

# Il progetto Microgate: l'uso delle microalghe per depurare effluenti agro-zootecnici

ELENA FICARA

*POLITECNICO DI MILANO*  
*Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale - Sezione ambientale*

# Ricerca sulla crescita delle microalghe sulle acque reflue

Esistono impianti dimostrativi, ad esempio:

- Spagna del sud, Chiclana
- California, Dehli and San Luis Obispo
- Nuova Zelanda, Christchurch, Hamilton
- Marocco

**HARP = High Rate Algal Pond**



Figure 5 Photograph of a HRAP paddlewheel, Christchurch, New Zealand.



Figure 2 Photograph of a covered anaerobic HRAP system in the Waikato, New Zealand.

# Applicazioni in fase di sperimentazione

## Coltivazione su reflui liquidi di varia origine

- **Digestati agro-zootecnici (progetto MICROGATE)**
- Digestati da digestione fanghi civili (progetto IMAP)
- **Reflui zootecnici (progetto MICROGATE)**
- Reflui caseari (Polo delle Microalghe)



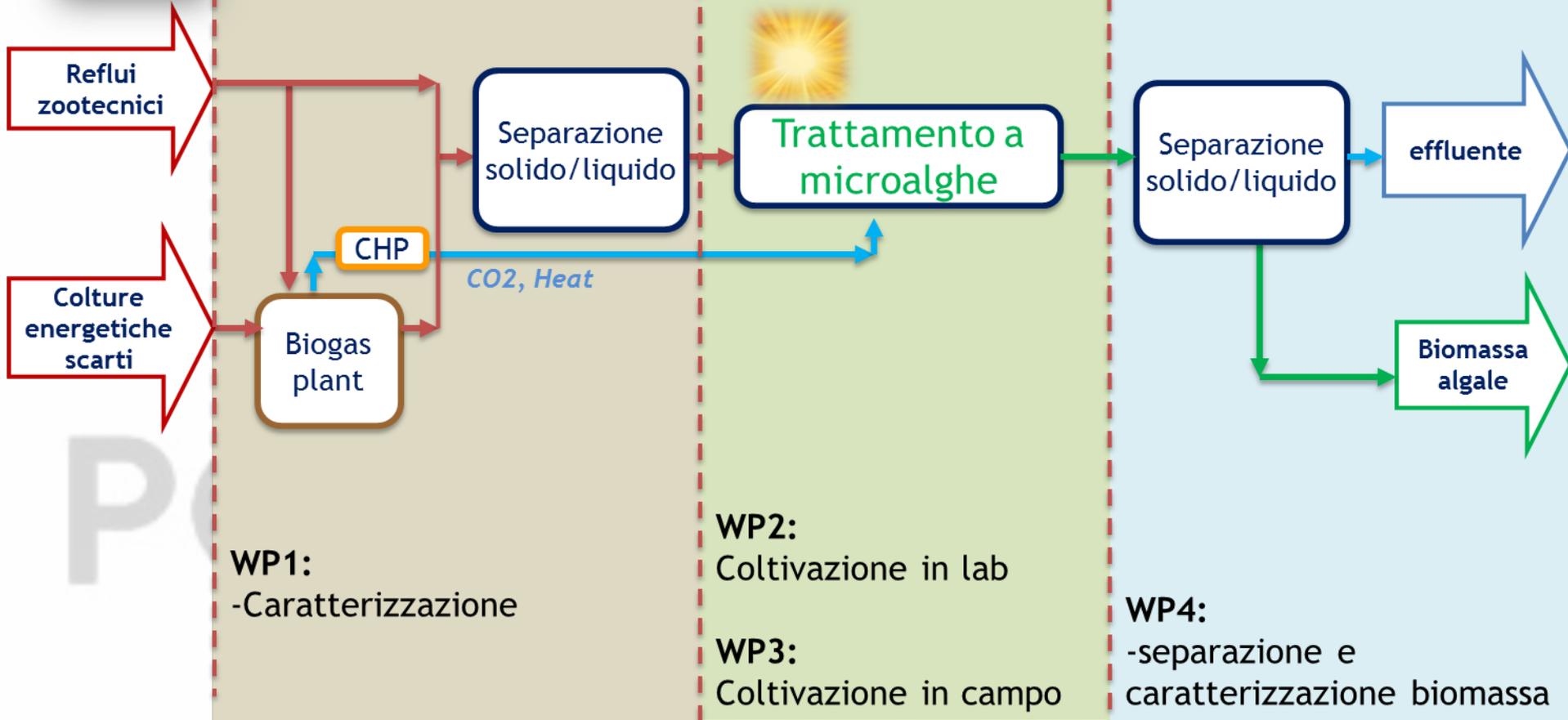
## Vantaggi integrazione in impianti a biogas

- Presenza di flussi ricchi di azoto e fosforo (separato liquido del digestato)
  - Presenza di flussi gassosi ricchi di CO<sub>2</sub>
- Presenza di attrezzature ed impianti sfruttabili (es: separatore S/L)

# Il progetto MICROGATE



fondazione  
c a r i p l o



# Fasi sperimentali

❑ I reflui considerati, **caratterizzazione**



❑ Le prove di crescita in batch e in continuo



Scala LAB  
batch 10-250 mL



Scala LAB  
continuo 250 -3000 mL



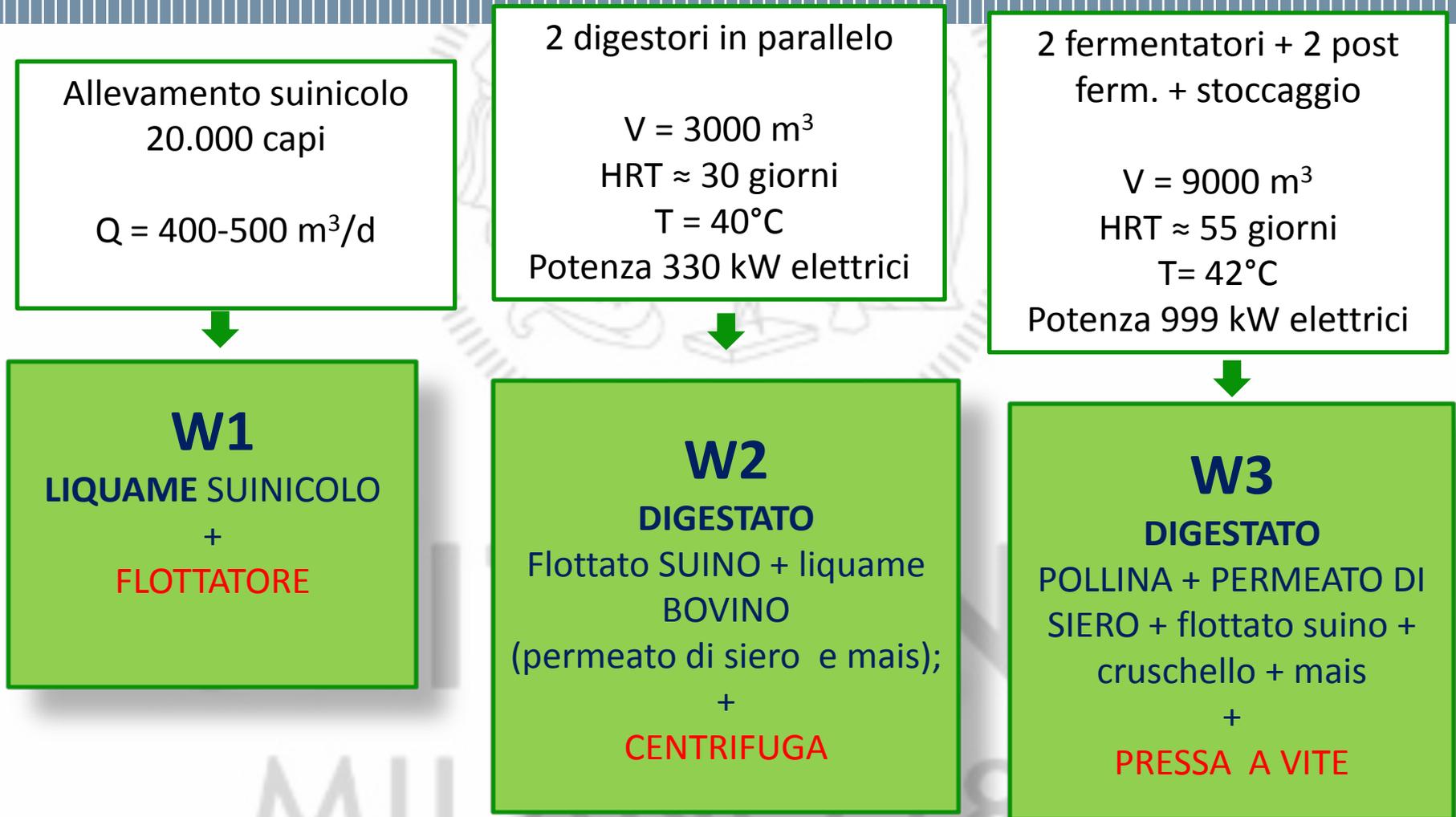
Scala pilota  
90-1000 L

❑ La valorizzazione della biomassa prodotta

- **Separazione** e concentrazione
- Valorizzazione
  - ammendanti/fertilizzanti
  - Bioplastiche, biocombustibili (**Biogas**, Bioetanolo)



# Caratterizzazione digestati/reflui agrozootecnici



# Caratterizzazione digestati/reflui agrozootecnici

## Caratteristiche ideali

- Bassa torbidità/solidi
- pH fisiologico
- Concentrazione di N-NH<sub>4</sub> non inibente alla crescita delle alghe
- Rapporto N:P=10:1,

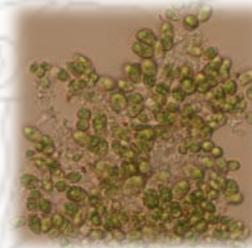
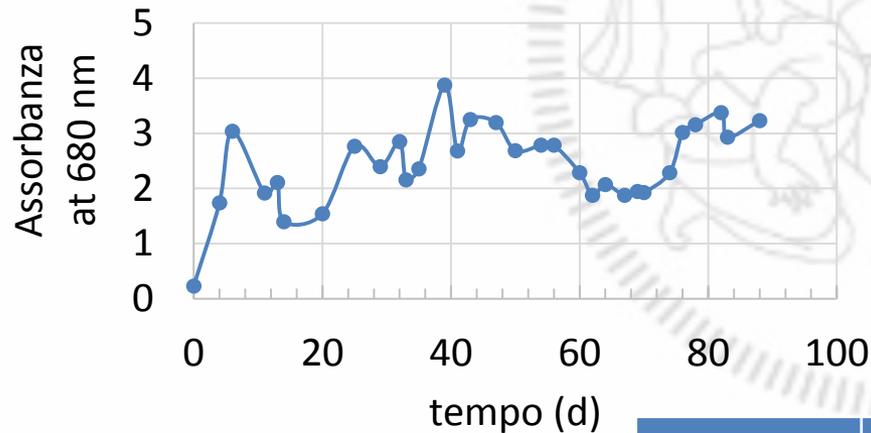
PARAMETRI	W1 LIQUAME SUINICOLO		W2 DIGESTATO		W3 DIGESTATO	
	MEDIA		MEDIA		MEDIA	
	TQ	SL	TQ	SL	TQ	SL
TS g/L	5	2	73	7,5	591	53
VS (g/l)	3	0.74	51	2	37	32
pH	7.4	7.3	7.7	8.1	7.8	8.2
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	152	148	1920	1300	2240	2150
P (mg/l)	25	19	142	26	239	271
Torbidità (FAU)	148	191	4280	70	3660	4460
COD sol (mg/l)	1390	1070	4220	1920	4240	5070
COD tot (mg/l)	4550	1000	72440	3400	5560	50000

# Prova di crescita in semi-continuo su W1



Tempo di ritenzione idraulica: 9 → 5 giorni

**W1: Produttività** = 350 mgSS/L/d



**Consortio algale misto:**  
*Scenedesmus spp.*  
*Chlorella spp.*

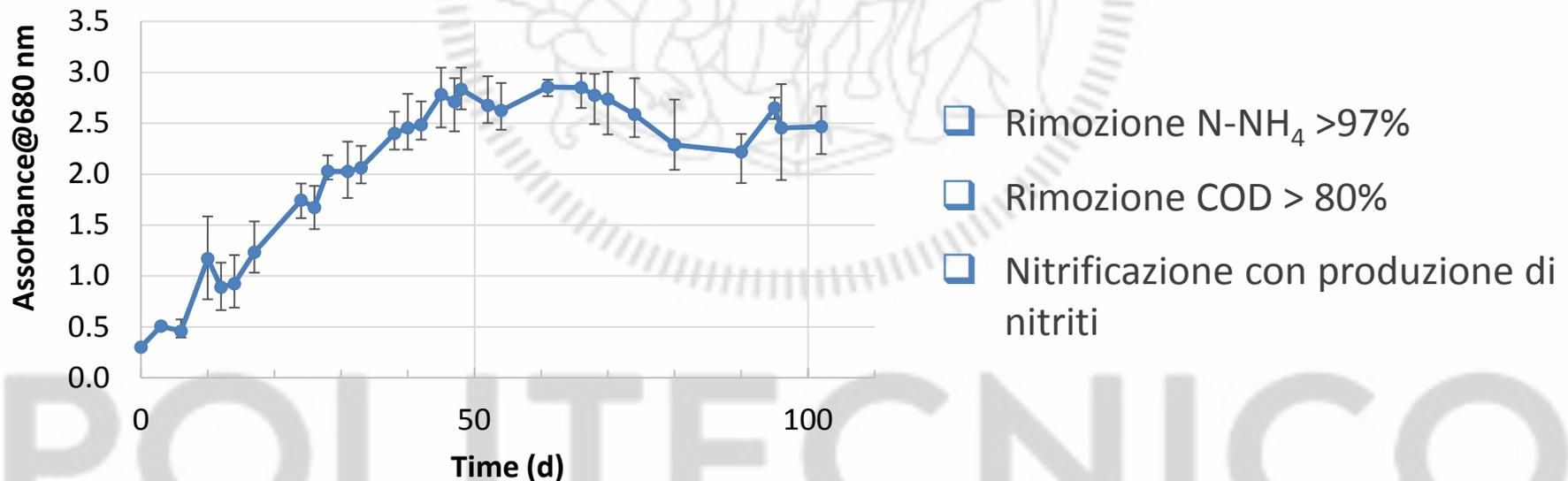
	Concentrazione W1 (mg/L)	Concentrazione sospensione algale (mg/L)	Efficienza di rimozione (%)
N-NH <sub>4</sub>	396	32,1	92%
N-NO <sub>2</sub>	0,04	90,3	
N-NO <sub>3</sub>	4,0	4,3	
P-PO <sub>4</sub>	22	4,9	78%
COD	2180	602	72%
Ntot	400	127	68%

# Prova di crescita in semi-continuo su W2



**Produttività** =  $27 \pm 13$  mgSS/L/d

Con tempo di ritenzione idraulica di 55 giorni



*Seconda prova: con W2 a ridotta (500 mgN/L) concentrazione di  $NH_4$  (strippaggio):*

**Produttività** =  $82 \pm 18$  mgSS/L/d

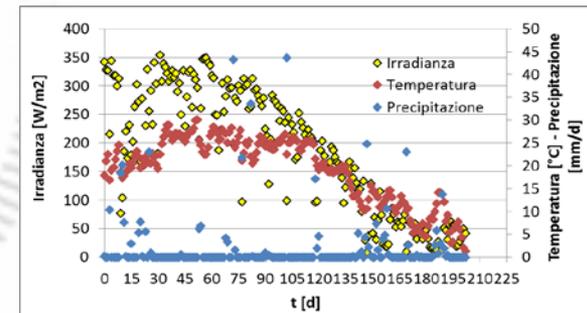
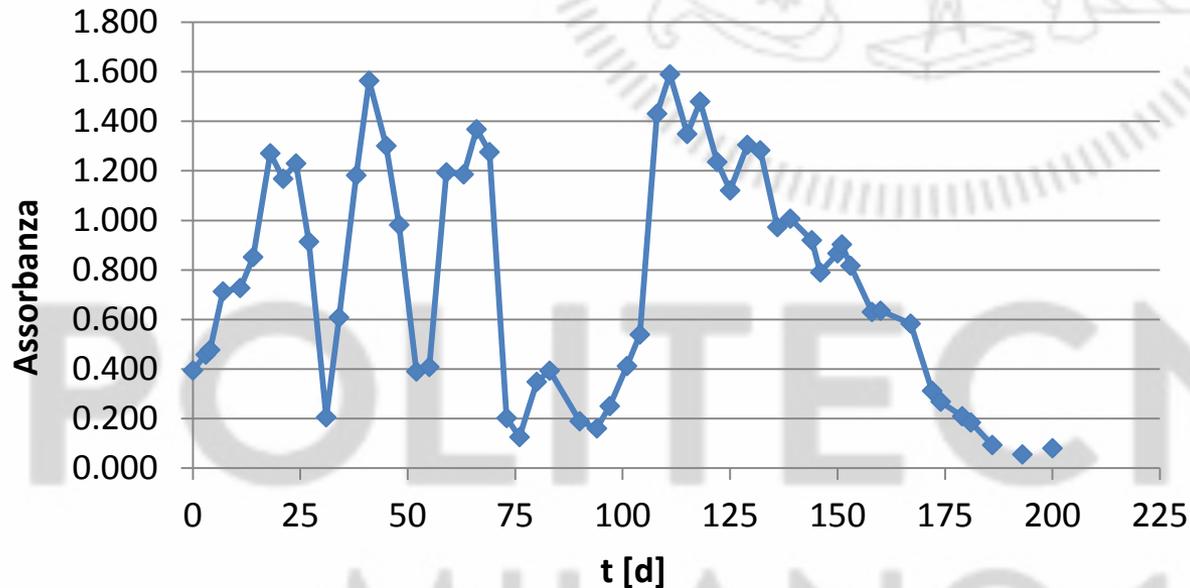
Con tempo di ritenzione idraulica di 9-11 giorni

# Prova di crescita scala pilota W2



**Raceway** presso Azienda Agricola cremonese:

- $A = 4 \text{ m}^2$  ( $V = 0,9 \text{ m}^3$ ),
- Controllo pH con  $\text{CO}_2$
- Alimentazione continua (tempo di residenza idraulico 10 d)



**Produttività areale**

=  $18 \text{ gSS/m}^2/\text{d}$

=  $50 \text{ tSS/ha/anno}$  (su 9 mesi)

(MAIS ~  $17\text{-}21 \text{ tSS/ha/anno}$ )

# Prova di crescita scala pilota

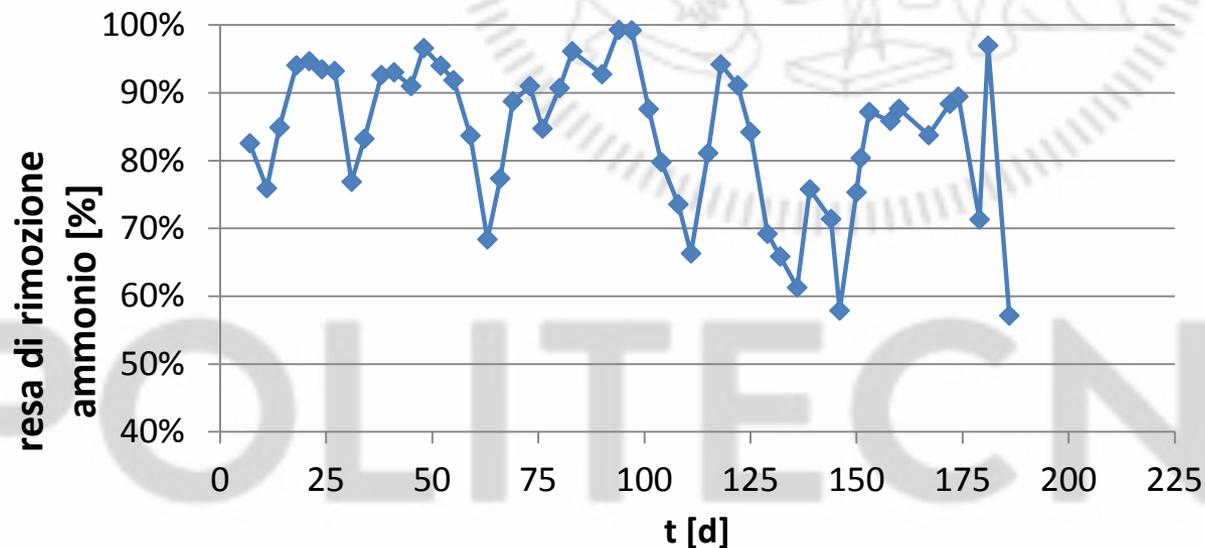
## W2



### Azoto

Elevata resa di rimozione azoto ammoniacale

Forte **nitrificazione**: fino al 95% dell'ammonio ossidato a nitrato



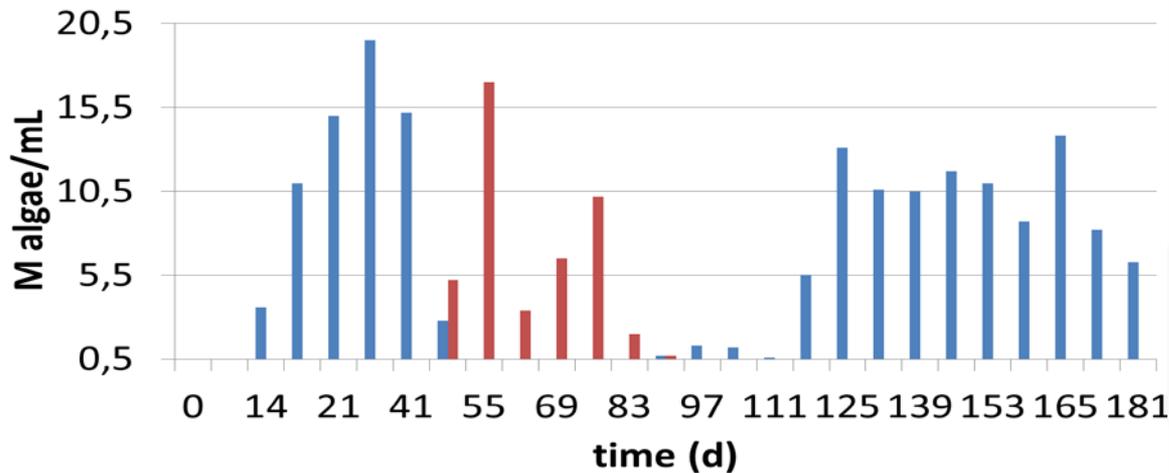
# Prova di crescita scala pilota W2



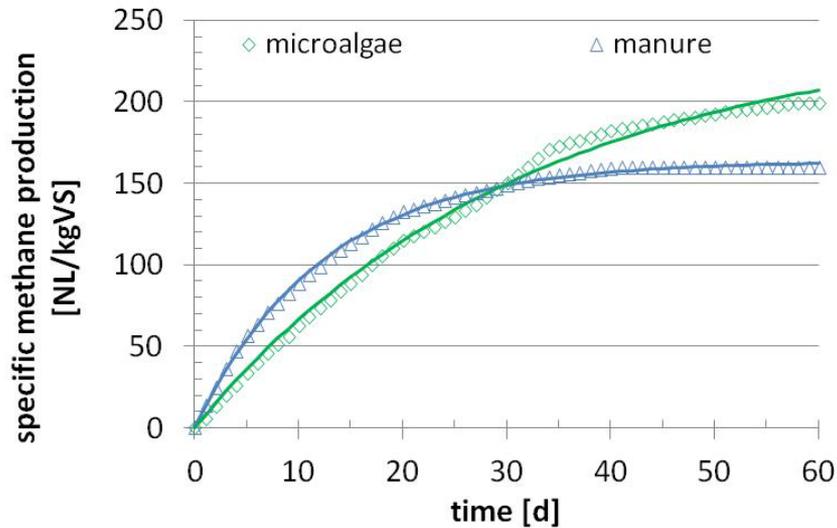
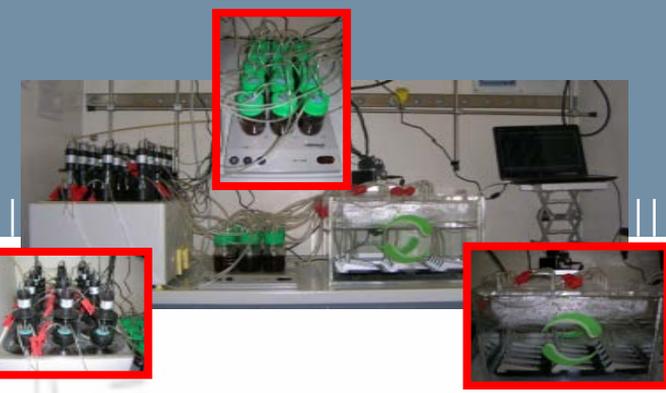
**Conta algale** in citometria

*Chlorella spp.* (max count:  $1,95 \cdot 10^7$  cell/mL)

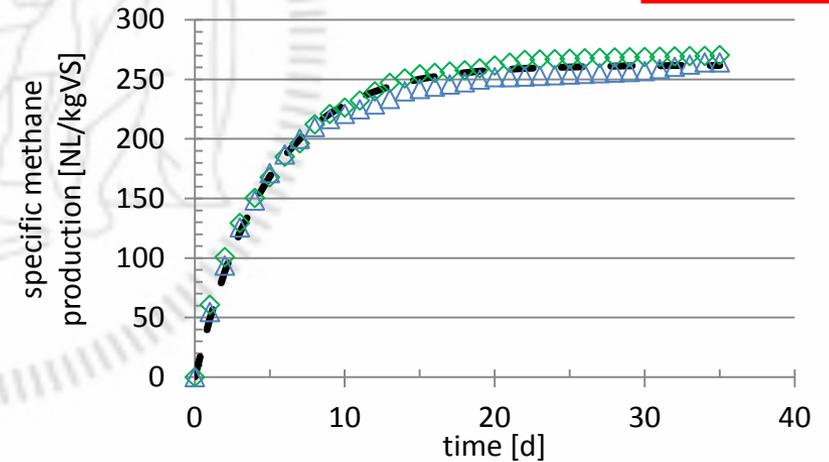
*Acutodesmus spp.* (max count  $1,7 \cdot 10^7$  cell/mL)



# Valorizzazione biomassa algale produzione di biogas



Alghe cresciute su W2



Alghe cresciute su W1

	BMP (m <sup>3</sup> /tSS)	produttività (tss/ha/y)	potenza (MWh/ha/y)
<b>mais</b>	350	19	26,3
<b>alghe</b>	210	50	41,6

# Conclusioni e *prospettive*

- ❑ Microalghe coltivabili
  - su reflui zootecnici : ottimi risultati in prova lab in continuo → *prova pilota*
  - su digestato : limite di produttività legato a concentrazione azoto ammoniacale
  - Rimozione N inversamente proporzionale a nitrificazione → *comprendere come gestire consorzio alghe/batteri*
- ❑ Produttività risente di condizione meteo → *controllare almeno la temperatura utilizzando cascami di calore disponibili in impianto*
- ❑ Potenziale metanigeno interessante → prove di co-digestione

## ***Nei prossimi mesi:***

- *Produzione bioplastiche e bioetanolo*
- *Analisi statistiche e approfondimento relazione nitrificanti/alghe*

Katia Parati  
Roberto Puglisi  
Lorenzo Proietti  
Luciano Foglio  
Federico Castillo

Valeria Mezzanotte  
Francesca Marazzi



fondazione  
**cariplo**



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

Elena Ficara  
Davide Scaglione  
Micol Bellucci  
Simone Rossi

**GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE**

*ELENA.FICARA@POLIMI.IT*