

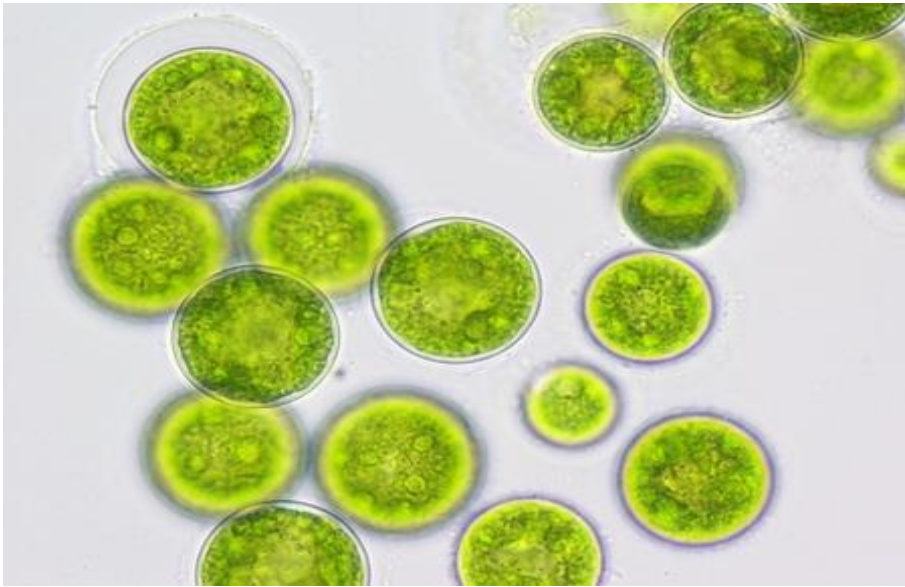
***UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA***

***ISTITUTO DONEGANI***

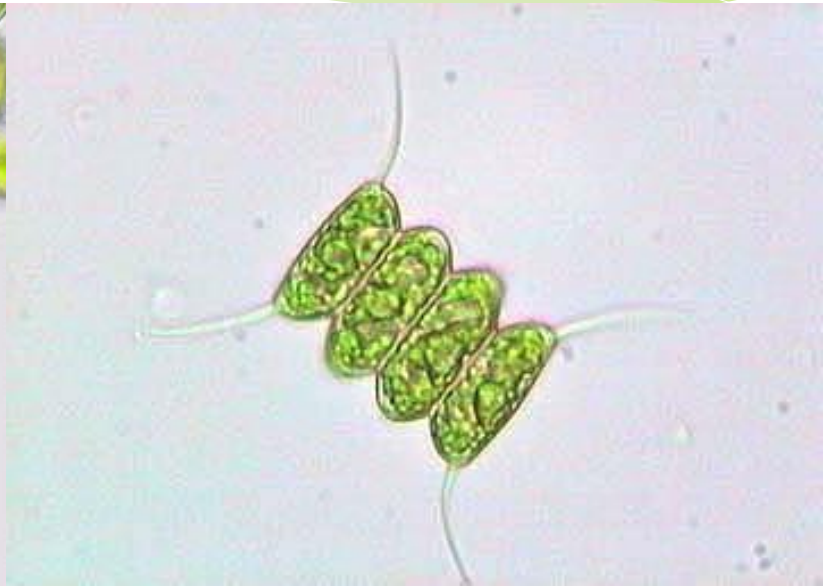
***UN.E.CO***

***DEPURAZIONE DI REFLUI  
MEDIANTE MICROALGHE***

# *LE MICROALGHE*

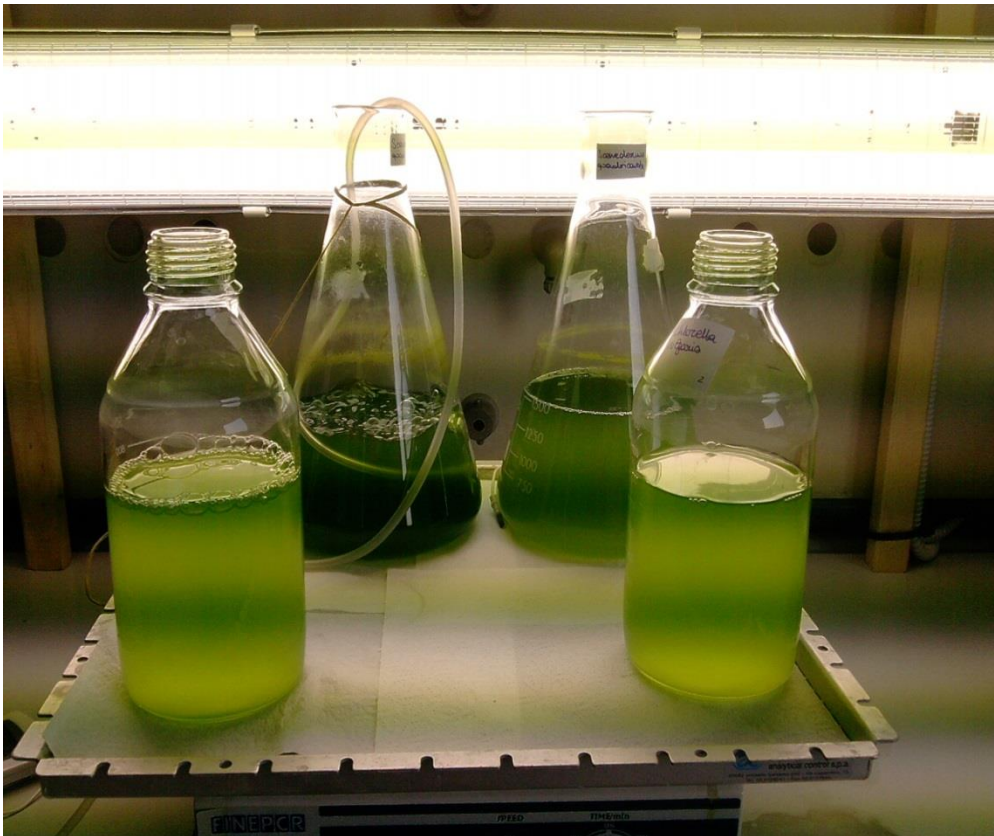


*Chlorella vulgaris*



*Scenedesmus obliquus*

# OBIETTIVI



*Studiare le curve di crescita di biomassa algale in reflui ricchi di nitrati e ammonio*

*Raccolta di micro-alghe a fine ciclo*

# IL CICLO DI CRESCITA DELLE MICROALGHE

## *Fase esponenziale*

Il tasso di crescita della popolazione è positivo nel tempo e dipendente da nutrienti, temperatura e illuminazione

## \* *Fase lineare o stazionaria*

Il tasso di crescita della popolazione è molto rallentato o azzerato e la concentrazione algale raggiunge un valore elevato e costante

## \* *Fase decrescente*

*È sospesa sia la fase di divisione sia la fase metabolica. Coincide in genere con eccessiva concentrazione algale, esaurimento di nutrienti nel mezzo di coltura o con l'instaurarsi di condizioni avverse alla crescita (temperature non idonee, presenza di sostanze tossiche, illuminazione inadeguata).*

# MONITORAGGIO DELLA CRESCITA

- \* *Crescita delle micro-alghe misurata mediante  
assorbanza a 720 nm  
conta cellulare in camera di Burkner*
- \* *Abbattimento dei nitrati determinato mediante  
kit colorimetrico Aquamerck*
- \* *Abbattimento di ammonio determinata mediante  
Elettrodo selettivo*

# MONITORAGGIO DELLA CRESCITA

## CORRELAZIONE CONTA CELLULARE – ASSORBANZA

### RETTA DI TARATURA *Scenedesmus*

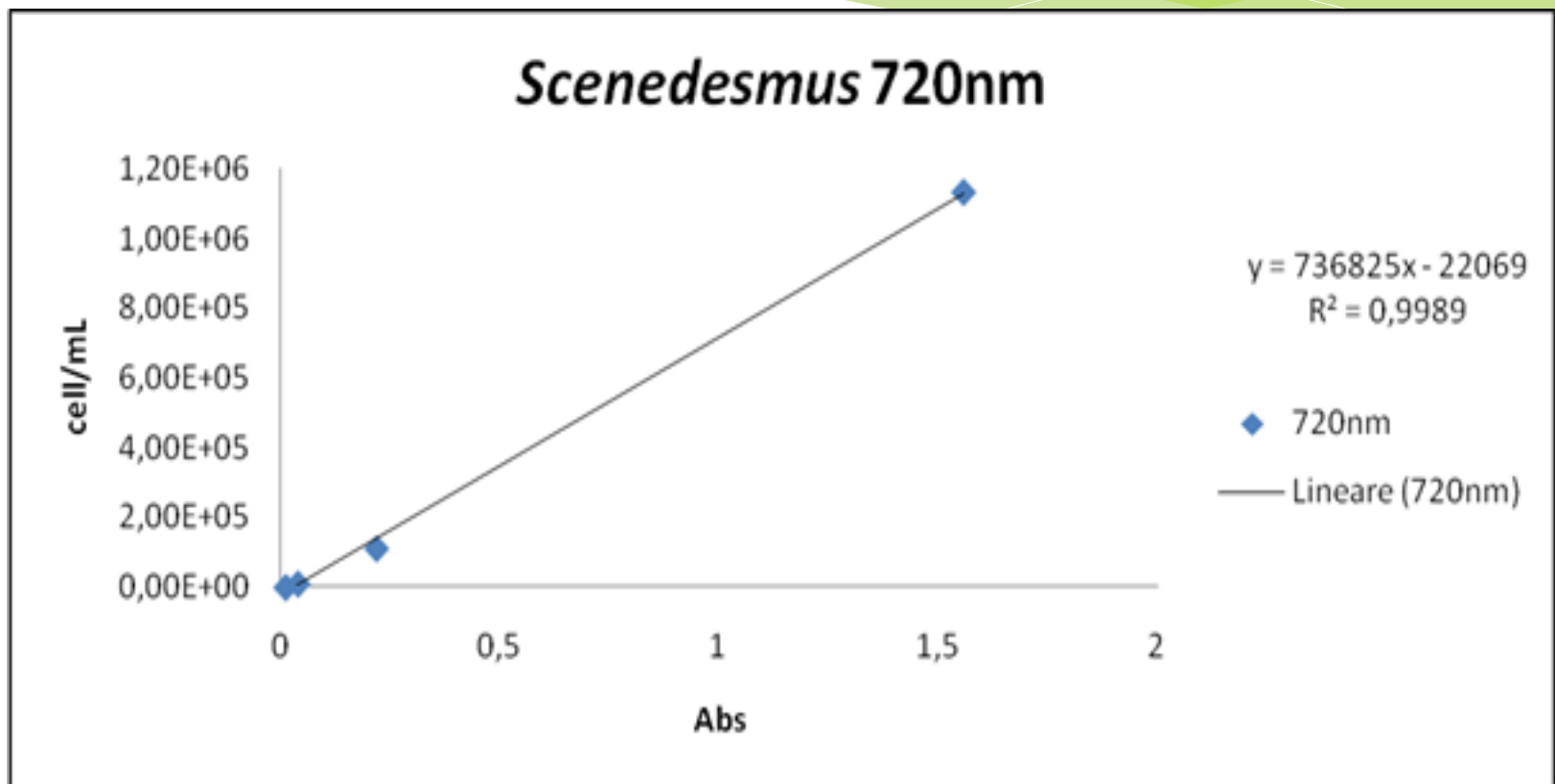
Abs 720nm	Cell/mL Camera di Burker
0,009	1,12E+03
0,037	1,11E+04
0,217	1,12E+05
1,559	1,13E+06

**Concentrazione iniziale alghe = 1,4 E+7 cell/mL**  
**Volume finale diluizioni = 25mL**  
**Diluizioni da E+6 a E+3 cell/mL**

# MONITORAGGIO DELLA CRESCITA

## CORRELAZIONE CONTA CELLULARE – ASSORBANZA

### RETTA DI TARATURA *Scenedesmus*



# MONITORAGGIO DELLA CRESCITA

## CORRELAZIONE CONTA CELLULARE – ASSORBANZA

### RETTA DI TARATURA *Chlorella*

Abs 720nm	Cell/mL Camera di Burker
0,0037	1,07E+03
0,0258	1,07E+04
0,2057	1,07E+05
1,8599	1,08E+06

**Concentrazione iniziale alghe =  $1,07 \cdot 10^7$  cell/mL**

**Volume finale diluizioni = 25mL**

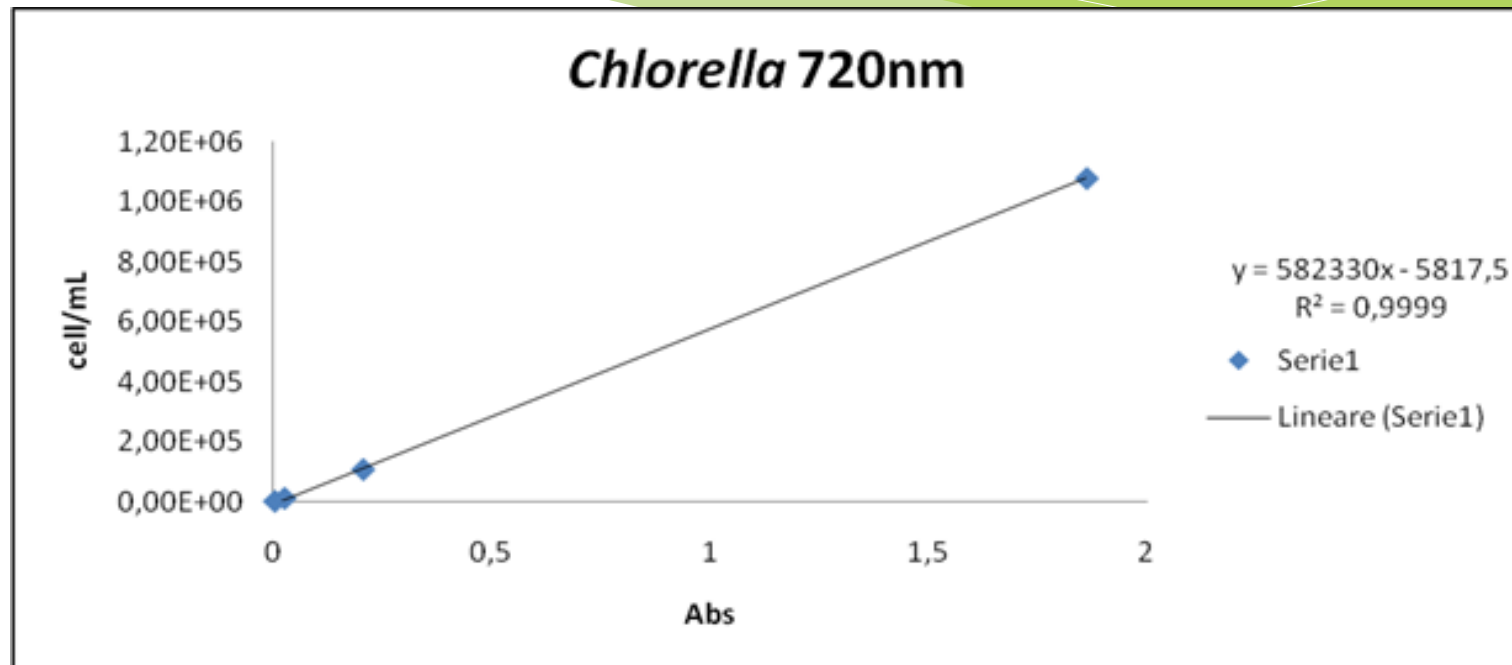
**Diluizioni da  $10^6$  a  $10^3$  cell/mL**



# MONITORAGGIO DELLA CRESCITA

## CORRELAZIONE CONTA CELLULARE – ASSORBANZA

### RETTA DI TARATURA *Chlorella*



***La formula determinata viene usata per seguire la crescita delle micro-alghe allo spettrofotometro, metodo sicuramente più veloce del conteggio cellulare. Tale retta è da determinare di volta in volta per ogni ceppo utilizzato.***

# **MONITORAGGIO DELLA CRESCITA**

## **EFFETTO DEI NUTRIENTI**

### **UTILIZZO DI TRE INOCULI**

- \* *Terreno di coltura standard “F Guillard” FG***
- \* *FG+ KNO<sub>3</sub> fino ad una concentrazione finale di 1000ppm***
- \* *FG + NH<sub>4</sub>Cl fino ad una concentrazione finale di 1000ppm di***

***Le sospensioni algali inoculate sono stata tenute agitata a 130 rpm, a 24°C, esposte ad un ciclo luce/buio naturale. La crescita è stata seguita per una settimana***

# **MONITORAGGIO DELLA CRESCITA**

## **VELOCITÀ DI CRESCITA**

*La velocità di crescita è stata calcolata in base alla formula*

$$\mu = [\log(A_{bst}/A_{bso})]/\Delta t$$

*dove*

*A<sub>bso</sub> e A<sub>bst</sub> sono i valori di assorbanza iniziale e finale  
 $\Delta t$  è l'intervallo di tempo trascorso tra le due misure sperimentali*

# MONITORAGGIO DELLA CRESCITA

## VELOCITÀ DI CRESCITA

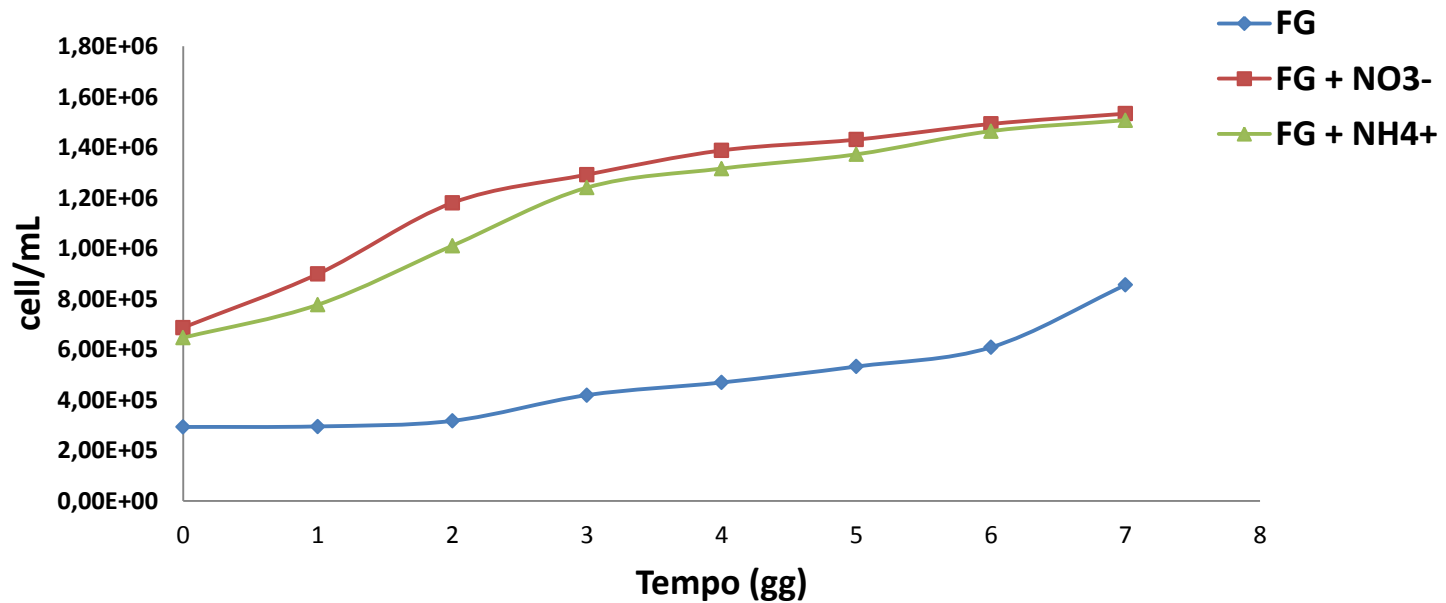
\* Le velocità di crescita  $\mu$  (1/d) ottenute sono

<i>Inoculo</i>	<i>Scenedesmus</i>	<i>Chlorella</i>
<b>FG</b>	<b>0,064</b>	<b>0,052</b>
<b>FG + NO<sub>3</sub></b>	<b>0,049</b>	<b>0,058</b>
<b>FG + NH<sub>4</sub></b>	<b>0,051</b>	<b>0,056</b>

# MONITORAGGIO DELLA CRESCITA

## VELOCITÀ DI CRESCITA

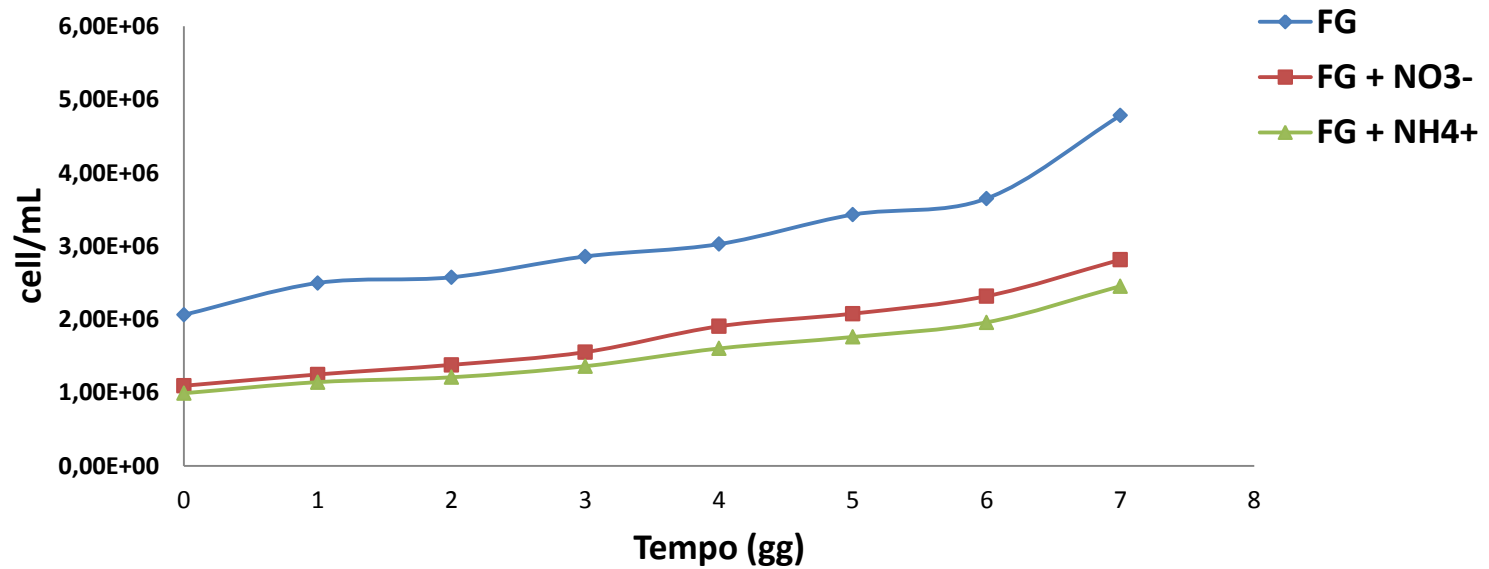
Curve di crescita Scenedesmus



# MONITORAGGIO DELLA CRESCITA

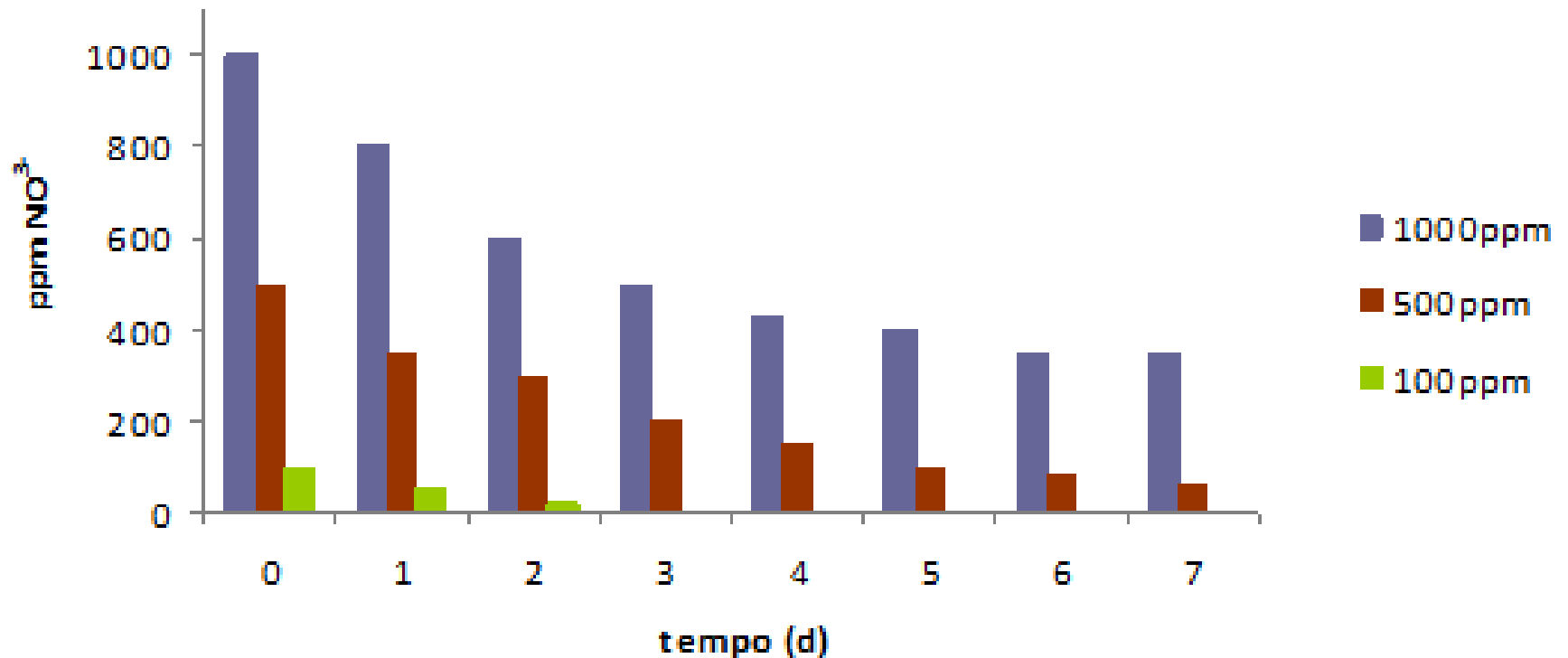
## VELOCITÀ DI CRESCITA

### Curve di crescita Chlorella

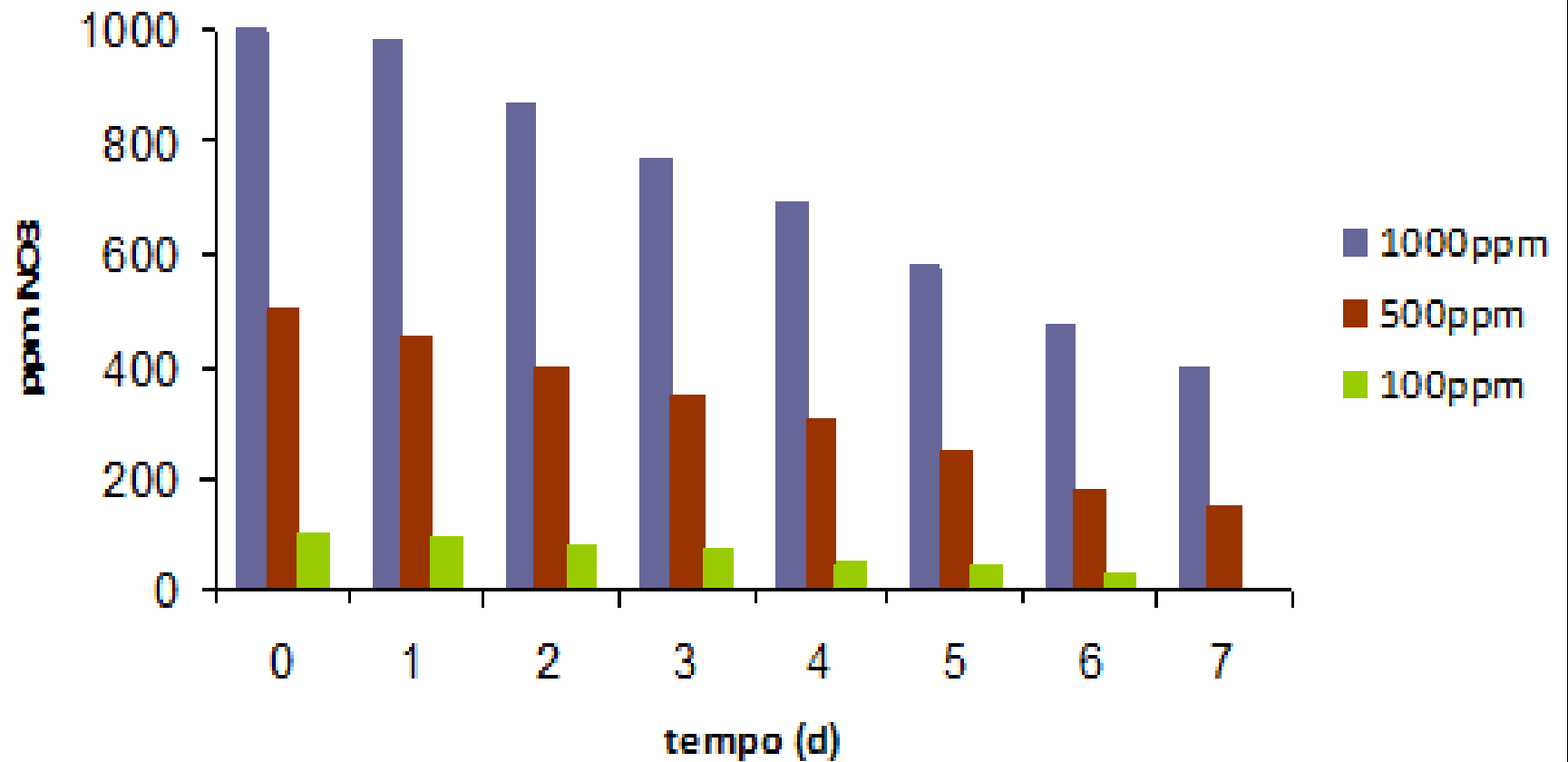


# CONSUMO DI NUTRIENTI

## Scenedesmus Obliquus P- Consumo nitrati

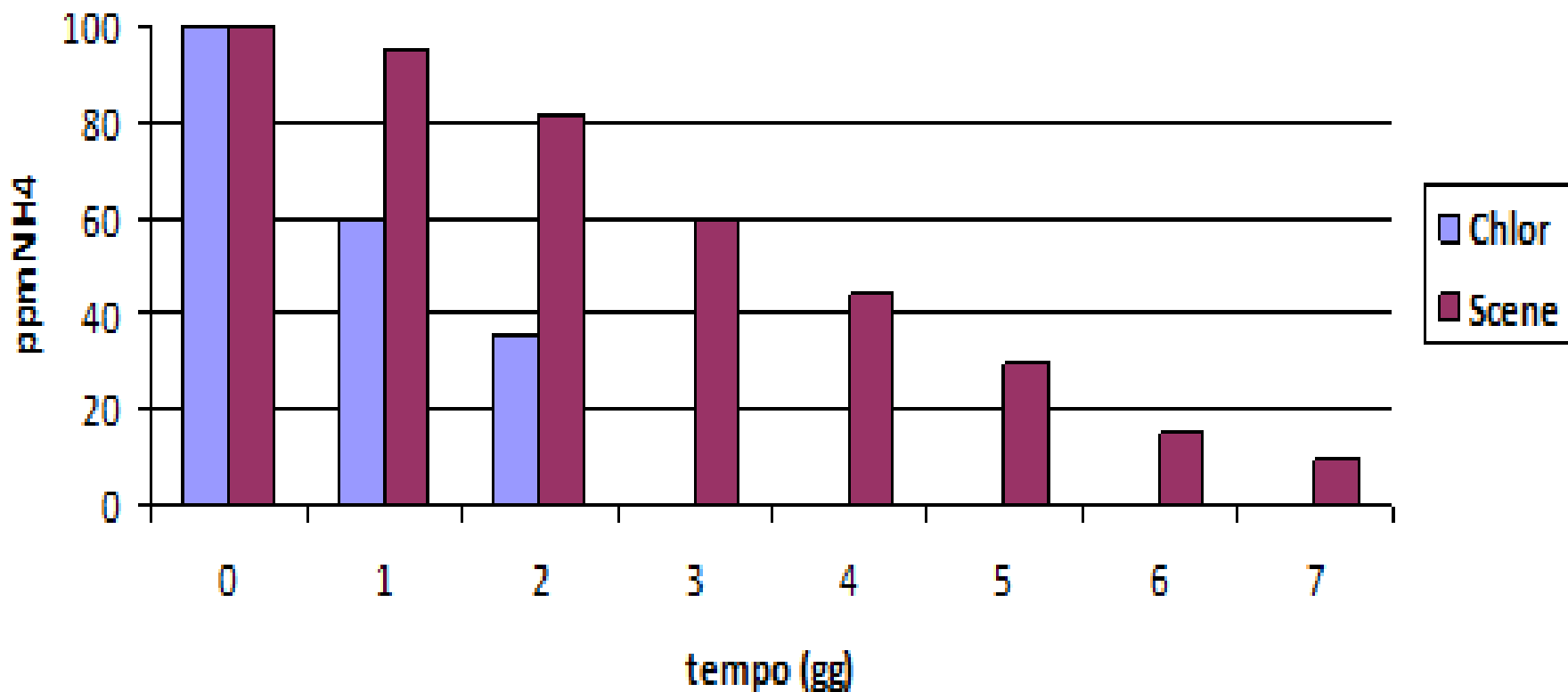


## Chlorella Protecooides vulgaris - Consumo Nitrati





Confronto Chlorella e Scenedesmus - Consumo di ammonio



# **RECUPERO ALGHE**

- \* Il problema principale con le micro-alghe è il loro recupero**
  - \* I metodi prevedono filtrazione, sedimentazione, centrifugazione**
  - \* Nel presente lavoro si è provata la flocculazione per rendere la biomassa separabile dal refluo mediante filtrazione in un sistema a membrana**

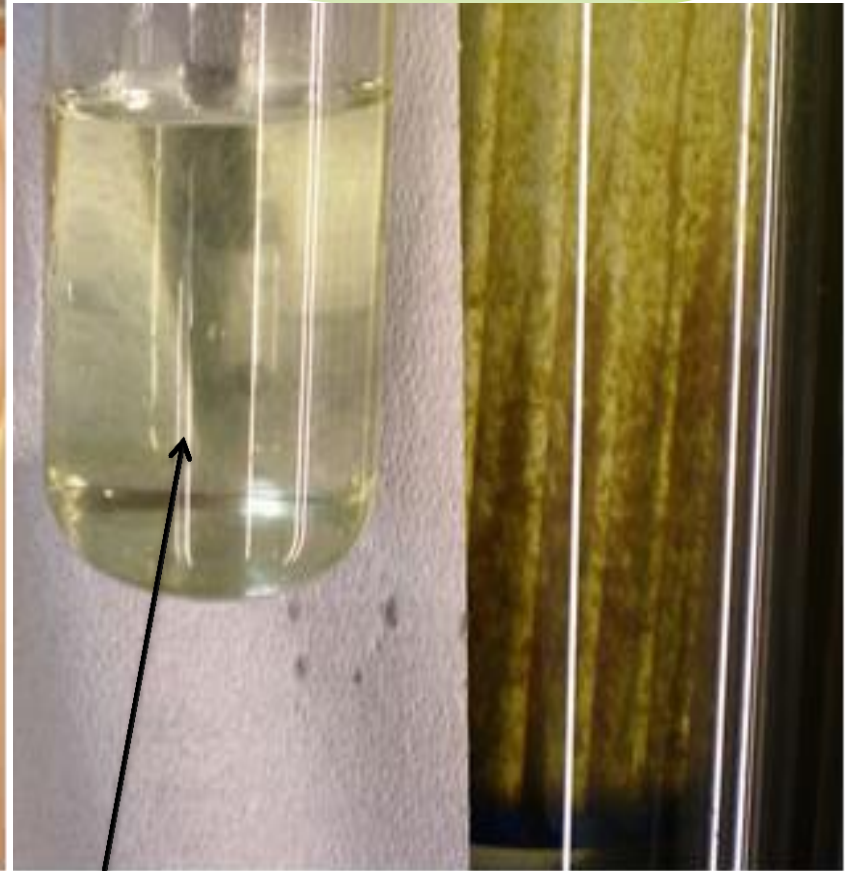
# *Impianto pilota di laboratorio*



# Efficienza di chiarificazione della membrana



*Sospensione algale nel reattore*



*Permeato dal reattore*

*Sospensione flocculata*

# **RECUPERO ALGHE**

***Per la flocculazione sono stati provati***

***Alginato di sodio (CarloErba) e cloruro di calcio (Merck)***

***\* Policloruro di alluminio (Zodiac)***

***\* NaOH (CarloErba)***

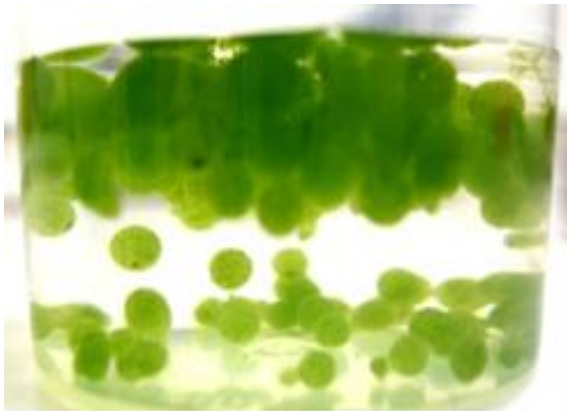
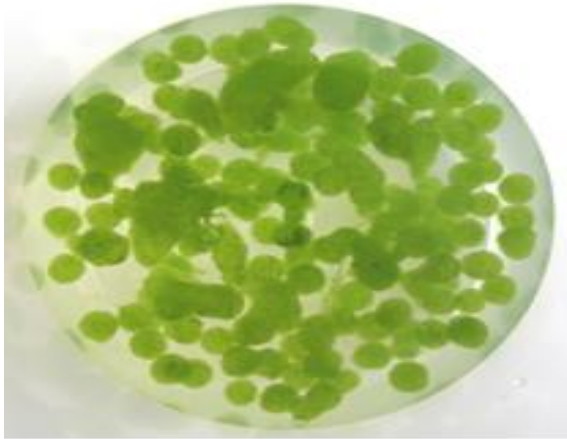
***\* FeCl<sub>3</sub> . 6H<sub>2</sub>O***

***\* Combinazioni delle soluzioni precedenti***

# RECUPERO ALGHE

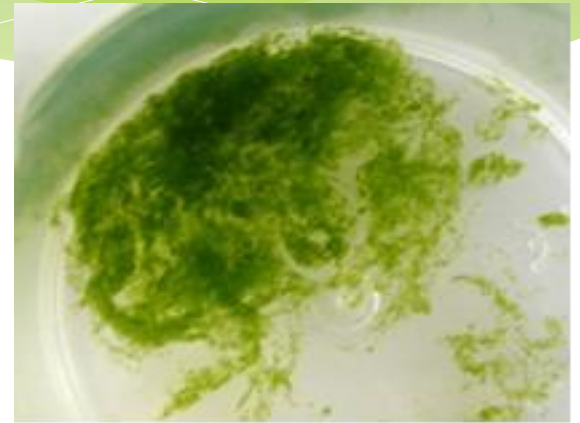
- \* **FLOCCULAZIONE CON ALGINATO DI SODIO E CLORURO DI CALCIO**
- \* **Questo sistema forma agglomerati di alghe facilmente rimovibili meccanicamente e resistenti.**
- \* **E' stato anche valutato l'abbattimento dei nitrati da parte delle alghe flocculate.**
  - \* **Concentrazione sospensione algale**
    - \* **circa  $7E+6$  cell/mL**

# RECUPERO ALGHE



*Algal balls*

*Per concentrazioni di  
alginato di sodio  
0,3% - 0,5%  
le Algal Balls  
sono dense  
e  
compatte*



*Algal blob*



# RECUPERO ALGHE



*Algal Balls dopo filtrazione*



*Algal Blob dopo filtrazione*



# **RECUPERO NUTRIENTI CON ALGHE PRE-FLOCCULATE**

***Sono state effettuate delle prove di abbattimento dei nitrati in una soluzione di  $\text{KNO}_3$  100 ppm utilizzando tre diverse sospensioni di alghe pre-flocculate con cloruro di calcio 2% e alginato di sodio 0,2%, 0,3%, 0,5%***

***Le alghe flocculate di fresco (20mL alghe + 20mL alginato in 40mL  $\text{CaCl}_2$ ) sono state poste in beute contenenti 100mL di soluzione circa 100ppm in  $\text{KNO}_3$  e messe in agitazione (130RPM) per 24h.***

# **RECUPERO NUTRIENTI CON ALGHE PRE-FLOCCULATE**

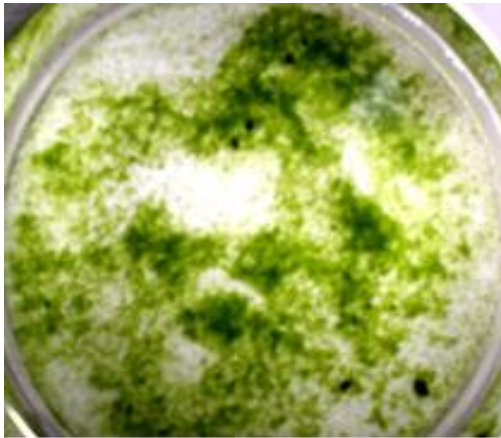
*L'abbattimento dei nitrati da parte delle alghe flocculate è quasi totale dopo 48 ore e concorde coi dati precedentemente ottenuti*

*è possibile quindi utilizzare le alghe flocculate anche per la depurazione.*

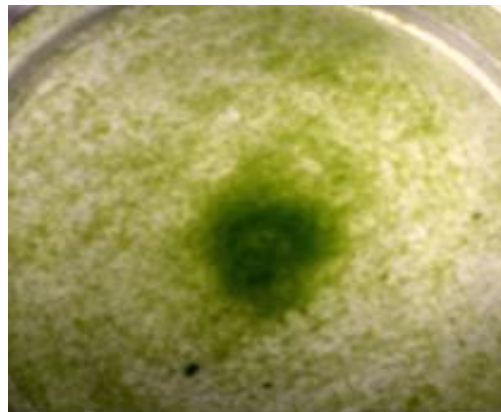
# FLOCCULAZIONE CON POLICLORURO DI ALLUMINIO

- \* *E' sufficiente una minima quantità (12ml/m<sup>3</sup> di acqua come da specifica) per far sedimentare le alghe in piccoli fiocchi nell'arco di 8 ore*
- \* *Per velocizzare la formazione dei fiocchi si pone la sospensione in leggera agitazione 50-80RPM)*
- \* *Si formano fiocchi impalpabili che non passano attraverso i pori del filtro da 20 µm ma non recuperabili meccanicamente.*

# FLOCCULAZIONE CON POLICLORURO DI ALLUMINIO



***Fiocchi formati con 20µL di policloruro di alluminio***



***Fiocchi formati con 100µL di policloruro di alluminio***

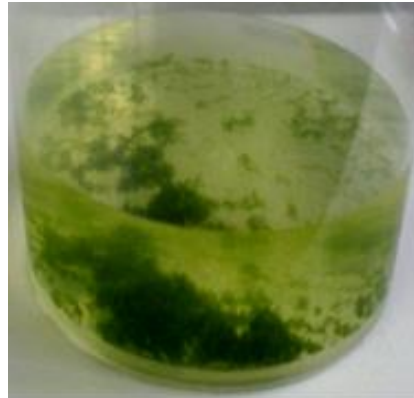
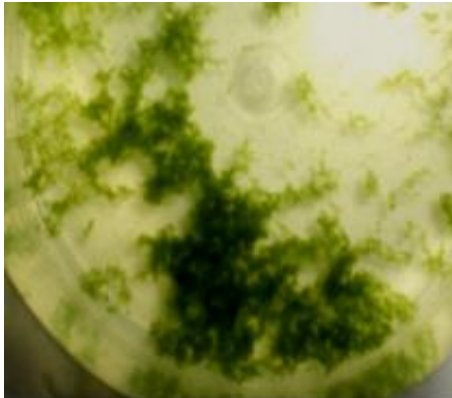
# FLOCCULAZIONE PER BASIFICAZIONE CON NaOH



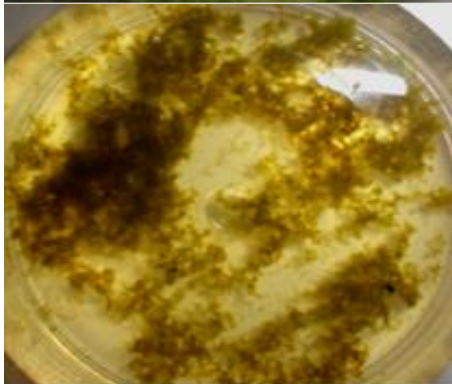
*Alge precipitate con NaOH: si formano  
dei fiocchi impalpabili , non recuperabili  
dal filtro*

# FLOCCULAZIONE CON CLORURO FERRICO

- \* A pH superiori a 6,5 si forma l'idrato ferrico che precipita sotto forma di fiocchi voluminosi
- \* Co-precipitazione micro-alghe.



**Fiocchi formati con  $\text{FeCl}_3$   
200mg/L**



**Fiocchi formati con  $\text{FeCl}_3$   
2000mg/L**

# FLOCCULAZIONE COMBINATA

- \* **Al fine di diminuire la quantità di alginato di sodio, fattore limitante in termini di costi, si procedere con una pre-flocculazione/concentrazione della sospensione algale**
- \* **L'effetto è diminuirne il volume di sospensione e quindi il volume di alginato necessario.**



**Algal Blob formato con soluzione di alginato di sodio 0,3% e cloruro di calcio 2% dopo pre-flocculazione con  $\text{FeCl}_3$  200mg/L**