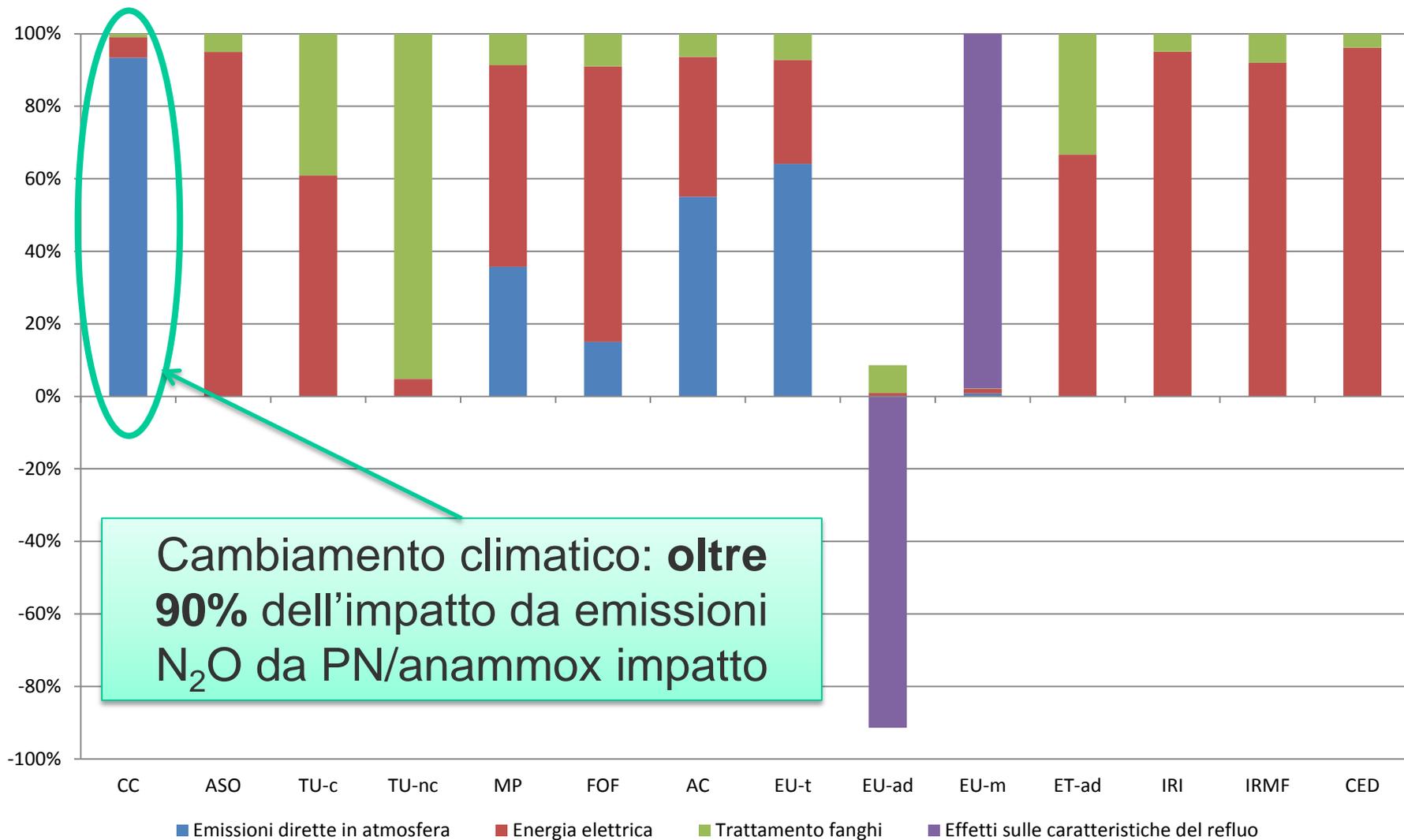


OUTPUT	QUANTITA' (per U.F.)	NOTE
Emissioni in atmosfera da pretrattamento	CO ₂ biogenica = 0,245 kg NH ₃ = 8,5 x 10 ⁻⁴ kg	Stima da BOD ₅ rimosso 0,07% di N-NH ₃ rimosso (sperim.)
Emissioni in atmosfera da PN/anammox	N ₂ = 0,985 kg NO = 1,5 x 10 ⁻⁴ kg N ₂ O = 0,0248 kg	Stima da N-NH ₄ rimosso 0,007% di N-NH ₄ rimosso (letteratura) 1,6% di N-NH ₄ rimosso (letteratura)
Fanghi da pretrattamento (biomassa)	0,407 kg	Ricircolati al digestore
Emissioni in acqua (effetti sulle caratteristiche del refluo)	BOD ₅ = -0,508 kg COD = -0,508 kg NO ₃ ⁻ = +0,0751 kg PO ₄ ³⁻ = -8,32 x 10 ⁻³ kg	Rimozione 100% del BOD ₅ presente Rimozione 100% del BOD ₅ presente 1,5% dell'N-NH ₄ in ingresso Rimozione 100% dei fosfati presenti

Fonti: letteratura, stime, misurazioni, bilanci di materia

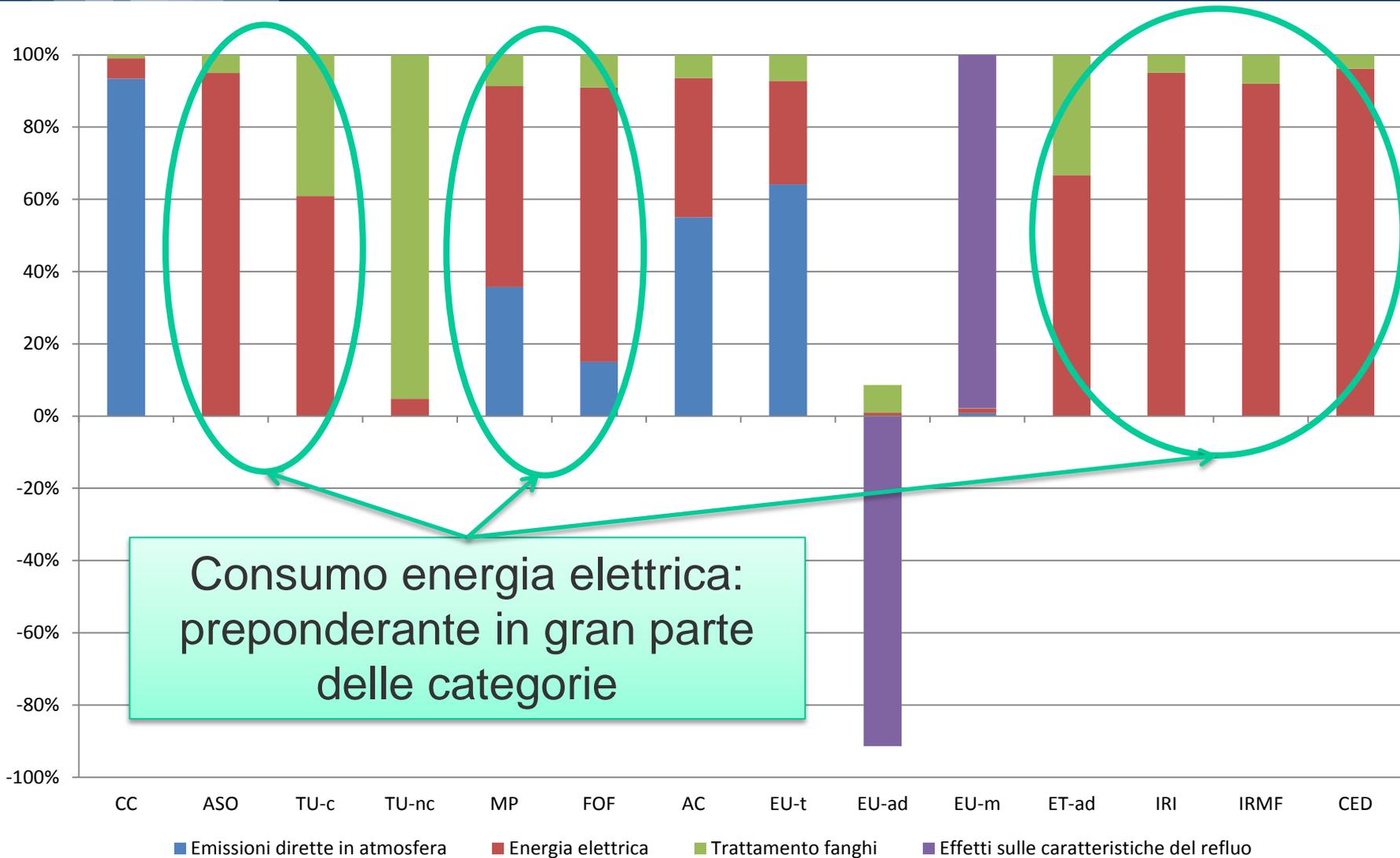


RIMOZIONE AUTOTROFA AZOTO: risultati





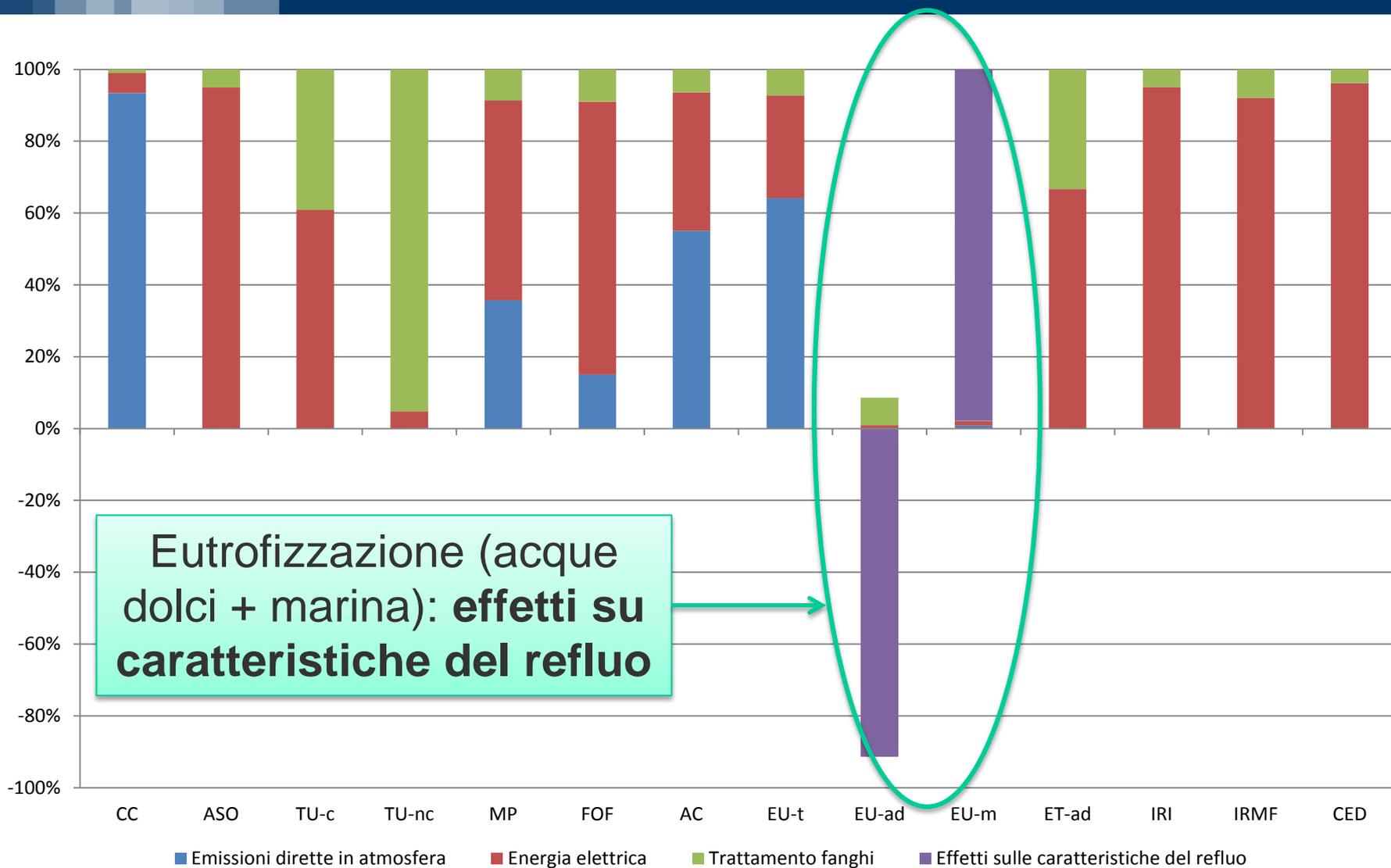
RIMOZIONE AUTOTROFA AZOTO: risultati



Consumo energia elettrica:
preponderante in gran parte
delle categorie

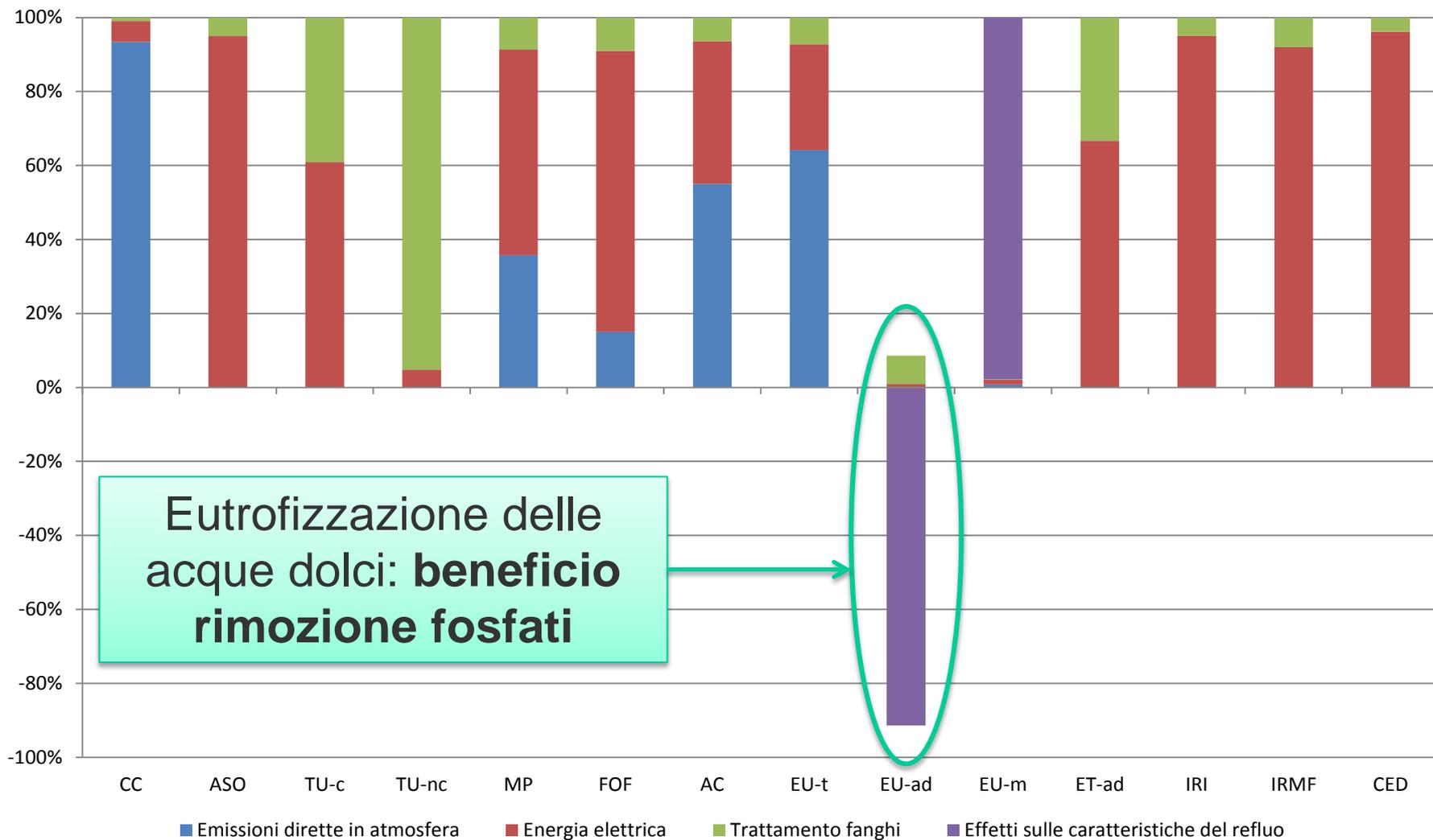


RIMOZIONE AUTOTROFA AZOTO: risultati



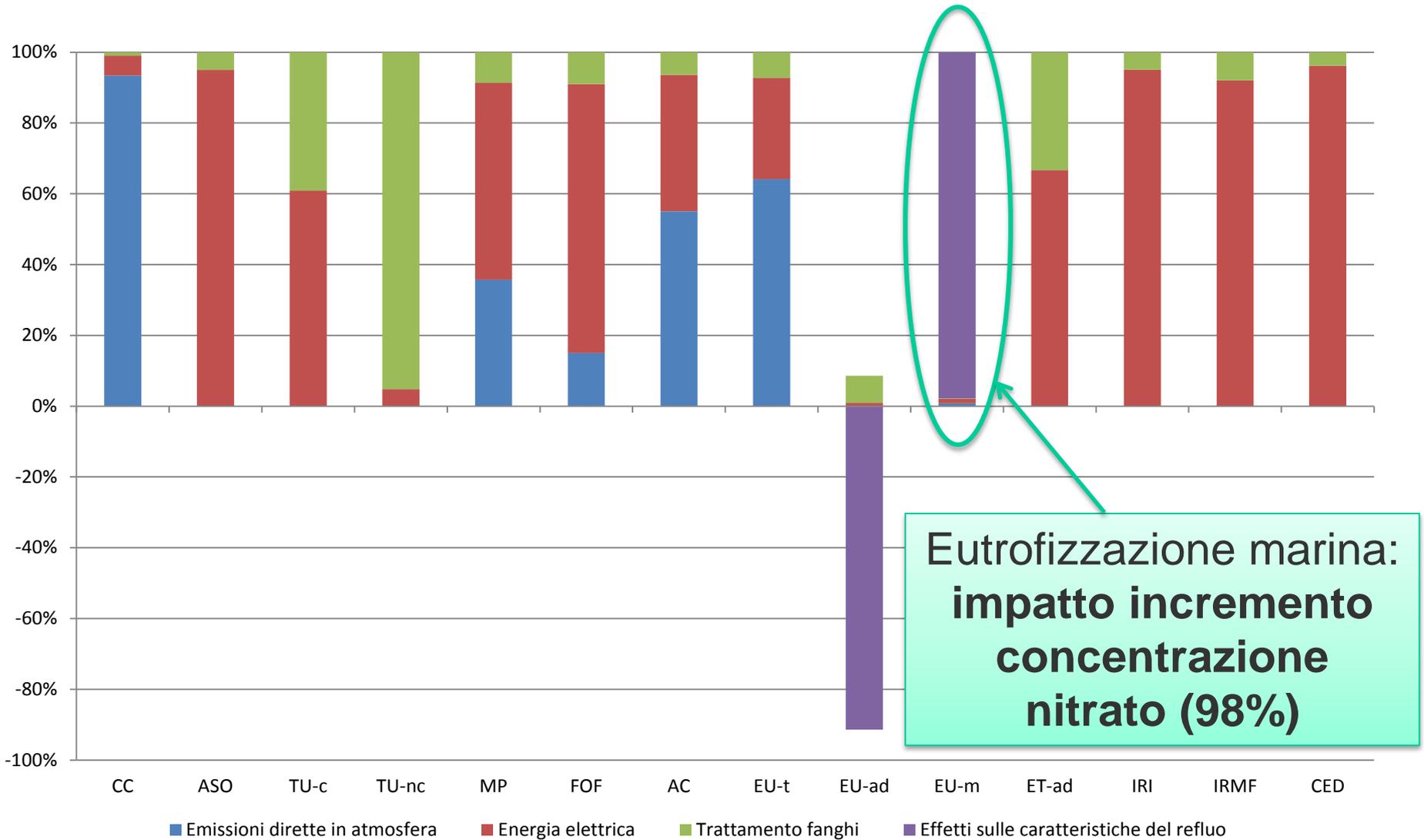


RIMOZIONE AUTOTROFA AZOTO: risultati



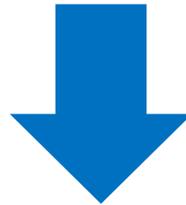


RIMOZIONE AUTOTROFA AZOTO: risultati





Possibili interventi per il miglioramento delle prestazioni ambientali



- ✓ Riduzione consumi energetici (tutte le categorie di impatto)
- ✓ Riduzione rilasci di N_2O da PN/anammox (cambiamento climatico)
- ✓ Contenimento rilasci di NH_3 da pretrattamento aerobico (eutrofizzazione terrestre, acidificazione e materiale particolato)





- ✓ LCA utile strumento a supporto scelte progettuali
- ✓ Risultati preliminari, da verificare in base ai valori di emissione/consumo relativi a effettivo funzionamento dell'impianto (e valutando l'impatto delle esclusioni)
- ✓ Possibilità di utilizzo dei risultati in future valutazioni comparative con tecnologie esistenti o innovative (mantenendo consistenza)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Contatti

Simone Nessi

*Politecnico di Milano, DICA (Sezione ambientale) Gruppo
Gestione Sostenibile Rifiuti e Risorse*

email: simone.nessi@polimi.it

