

FASE 3 di progetto: Resp. Prof.ssa Simonetta Pancaldi

Tecnologie basate sull'impiego di microalghe per l'abbattimento del carico di azoto e fosforo in surnatanti derivati da depuratori municipali

Prof.ssa Costanza Baldisserotto



Coordinatore



Partner



Progetto co-finanziato nell'ambito del POR FESR 2014-2020 della Regione Emilia Romagna e dal Fondo per lo Sviluppo e la Coesione





Attività industriali

Authors' proprietary image

From: WordPress.com



Attività domestiche

From: eschool.com

From: William Duke



Attività agricole

From: FAO, IWMI

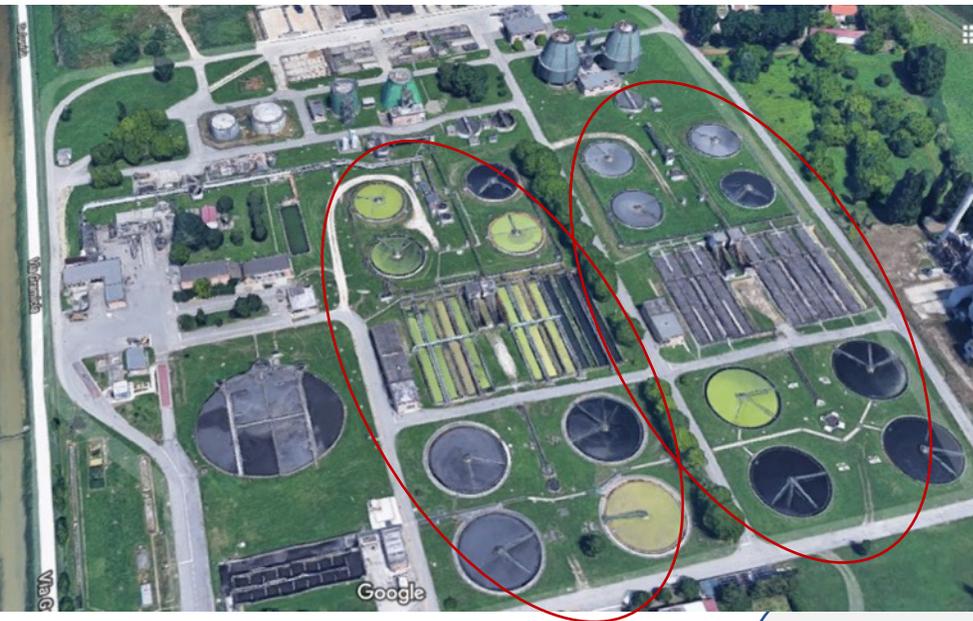
ACQUE REFLUE: Fonti, problematiche e gestione

Le principali problematiche associate al rilascio di acque reflue non trattate nei corpi idrici naturali:

- Eutrofizzazione
- Input di metalli o di inquinanti chimici
- Input di batteri e altri microrganismi potenzialmente patogeni

**NECESSARIO IL TRATTAMENTO DELLE
ACQUE REFLUE**

DEPURATORI



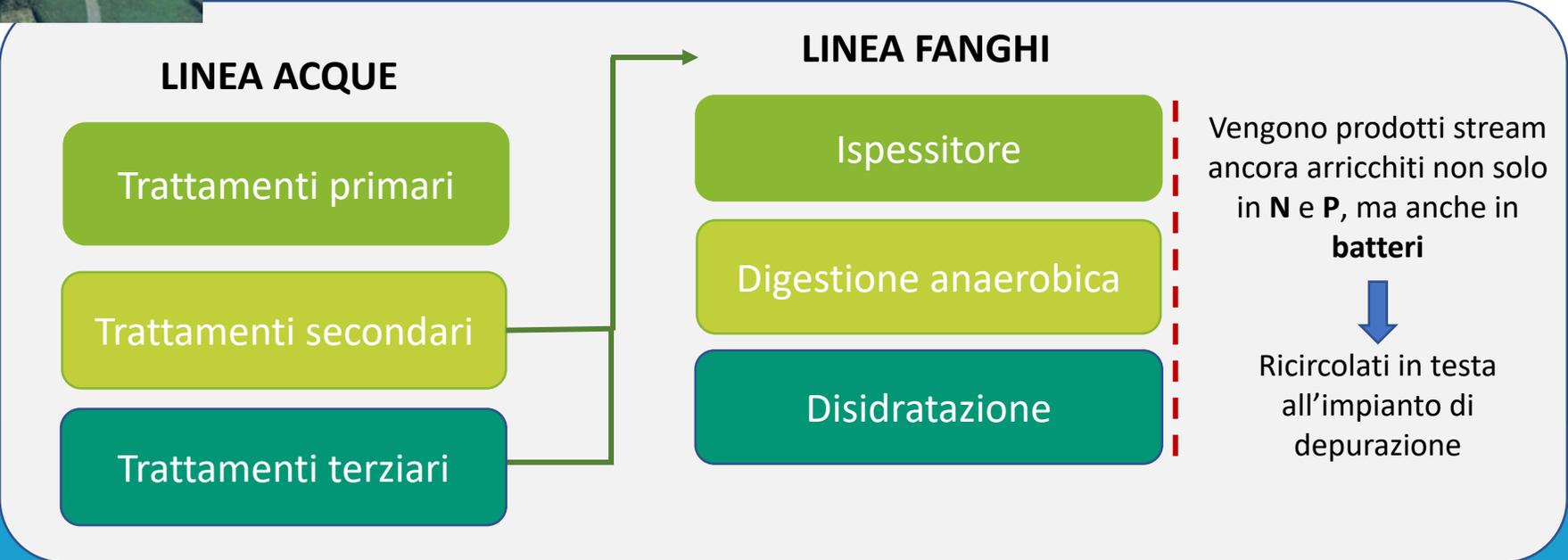
IMPIANTO DI DEPURAZIONE HERA - FERRARA

→ Trattamento di acque civili e industriali

→ Impianto di tipo tradizionale

→ **Linea acque e linea fanghi**

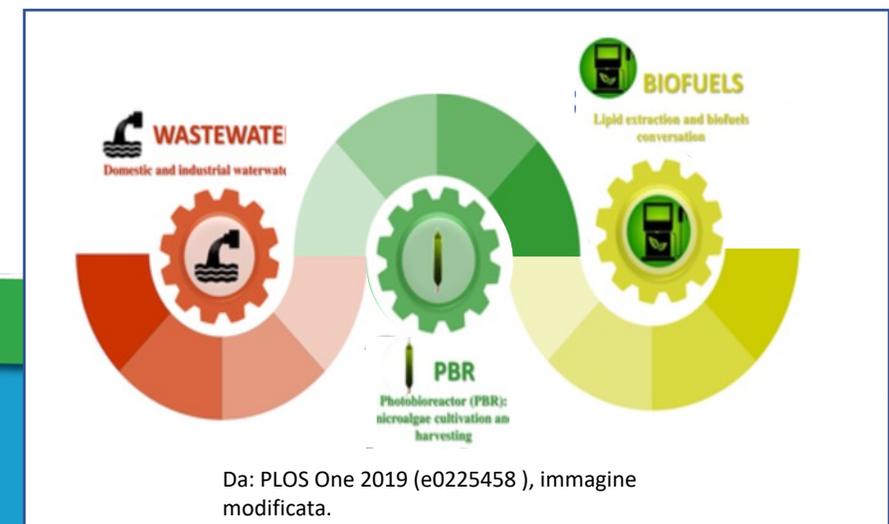
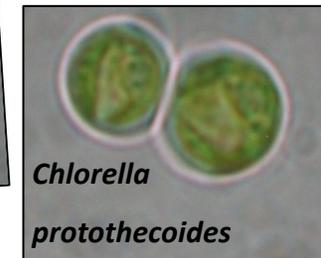
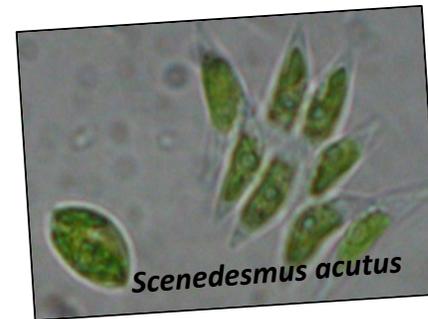
per soddisfare quanto richiesto dalle normative per il rilascio in ambiente (91/676/CEE and 91/271/CEE)



DEPURAZIONE DELLE ACQUE REFLUE MEDIANTE L'UTILIZZO DI MICROALGHE

MICROALGHE

- Microrganismi fotosintetici
- Enorme biodiversità e adattabilità all'ambiente
- Alti tassi di crescita e di produttività
- Processi di fitodepurazione
- Valorizzazione della biomassa algale dopo la fitodepurazione:
esempi, utilizzo come bio-fertilizzanti o per la produzione di green-energy



FASI DELLA SPERIMENTAZIONE

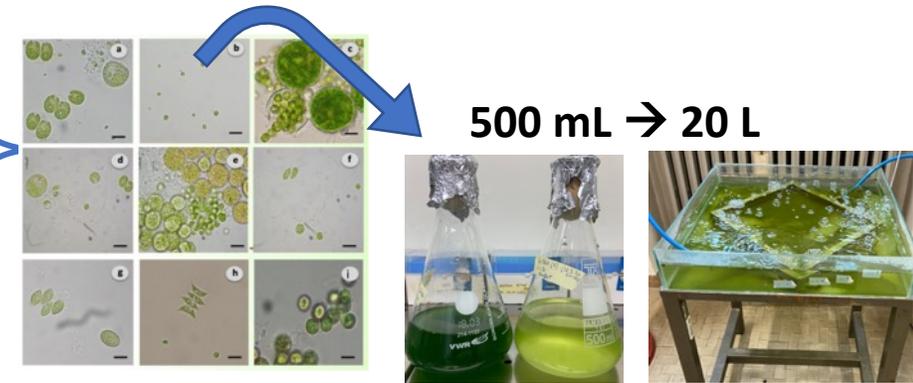
1a. ISOLAMENTO

Isolamento e selezione di ceppi microalgali autoctoni dalle acque reflue della linea fanghi dell'impianto di depurazione di Hera (Ferrara)

1b. LAB TESTS: COLTIVAZIONE E PROVE DI RIMOZIONE AZOTO E FOSFORO

Coltivazione delle microalghie isolate nelle acque reflue e prove di abbattimento di azoto e fosforo

Obiettivo 1



FASI DELLA SPERIMENTAZIONE

1a. ISOLAMENTO

Isolamento e selezione di ceppi microalgali autoctoni dalle acque reflue della linea fanghi dell'impianto di depurazione di Hera (Ferrara)

1b. LAB TESTS: COLTIVAZIONE E PROVE DI RIMOZIONE AZOTO E FOSFORO

Coltivazione delle microalghie isolate nelle acque reflue e prove di abbattimento di azoto e fosforo

2. SCALE-UP DI COLTIVAZIONE

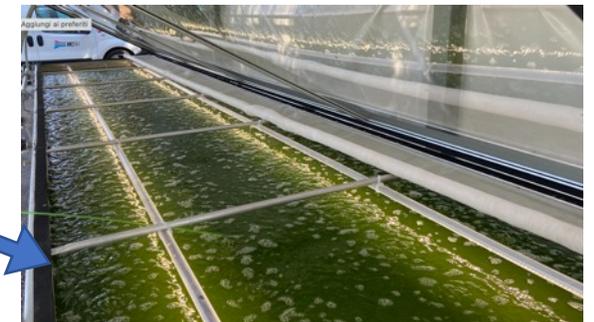
Ampiamento dei volumi di coltivazione e installazione di un prototipo all'interno dell'impianto

Obiettivo 1

Obiettivo 2



Scale up a prototipo: 800 L

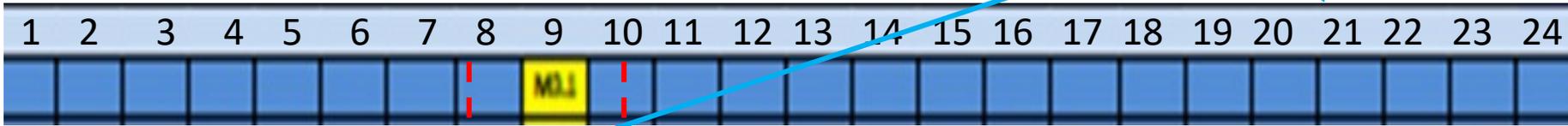


Progetto VALUE CE-IN VALorizzazione di acque reflUE e fanghi in ottica di economia Circolare e Simbiosi Industriale

Attività	Mese																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Fase 1 Sviluppo di una centralina intelligente per il monitoraggio on-line e la valutazione real time del destino ottimale delle acque reflue urbane.																									
A1) Valutazione della disponibilità di acque reflue municipali da riutilizzare a scopo irriguo																									
A2) Sviluppo di un sistema smart per il monitoraggio della qualità e valutazione del destino ottimale delle acque reflue depurate																									
A3) Valutazioni tecnico-economiche relative a scenari di implementazione di pratiche di riutilizzo																									
Fase 2 Tecnologie e sistemi smart per l'utilizzo a scopo irriguo di acque reflue urbane depurate																									
A1) Valutazione del potenziale regionale di riutilizzo a scopo irriguo																									
A2) Sviluppo dell'impianto pilota/prototipale per l'irrigazione di precisione con acque reflue depurate																									
A3) Dimostrazione di tecnologie dell'impianto pilota/prototipale per l'irrigazione di precisione con acque reflue depurate																									
A4) Valutazioni tecnico-economiche sul sistema prototipale integrato																									
Fase 3 Sistemi di trattamento e recupero di flussi intermedi e fanghi di supero prodotti dai depuratori municipali, in ottica di economia circolare																									
A1) Verifica su scala pilota di una tecnologia innovativa basata sull'utilizzo di microalghe																									
A2) Sperimentazione di processi per la funzionalizzazione di bio-char da pirolisi e reforming dei fanghi di depurazione																									
A3) Valutazione del processo di Liquefazione Idrotermica per la conversione dei fanghi primari e secondari																									
Fase 4 Sicurezza delle pratiche di riutilizzo: monitoraggio e trattamento di contaminanti emergenti nelle acque reflue depurate e nei fanghi																									
A1) Individuazione di contaminanti emergenti di riferimento e definizione di protocolli analitici																									
A2) Conduzione di campagne di monitoraggio su impianti di depurazione di EC di contaminanti emergenti																									
A3) Valutazione sperimentale di sistemi tecnologie per la rimozione di contaminanti emergenti																									
Fase 5 Implementazione e sviluppo di una piattaforma di Simbiosi Industriale per i processi di trattamento reflui in ambito municipale produttivo																									
A1) Analisi dei principali flussi di materia ed energia di impianti di depurazione																									
A2) Implementazione di possibili percorsi di simbiosi nel tessuto produttivo regionale																									
A3) Applicazione della Piattaforma di Simbiosi Industriale																									

D DELIVERABLE
M MILESTONE

- D1.1** Elaborazione report
- M1.2.1** Realizzazione ed installazione del sistema prototipale presso l'impianto di depurazione HERA di Cesena
- M1.2.2** Messa a regime del sistema prototipale ed acquisizione di dati operativi rappresentativi
- D2.1** Elaborazione report
- M2.2** Realizzazione ed installazione di impianto pilota prototipale per irrigazione di precisione colture ortive con acque reflue depurate
- M2.3** Sviluppo di colture su campo sperimentale pilota per la conduzione di test di valutazione degli effetti su
- D2.4** Elaborazione report
- M3.1** Realizzazione prototipale del fotobioreattore ed installazione presso l'impianto di depurazione HERA di
- M3.2** Messa a regime dell'impianto prototipale di pirolisi e reforming di fanghi di supero con conseguente
- M3.3** Messa a regime dell'impianto prototipale di idrolisi termoliquida dei fanghi di supero con conseguente produzione di bio-olio da valutare
- M4.1** Definizione dell'elenco di contaminanti emergenti target dello studio
- M4.3** Messa a punto del reattore sperimentale finalizzato alla rimozione dei contaminanti emergenti
- M5.1** Identificazione dell'impianto di depurazione da considerare come caso studio di riferimento
- M5.2** Individuazione dei principali target e stakeholders per l'attivazione dei tavoli di confronto per l'acquisizione dei dati necessari alla piattaforma
- M5.3** Implementazione del database alla base della piattaforma di simbiosi industriale e definizione della matrice <origine, destinazione>



Isolamento/
coltivazione
microalghe in
laboratorio



Fitodepurazione
N e P in beuta

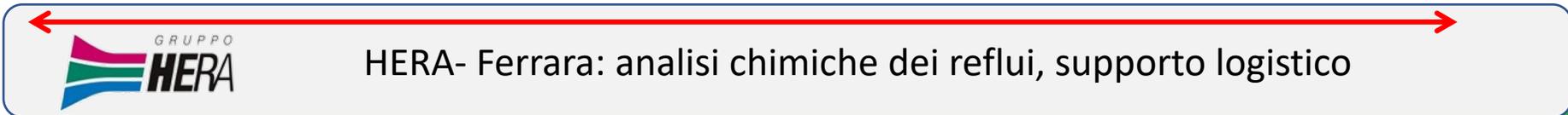
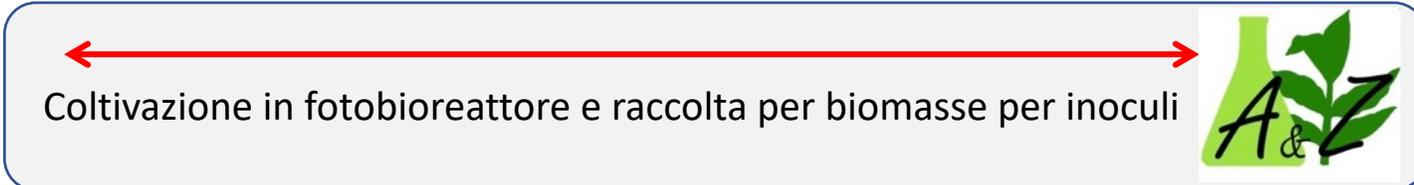


Verifica sperimentale in prototipo



Report finale

Installazione
prototipo

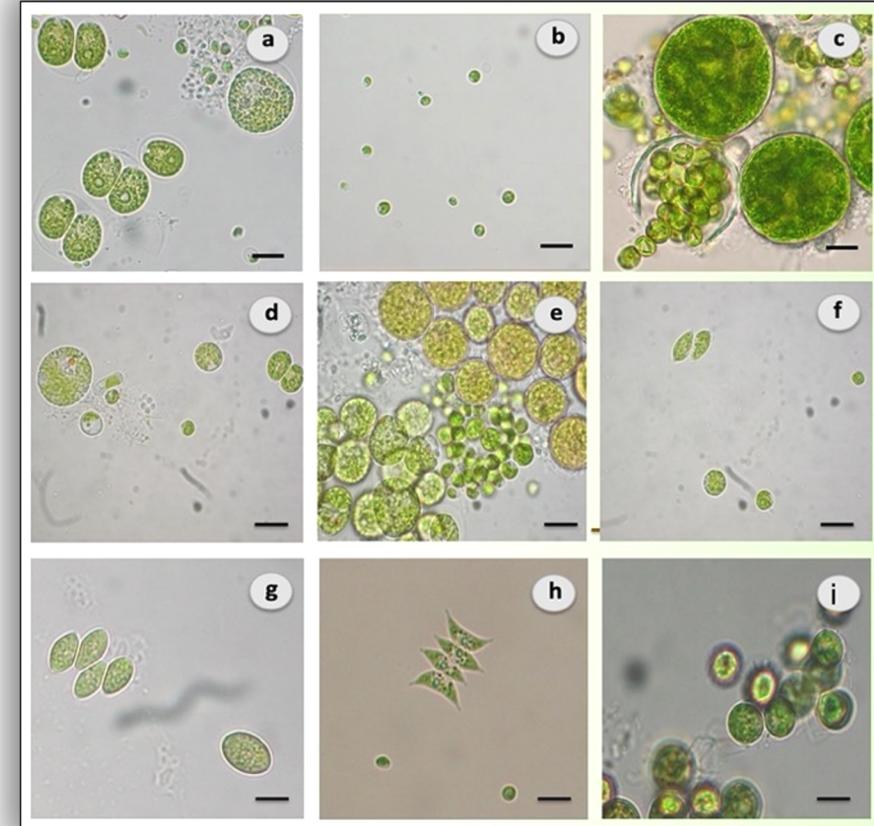
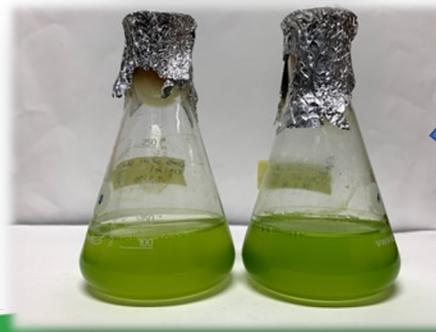
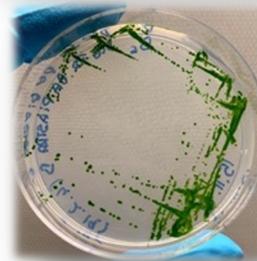


RISULTATI OBIETTIVO 1

1a parte delle attività

Isolamento di **microalghe autoctone** direttamente dai reflui

1. surnatante dell'ispessitore
2. digestato del digestore anaerobico
3. centrato della centrifuga



1.

2.

3.

RISULTATI OBIETTIVO 1

1. Stream concentrato dell'ispessitore:

n. 2 isolati interessanti



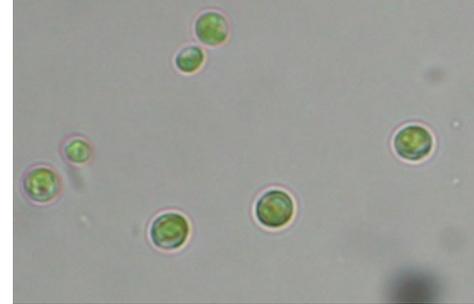
Monocoltura di
alghe
Chlorella-like



Consortio di 3 tipi
microalgali

2. Centrato della centrifuga di disidratazione:

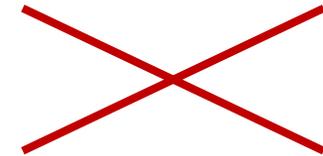
n. 1 isolato interessante



Monocoltura di alghe
Chlorella-like

3. Digestato del digestore anaerobico:

Diversi isolati,
ma nessuno interessante

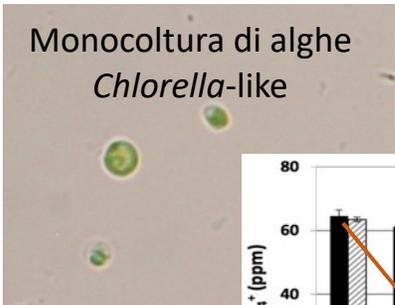


RISULTATI OBIETTIVO 1

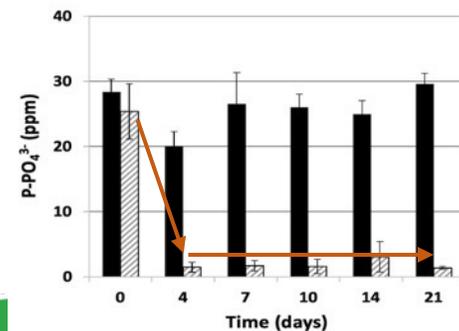
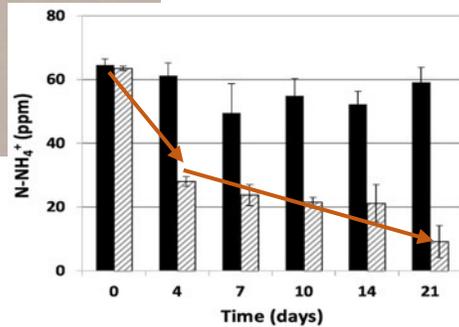
Test di fitodepurazione su scala di laboratorio

1. Stream concentrato dell'ispessitore:

Monocoltura di alghe
Chlorella-like



• Test in beuta

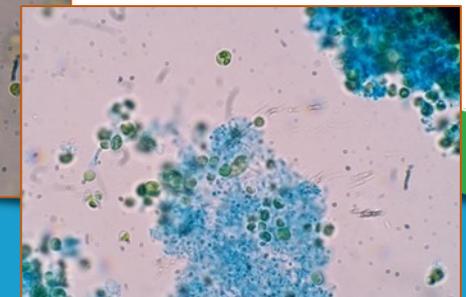
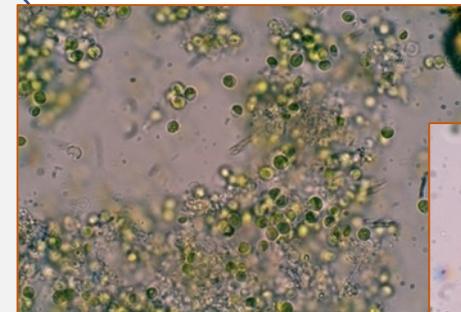
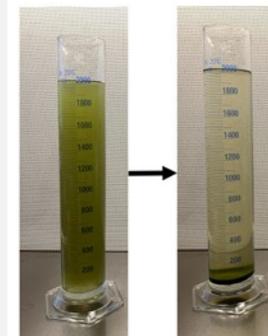


■ Mezzo sintetico
▨ Refluo

• Test in vasca da 20L



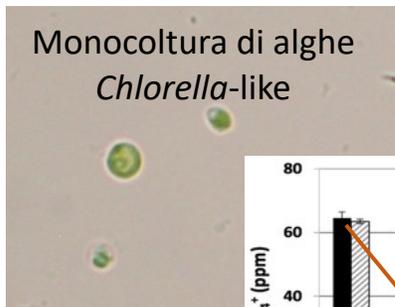
- COD (da 101 mg/L a 63 mg/L)
- BOD (da 26 mg/L a 0 mg/L)
- **Carica batterica (*Escherichia coli*)** (da 19000 UFC/100 mL a <2 UFC/100 mL)
- **Solidi sospesi** (da 54 mg/L a 11 mg/L)



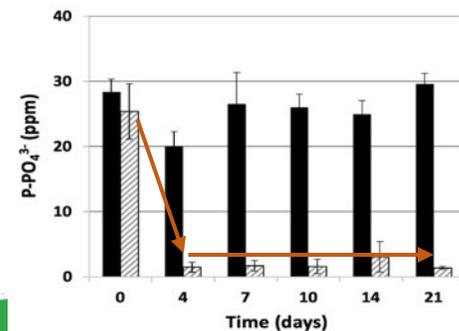
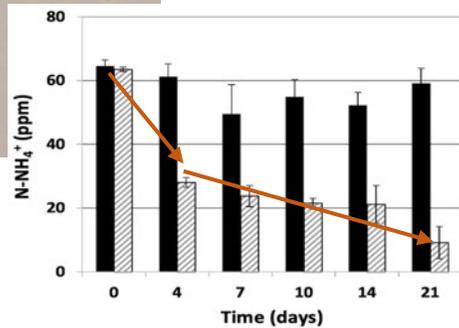
RISULTATI OBIETTIVO 1

Test di fitodepurazione su scala di laboratorio

1. Stream concentrato dell'ispessitore:



- Test in beuta



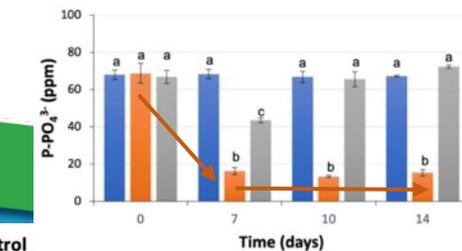
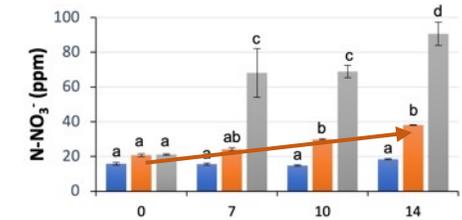
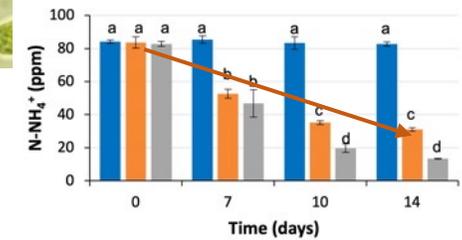
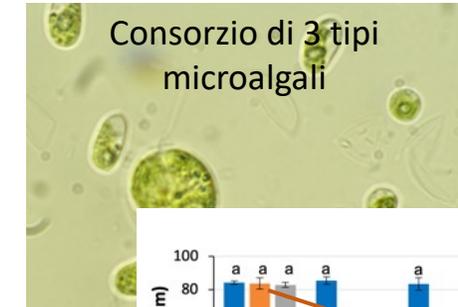
■ Mezzo sintetico
▨ Refluo

- Test in vasca da 20L



Escherichia coli:
Da 19000 a < 2 UFC/100mL

- Test in beuta

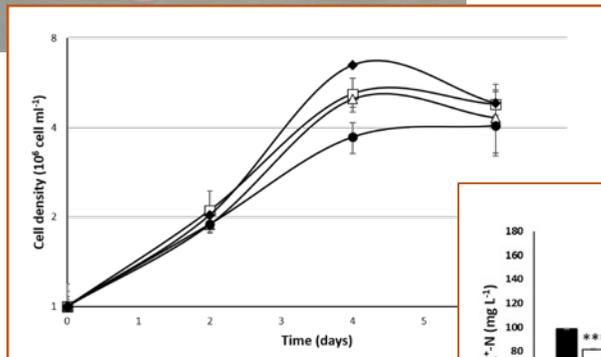


■ Control
■ Treated
■ WW alone

RISULTATI OBIETTIVO 1

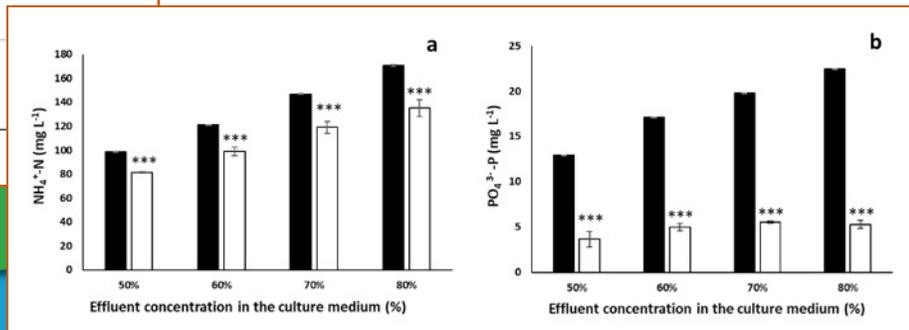
Test di fitodepurazione su scala di laboratorio

2. Centrato della centrifuga di disidratazione:



- **Test in beuta**

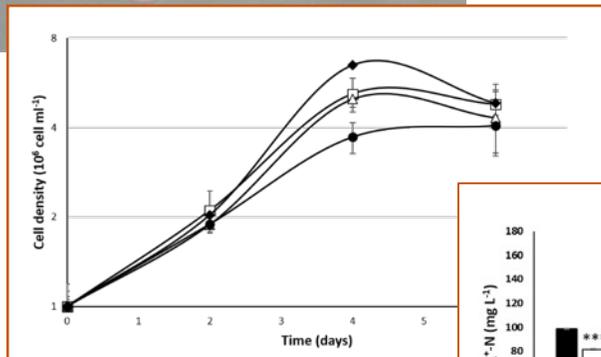
- Bassa capacità di crescita dell'isolato algale
- Necessità di diluire il refluo
- Abbattimento consistente solo per il fosforo



RISULTATI OBIETTIVO 1

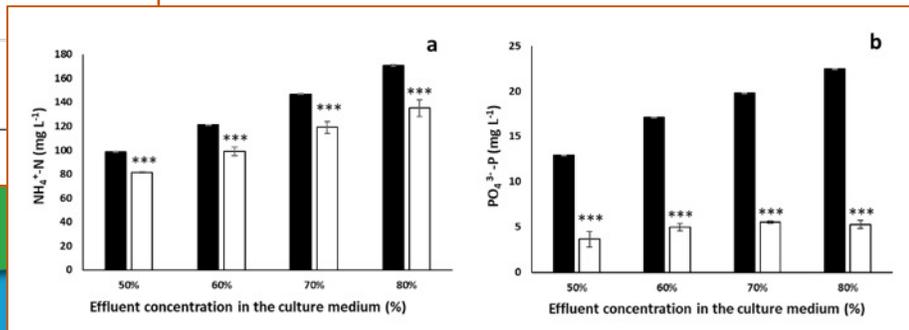
Test di fitodepurazione su scala di laboratorio

2. Centrato della centrifuga di disidratazione:

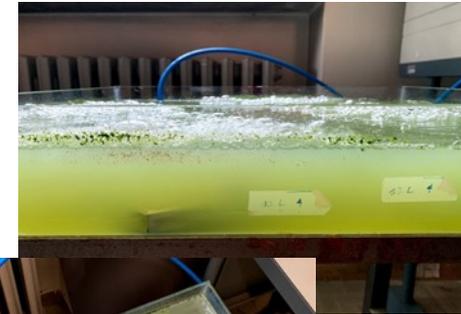


- **Test in beuta**

- Bassa capacità di crescita dell'isolato algale
- Necessità di diluire il refluo
- Abbattimento consistente solo per il fosforo



- **Test in vasca da 20L**



Rapida formazione di una matrice grigio-bianca sul fondo per sedimentazione delle microalghe e dei solidi presenti nel refluo

RISULTATI OBIETTIVO 2

Scale up a
prototipo da 800L

Test in prototipo da 800L e in vasca da 20L con refluo «ispessitore» e ceppo di mono-coltura di tipo *Chlorella* isolata dallo stesso refluo

- Test in stagionalità diverse
- Test per ottimizzare i parametri di coltivazione (es. insufflazione d'aria compressa)



Luogo di
installazione



Ispezzitori da cui viene
prelevato il refluo





Luogo di
installazione



Ispezzitori da cui viene
prelevato il refluo



Impianto di depurazione di Hera S.p.A. – Via
Gramscia, 95 Ferrara ©Google 2020

RISULTATI OBIETTIVO 2

Scale up a prototipo da 800L

- Aumento dei volumi della mono-coltura del ceppo di *Chlorella*-like in fotobioreattori, secondo uno scale up graduale



5-10 litri



100 litri

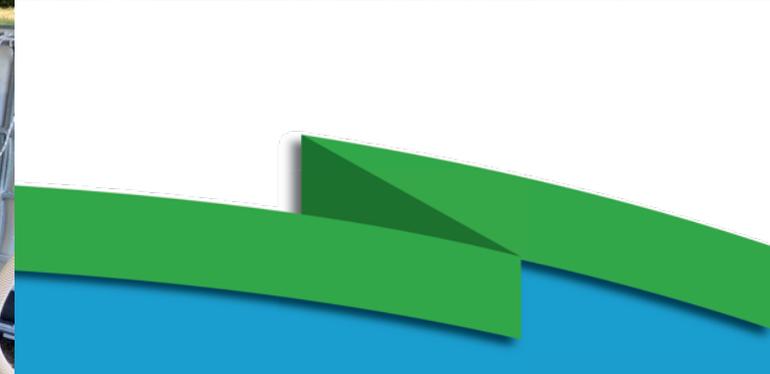


100-200 litri



RISULTATI OBIETTIVO 2

Scale up a
prototipo da 800L



RISULTATI OBIETTIVO 2

Scale up a
prototipo da 800L



RISULTATI OBIETTIVO 2

Scale up a
prototipo da 800L

Prova «tardo-estiva/autunnale»
Insufflazione d'aria

ANALISI UNIVERSITA' DI FERRARA / HERA

	REFLUO INIZIALE (dopo l'inoculo)	REFLUO FINALE (dopo 14gg di coltivazione)
N-NH ⁺ ₄ (mg L ⁻¹)	63,5	<1
N-NO ⁻ ₃ (mg L ⁻¹)	86,4	34,7
N totale (mg L ⁻¹)	149,42	35,6
→ P-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	13,9	11,23
pH	7,39	8,26
COD	82	71
BOD	13	nd
→ E. coli (UFC/100 mL)	3000	<2

PROTOTIPO 800L

Temperatura: 19°C min – 30°C max

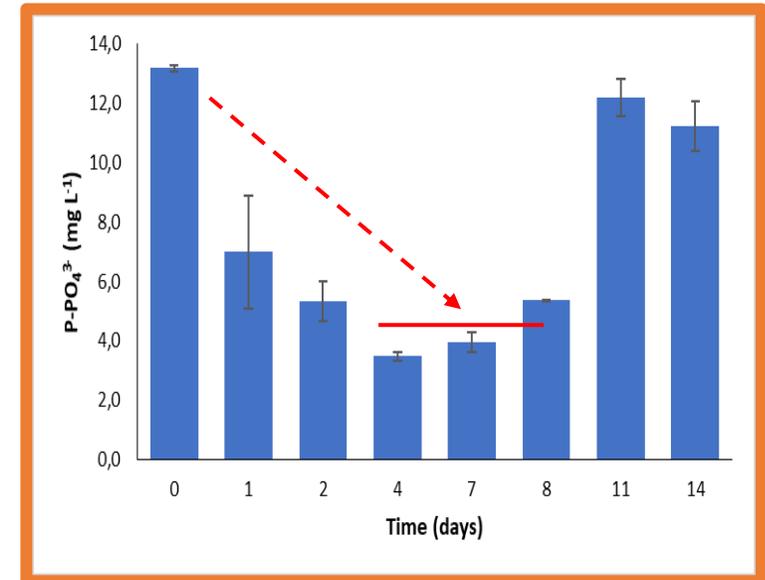
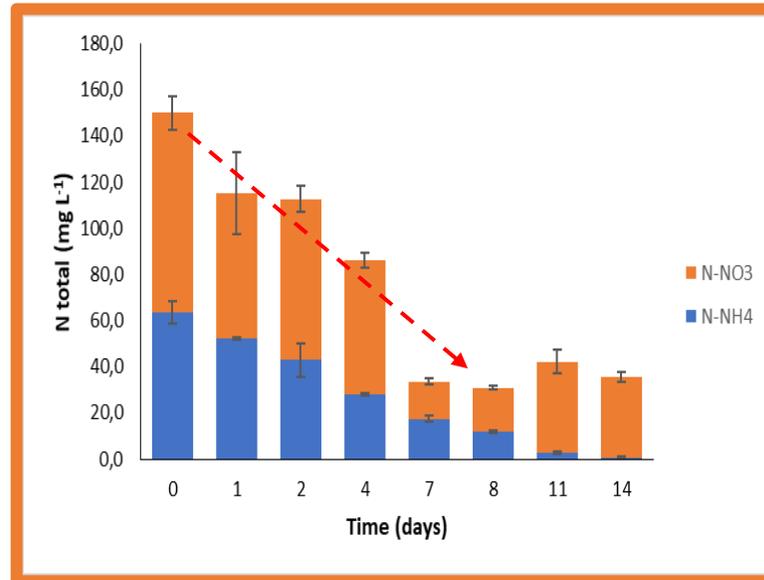
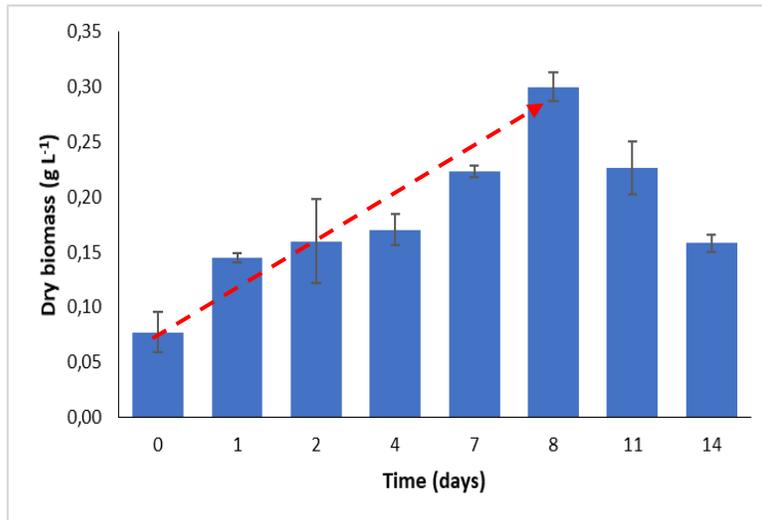
Fenomeni: 1 giorno di pioggia (su 14 giorni di sperimentazione)

Condizioni meteo: prevalentemente sereno e soleggiato

Insufflazione di aria compressa h24

RISULTATI OBIETTIVO 2

Scale up a prototipo da 800L



Dopo 4gg = -42,5 %
 Dopo 8gg = -79,5 %
 Dopo 14gg = -76,3% (causa lieve aumento nitrati)
35,6 ppm di N totale rimasti nel refluo

Dopo 4gg = -73,7 %
 Dopo 8gg = -59,3 %
 Dopo 14gg = -15% (causa evidente aumento fosfati)
11 ppm di P-PO₄³⁻ rimasti nel refluo

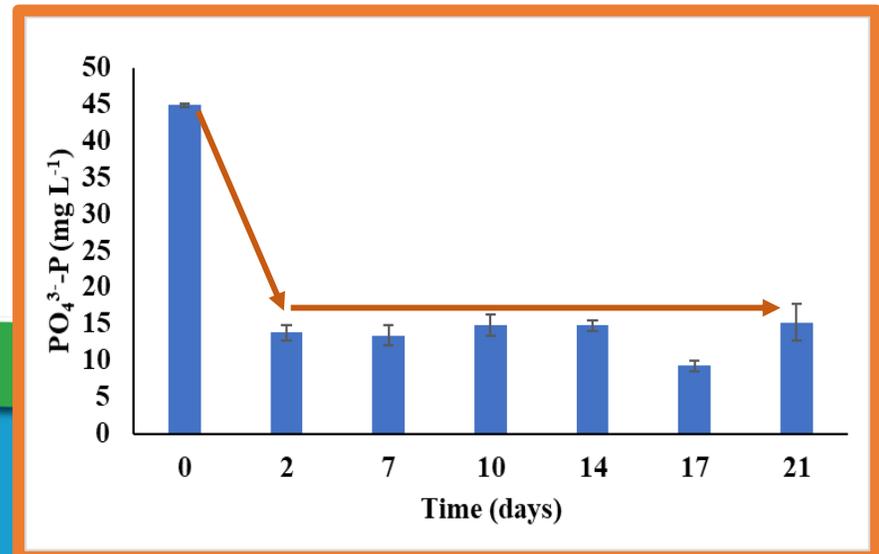
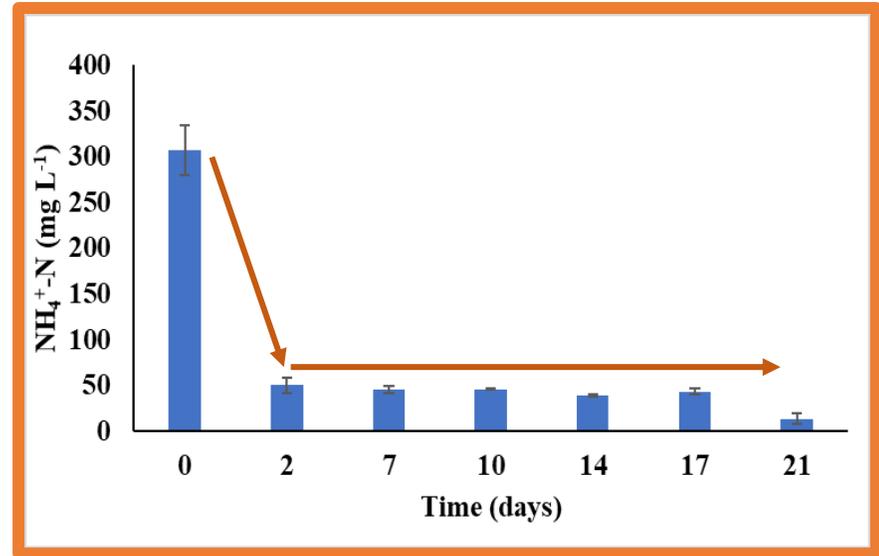
RISULTATI OBIETTIVO 2

Scale up a
prototipo da 800L

Prova propedeutica di abbattimento dei nutrienti
(ed *E. coli*)
senza insufflazione di aria
→ vasca da 20L

ANALISI UNIVERSITA' DI FERRARA – HERA10000

	REFLUO INIZIALE (dopo l'inoculo)	REFLUO FINALE (dopo 21gg di coltivazione)
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	307,33	14
P-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	44,85	15,2
pH	7,81	5,19
<i>E.coli</i> (UFC/100mL)	2800	4



RISULTATI OBIETTIVO 2

Scale up a
prototipo da 800L

Prova «invernale»
No insufflazione d'aria
«PROTOTIPO vs VASCA»

Alga	Mono-coltura del ceppo del tipo <i>Chlorella</i> -like	
Refluo	Surnatante dell'ispessitore	
Tipologia esperimento	Indoor (Vasca 20L)	Outdoor (Prototipo 800L)
Durata esperimento	20 giorni	20 giorni



RISULTATI OBIETTIVO 2

Scale up a prototipo da 800L

	Vasca	Prototipo	
Temperatura media	n.d.	3,8 °C *	
Temperatura al campionamento **	16–21 °C	-1 – +5 °C	
Illuminazione	Naturale (circa 9:15 L:B)	Artificiale (16:8 L:B) ***	→ Bassa illuminazione
Fenomeni atmosferici	4 giorni di pioggia e 5 giorni di nebbia nei 20 giorni sperimentali *		

* Dati da www.ilmeteo.it Temperatura minima registrata = -4 °C. Temperatura massima registrata = 9 °C.

** Campionamento effettuato tra le ore 8.30 e le ore 9.30 in ogni giorno sperimentale.

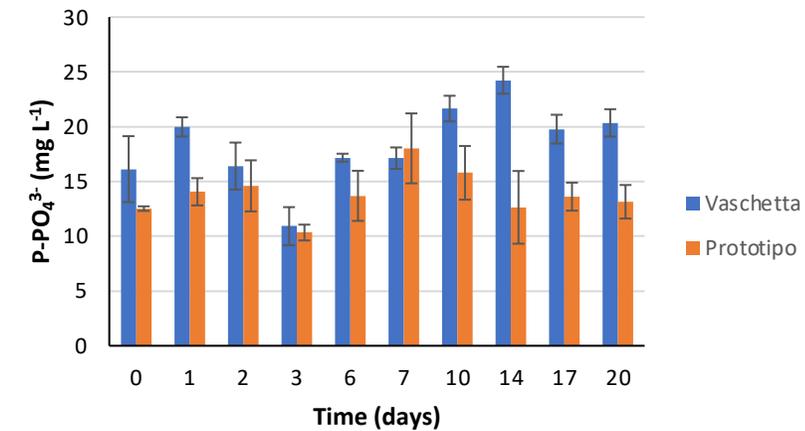
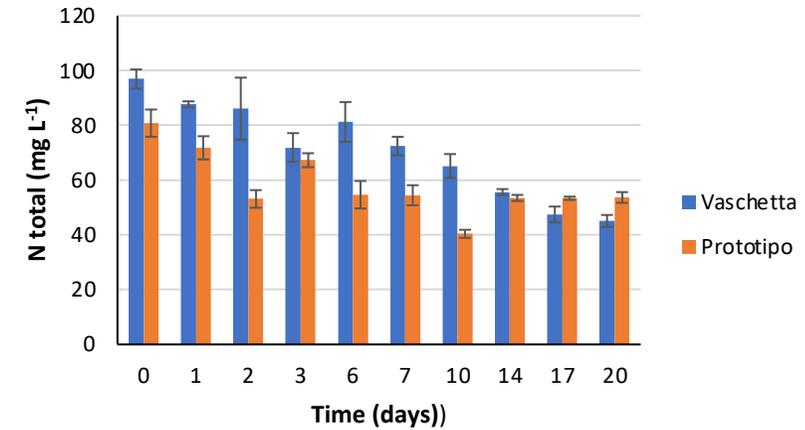
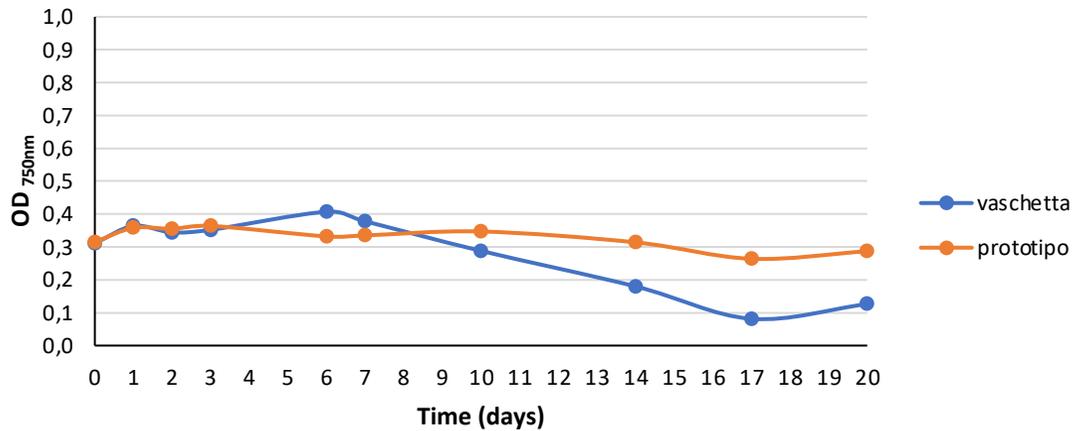
*** Luminosità complessiva paragonabile a quella della Vaschetta.

RISULTATI OBIETTIVO 2

Scale up a prototipo da 800L

Crescita dell'alga:

- Assenza di crescita in prototipo
- Calo nella vasca da 20L (10-20 giorni)

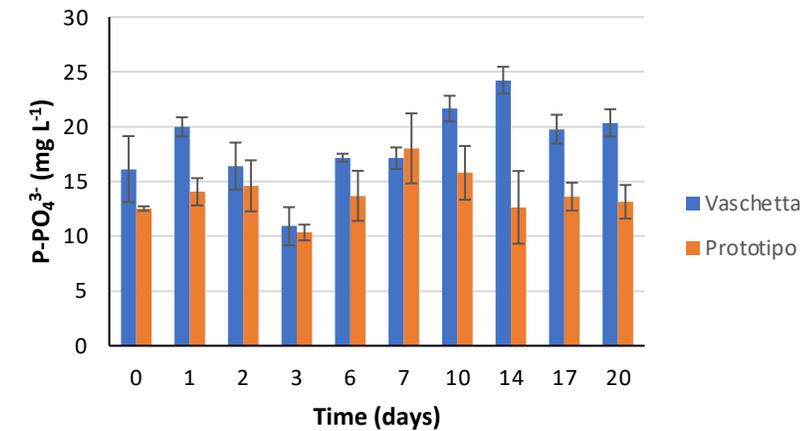
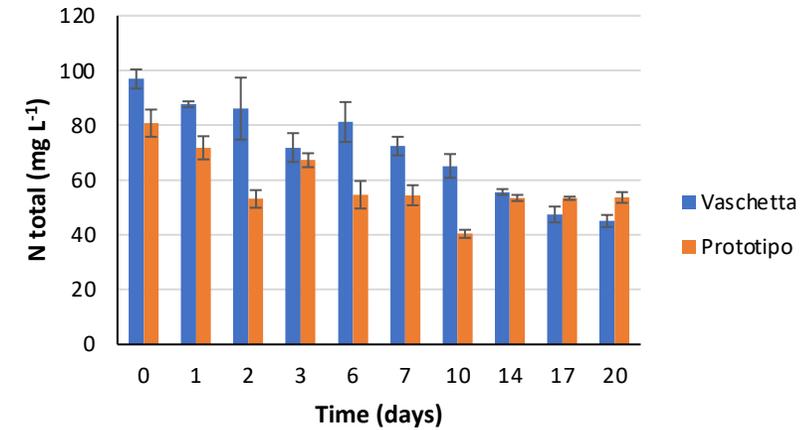
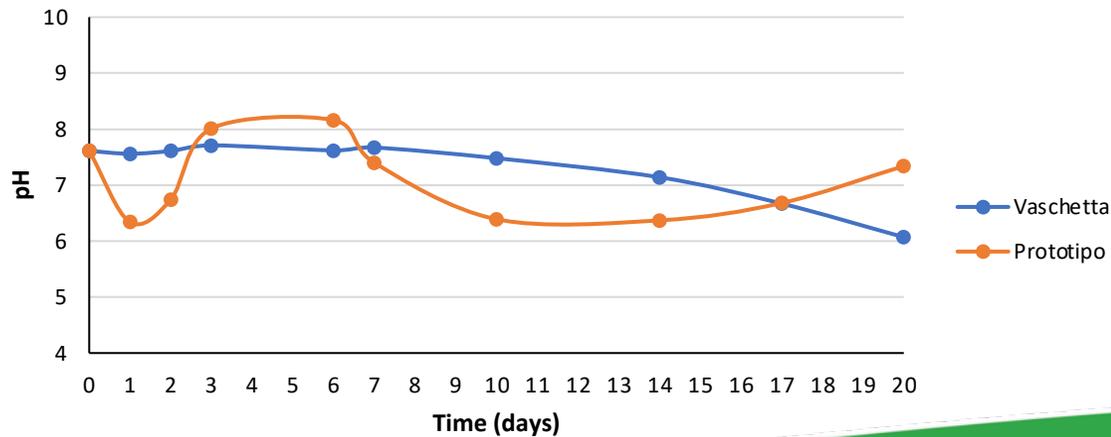


RISULTATI OBIETTIVO 2

Scale up a prototipo da 800L

Andamento dei fosfati:

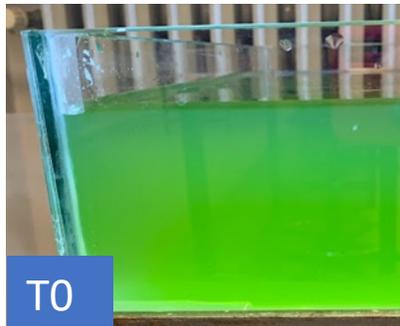
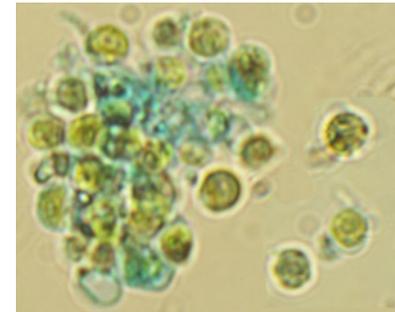
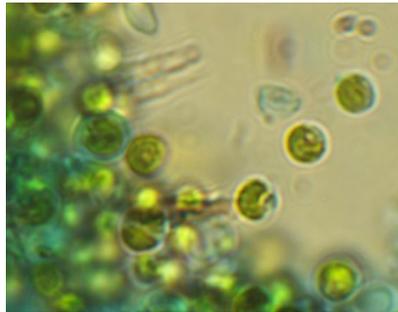
- Aumento, in vasca da 20L, legato ad abbassamento del pH (→ solubilizzazione del fosforo pH-dipendente)
- Anche in prototipo, l'andamento dei fosfati segue quello del pH



RISULTATI OBIETTIVO 2

Scale up a
prototipo da 800L

Refluo post-trattamento con microalghe
(vasca e prototipo):
trasparente, privo di solidi sospesi e di *E. coli*



VASCA 20L

PROTOTIPO 800L

Abbattimento di N e P nel surnatante dell'ispessitore, accompagnato dall'abbattimento totale della carica di *E. coli*, anche in stagionalità tipicamente inibenti la crescita delle microalghe, rappresenta un risultato estremamente utile nell'ottica di integrare vasche di fitodepurazione a microalghe nei depuratori urbani

→ Riduzione dei costi di gestione

→ Riduzione dell'utilizzo di cloro nelle vasche di disinfezione

→ Valorizzazione del refluo trattato come acqua irrigua

→ Valorizzazione della biomassa algale (con *E. coli*) come matrice liquida per alimentare biodigestori anaerobici

Prodotti delle ricerche e divulgazione:

n° 3 partecipazione a Convegni nazionali e internazionali



Riunione Annuale dei Gruppi di Biologia Cellulare e Molecolare e Biotecnologie e Differenziamento della Società Botanica Italiana (16-18 giugno 2021, online)

Isolation of a natural microalgae consortium for the removal of nitrogen and phosphorus from an urban wastewater stream

Sara Demaria, Costanza Baldisserotto, Michele Maglie, Roberta Marchesini, Lorenzo Ferroni, Linda Benetti, Marcello Zanella, Simonetta Pancaldi



Botany 2021 - Virtual
18-23 luglio 2021 (online)

Removal of nitrogen and phosphorous from urban wastewater streams by a consortium of three autochthonous microalgae

Sara Demaria, Costanza Baldisserotto, Roberta Marchesini, Lorenzo Ferroni, Linda Benetti, Marcello Zanella, Simonetta Pancaldi



20-24 settembre 2021 (online)

Session 22
*WASTEWATER AND SEWER
SLUDGE, HANDLING THE LAST
LINK IN THE CHAIN*

Microalgae remove nitrogen, phosphorus, and also *Escherichia coli* load from urban wastewater streams

Sara Demaria, Costanza Baldisserotto, Michele Maglie, Roberta Marchesini, Lorenzo Ferroni, Linda Benetti, Marcello Zanella, Simonetta Pancaldi

Prodotti delle ricerche e divulgazione:

Scrittura di articoli scientifici in fase di pubblicazione su riviste internazionali:

- Use of a native green microalga for nitrogen and phosphorus removal from centrate stream of an urban wastewater treatment plant (in fase di scrittura)

Partecipazione all'evento «PROGETTO VALUE CE-IN: VALorizzazione di acque reflUE e fanghi in ottica di economia CircolarE e simbiosi Industriale» in occasione di Ecomondo 2021. Ecomondo Digital Green Week, 27 aprile (online):

- Pancaldi S. «Microalghe per l'abbattimento del carico di azoto e fosforo dei surnatanti della linea fanghi di un depuratore urbano e impiego delle biomasse algali per scopi fertilizzanti o energetici»

Partecipazione attiva alla realizzazione di video promozionali di progetto e del Tour Virtuale del laboratorio T&AT:

- RomagnaTech

Grazie per l'attenzione



Prof.ssa Simonetta Pancaldi
Prof.ssa Costanza Baldisserotto
Prof. Lorenzo Ferroni
Dott.ssa Sara Demaria



Ing. Marcello Zanella
Dott.ssa Linda Benetti