



*XVIII Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA*  
**3-5 LUGLIO 2024**  
**UNIVERSITÀ "G. D'ANNUNZIO"**  
**CHIETI-PESCARA - CAMPUS DI PESCARA**

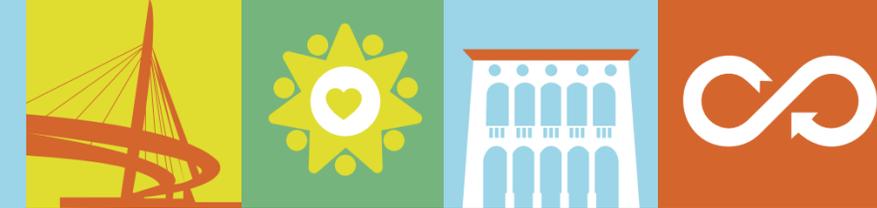
# LA PRODUZIONE DI BIOSTIMOLANTI COME STRATEGIA DI VALORIZZAZIONE DELLA BIOMASSA ALGALE COLTIVATA IN UN IMPIANTO DI DEPURAZIONE: ANALISI LCA

Irene Crippa<sup>1</sup>,

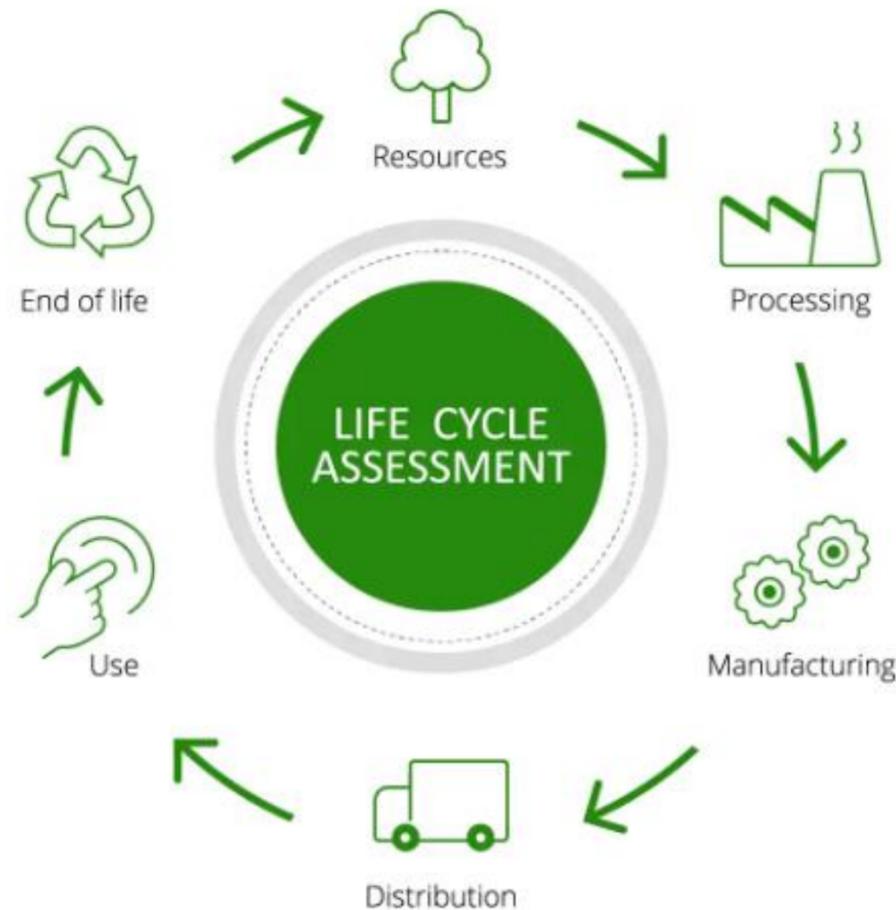
Giovanni Dolci<sup>1</sup>, Mario Grosso<sup>1</sup>, Elena Ficara<sup>1</sup>, Lucia Rigamonti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA)





# LCA - Life Cycle Assessment



## LCA comparativo

Impianto di trattamento delle acque reflue tradizionale  
VS  
Impianto di trattamento accoppiato con la coltivazione microalgale

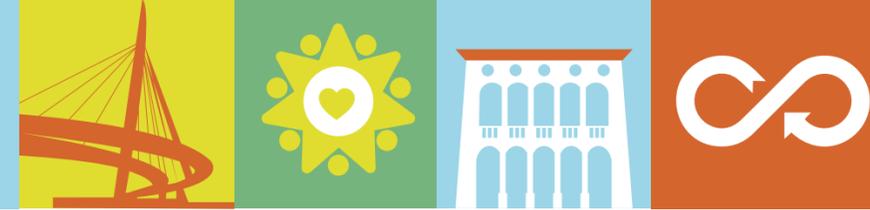
## Unità Funzionale

Trattamento di 1,000 m<sup>3</sup> di acque reflue

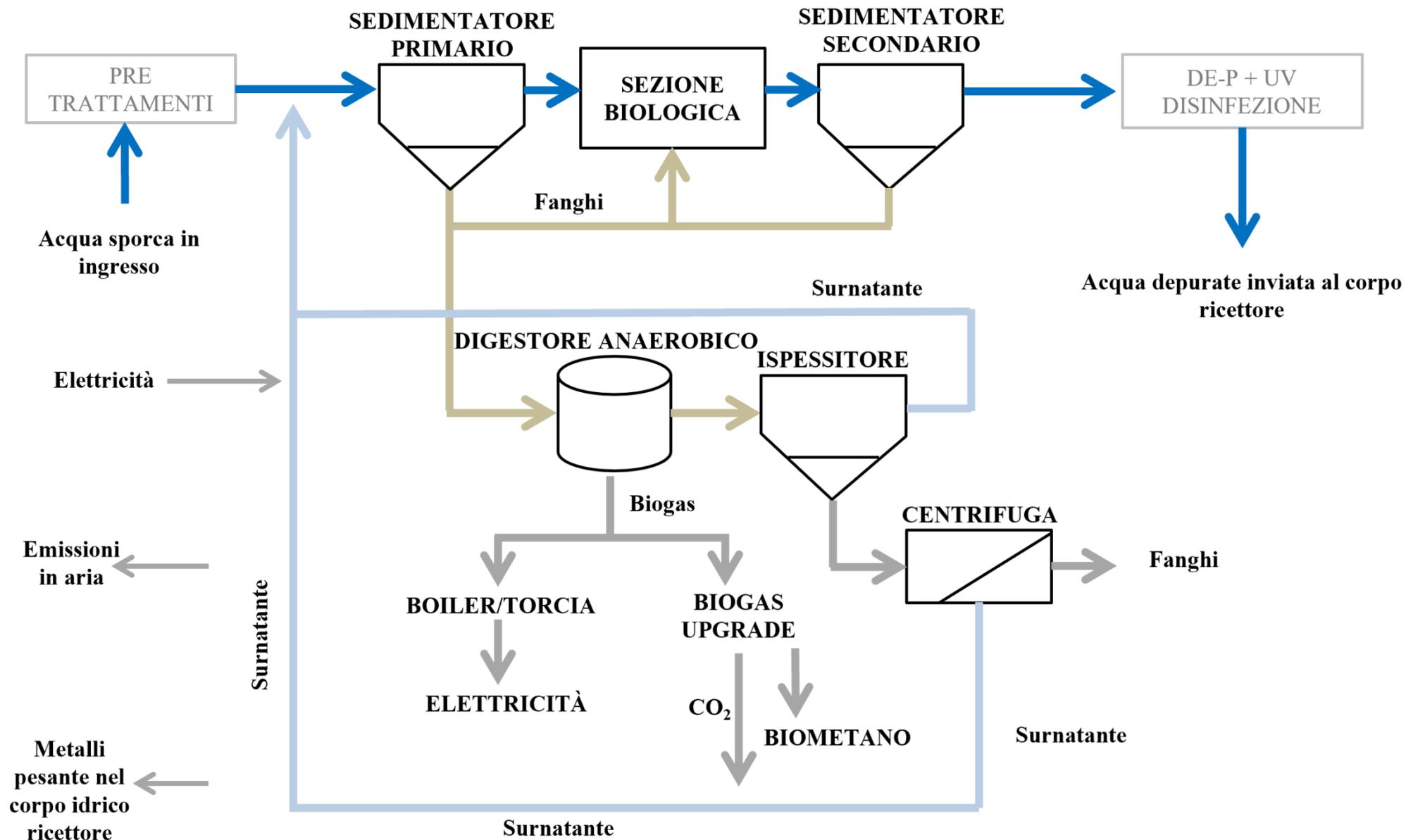
**Metodo di caratterizzazione:** Environmental Footprint (v. 3.1)

Acidificazione  
Cambiamento climatico  
Ecotossicità – acqua dolce  
Eutrofizzazione – acqua dolce  
Eutrofizzazione - marina  
Eutrofizzazione - terrestre  
Tossicità umana- cancerogena  
Tossicità umana- non-cancerogena

Radiazioni Ionizzanti (salute umana)  
Uso del suolo  
Riduzione dello strato di ozono  
Particolato  
Formazione fotochimica dell'ozono (salute umana)  
Uso di risorse - fossili  
Uso di risorse – metalli e minerali  
Consumo d'acqua

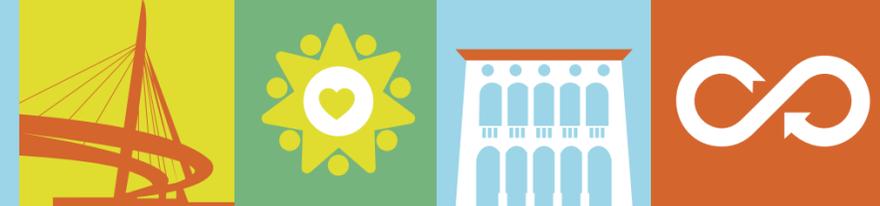


# Confini del sistema



**Trattamento delle acque reflue  
(tecnologia a fanghi attivi)**





# Modellizzazione

## Integrazione con la coltivazione algale



Benefici



Carichi aggiuntivi

**Costruzione del bacino algale**



### Consumi elettrici

**Emissioni in atmosfera**



Miscelazione della biomassa tramite mulino a pale

Emissioni dal bacino di coltivazione



Consumi della linea acque

CO<sub>2</sub> adoperata dalla biomassa algale



Consumi della linea fanghi

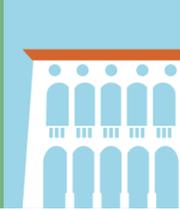
**Maggior produzione di biometano**

**Ridotte emissioni di metalli pesante nel corpo idrico ricettore**

Alghe sottoposte a digestione anaerobica



Adsorbimento algale



# Modellizzazione: valorizzazione della biomassa algale

## Integrazione con la coltivazione algale

↓ Benefici

↑ Carichi aggiuntivi

**Diretto: solo  
biomassa algale**

**Mix di fanghi e  
biomassa algale**

**Recupero della  
biomassa algale**

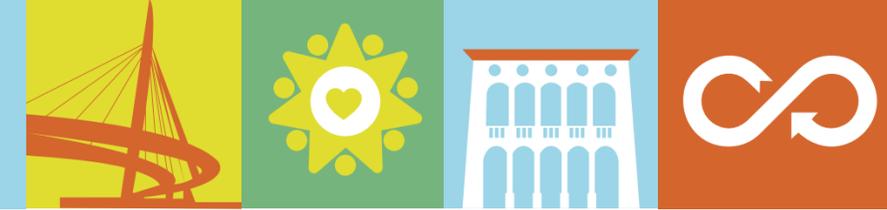
↑ **Produzione dei  
biostimolanti e uso  
in agricoltura**

↑ Essiccazione ed uso  
come combustibile per  
il ciclo produttivo del  
cemento



↓ Evitata produzione ed  
uso di fertilizzanti chimici

↓ Evitato coke petrolifero



# Modellizzazione: produzione dei biostimolanti

Due sottoscenari – diverso approccio modellistico per il calcolo della quantità dei fertilizzanti chimici evitati

**SA:** quantificazione basata sul contenuto di macronutrienti (P, C e K) nella biomassa e nei fertilizzanti

**SB:** riduzione del **5% (approccio cautelativo)** del dosaggio areale annuale dei fertilizzanti

## Biostimolanti

Maggiore efficienza di sfruttamento dei nutrienti disponibili



Sviluppo di un robusto sistema radicale



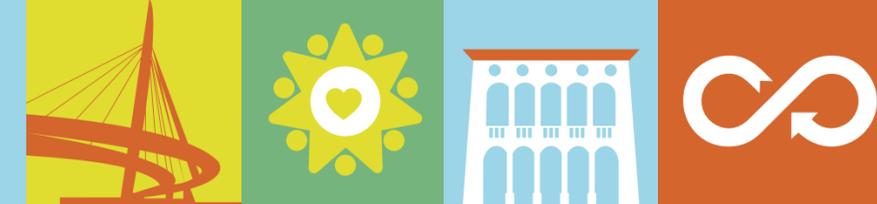
Sviluppo di un microbiota del suolo dinamico



Maggiore tolleranza agli stree di natura abiotica



Da letteratura:  
Il raccolto (e la qualità dei frutti) non viene alterato considerando riduzioni tra il **25% e il 40%**



## Risultati - Caratterizzazione

**BENEFICI** o **IMPATTI AGGIUNTIVI** rispetto al sistema di trattamento acque tradizionale (senza integrazione algale)

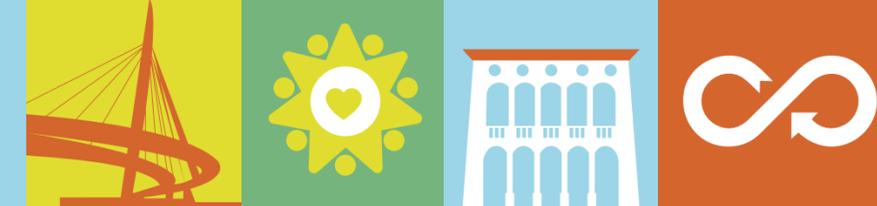
| Categoria d'impatto                      | Unità                  | SA        | SB        |
|--|------------------------|-----------|-----------|
| Acidificazione (A)                       | moli H <sup>+</sup> eq | 1.94E+00  | 6.03E-01  |
| Cambiamento climatico (CC)               | kg CO <sub>2</sub> eq  | -3.47E+00 | -2.23E+02 |
| Ecotossicità (acqua dolce) (Ed)          | CTUe                   | 1.78E+01  | -1.42E+04 |
| Particolato (P)                          | Incidenza di malattia  | 1.35E-05  | -2.74E-07 |
| Eutrofizzazione (marina) (Eum)           | kg N eq                | 6.02E-02  | -1.19E-01 |
| Eutrofizzazione (acqua dolce) (Eud)      | kg P eq                | 4.82E-04  | -4.30E-02 |
| Eutrofizzazione (terrestre) (Eut)        | moli N eq              | 8.63E+00  | 4.97E+00  |
| Tossicità umana (cancerogena) (TUC)      | CTUh                   | 5.77E-09  | -1.67E-07 |
| Tossicità umana (non cancerogena) (TUNC) | CTUh                   | 1.07E-06  | -1.77E-05 |
| Radiazioni ionizzanti (RI)               | kBq U-235 eq           | 3.90E-01  | -1.27E+01 |
| Uso del suolo (US)                       | Pt                     | 6.40E+02  | -6.60E+02 |
| Riduzione strato di ozono (RO)           | kg CFC11 eq            | -1.01E-09 | -5.83E-06 |
| Formazione fotochimica dell'ozono (FFO)  | Kg NMVOC eq            | 7.76E-04  | -6.70E-01 |
| Uso di risorse fossili (URF)             | MJ                     | -1.79E+01 | -3.05E+03 |
| Uso di risorse minerali e metalli (URM)  | kg Sb eq               | 6.86E-06  | -2.53E-03 |
| Consumo acqua (CA)                       | m <sup>3</sup> acqua   | 1.19E+01  | -1.44E+02 |



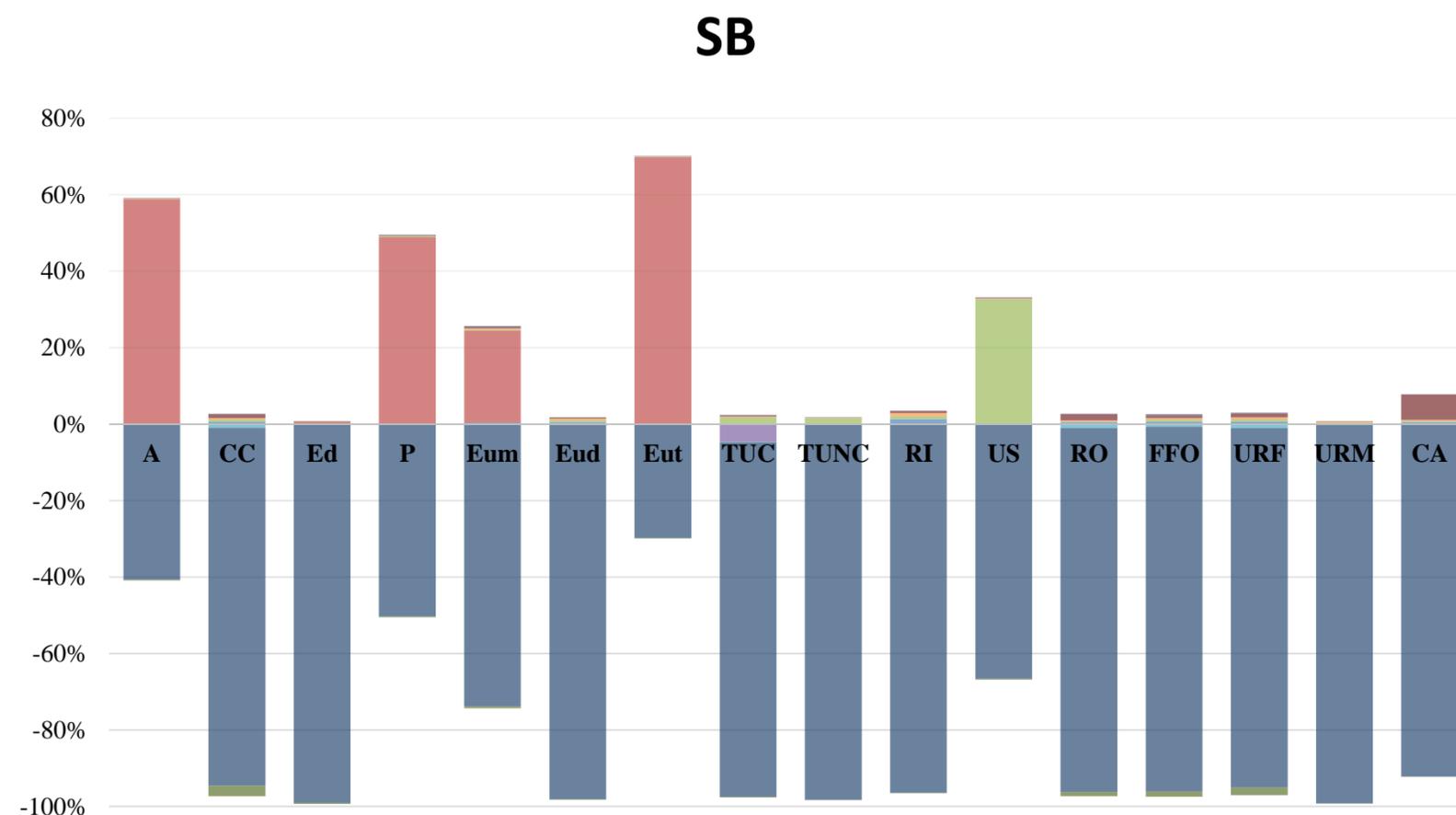
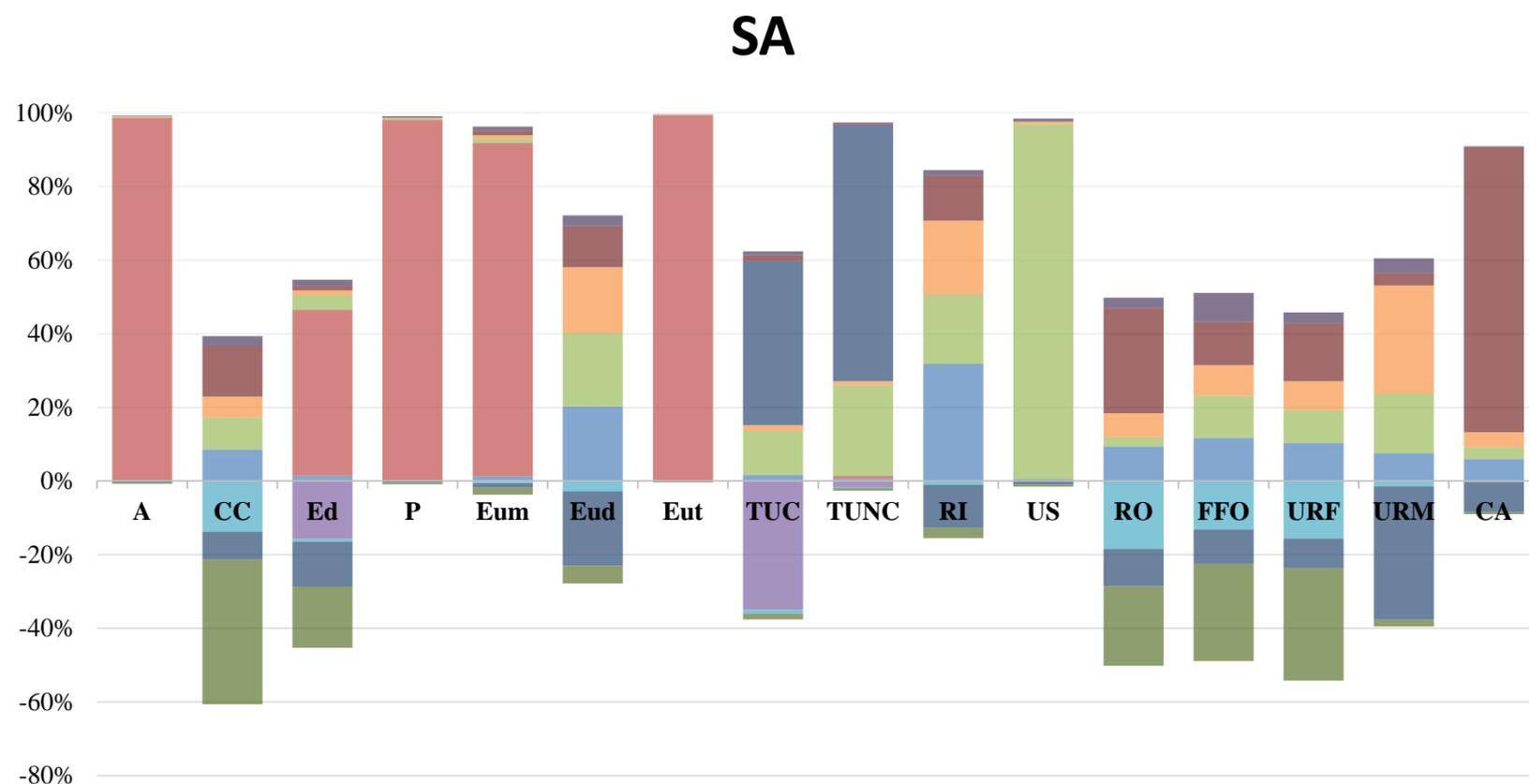
SA: 3 categorie su 16



SB: 14 categorie su 16



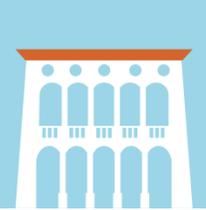
# Risultati – Analisi dei contributi



- Trasporti
- Evitata produzione di coke petrolifero dovuta all'uso della biomassa
- Essiccamento delle alghe per uso in cementificio
- **Uso dei biostimolanti - evitato uso di fertilizzanti chimici**
- **Produzione di biostimolanti**
- Recupero di metano WWTP
- Emissione di metalli pesanti nel corpo idrico ricettore WWTP
- Realizzazione del bacino algale WWTP
- Emissioni in atmosfera WWTP
- Consumi di energia elettrica WWTP

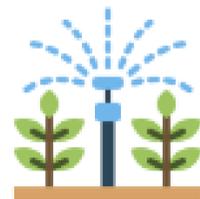


Riduzione del 5% di fertilizzanti chimici



## Conclusioni

- Possibili vantaggi dall'integrazione algale nel sistema di trattamento delle acque reflue
- Prestazioni ambientali differenti a seconda dell'approccio modellistico  
→ rappresentatività
- I benefici dei biostimolanti richiedono ulteriori ricerche e approfondimenti  
→ Riduzione dell' **acqua per irrigazione** e dei **pesticidi**





*XVIII Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA*

# Grazie

[irene.crippa@polimi.it](mailto:irene.crippa@polimi.it)

