

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II**



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio

ELABORATO DI LAUREA

**Recupero di energia durante la decontaminazione
delle acque reflue:**

**Simultanea ossidazione fotocatalitica di un substrato
organico e produzione di energia elettrica**

Relatori:

Ch.mo Prof.

Roberto Andreozzi

Candidato:

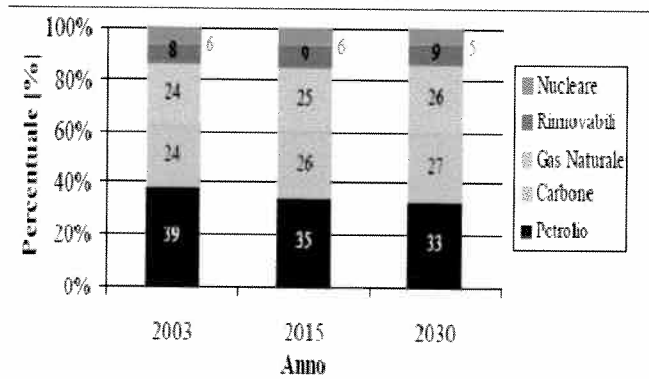
Rossella Petrazzuoli

Matr. 518/409

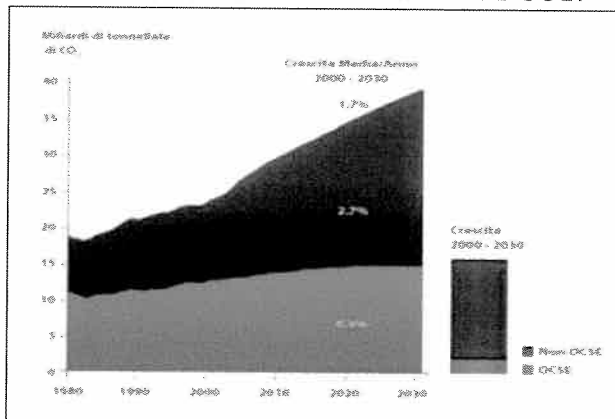
ANNO ACCADEMICO 2009– 2010

Fonti di Energia : scenari energetici al 2030

IMPIEGO FONTI PRIMARIE AL 2030:



AUMENTO EMISSIONI DI CO2:

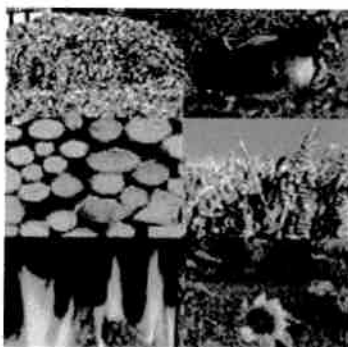


NON RINNOVABILI :

- ✓ PETROLIO
- ✓ GAS NATURALE
- ✓ CARBONE
- ✓ URANIO

RINNOVABILI :

- ✓ ENERGIA SOLARE
- ✓ ENERGIA EOLICA
- ✓ ENERGIA IDRICA
- ✓ ENERGIA GEOTERMICA
- ✓ ENERGIA DALLE BIOMASSE



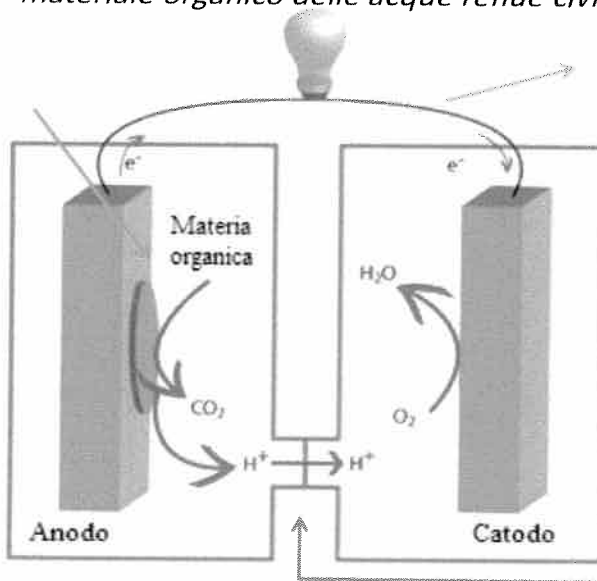
Produzione
"Biogas"

Celle a combustione microbiche:

Dispositivi che convertono energia chimica in energia elettrica durante la rimozione del materiale organico delle acque reflue civili

Depurazione acque reflue

Azione metabolica dei microrganismi sulla materia organica, in seguito alla quale vengono liberati elettroni e protoni



Produzione energia elettrica

Trasferimento di elettroni

Passaggio di protoni attraverso la membrana

Vantaggi:

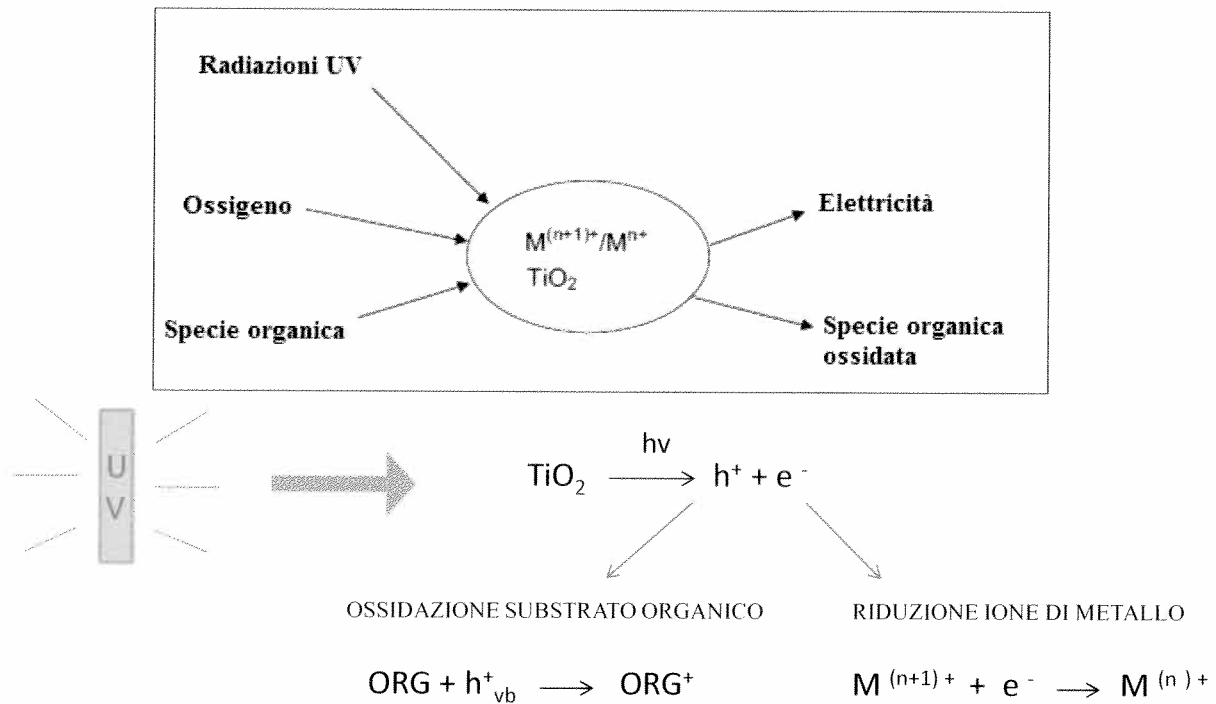
- ✓ Utilizzo a temperatura ambiente
- ✓ No purificazione gas in uscita
- ✓ Utilizzo in luoghi privi di infrastrutture elettriche



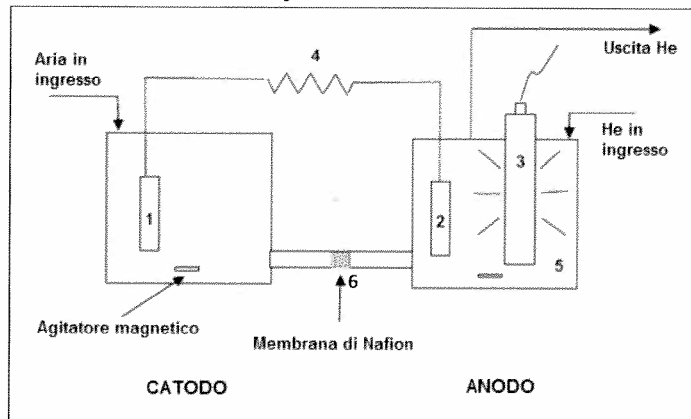
- ✓ Vantaggio tecnologico
- ✓ Vantaggio economico
- ✓ Inesauribilità materia prima

Cella fotochimica con catodo $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}^0$

SISTEMA NON-BIOLOGICO, in cui viene sfruttata l'ossidazione di una specie organica per generare elettricità. Ciò è reso possibile dalla combinazione di una **CELLA ELETTROCHIMICA** con un **REATTORE FOTOCATALITICO**.



Parte Sperimentale



CATODO

1. Coppia $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}^0$
Coppia $\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$ rivestito da platinum black

Collegamenti

4. Resistenza 4600 Ω
6. Membrana scambio cationico Nafion 117

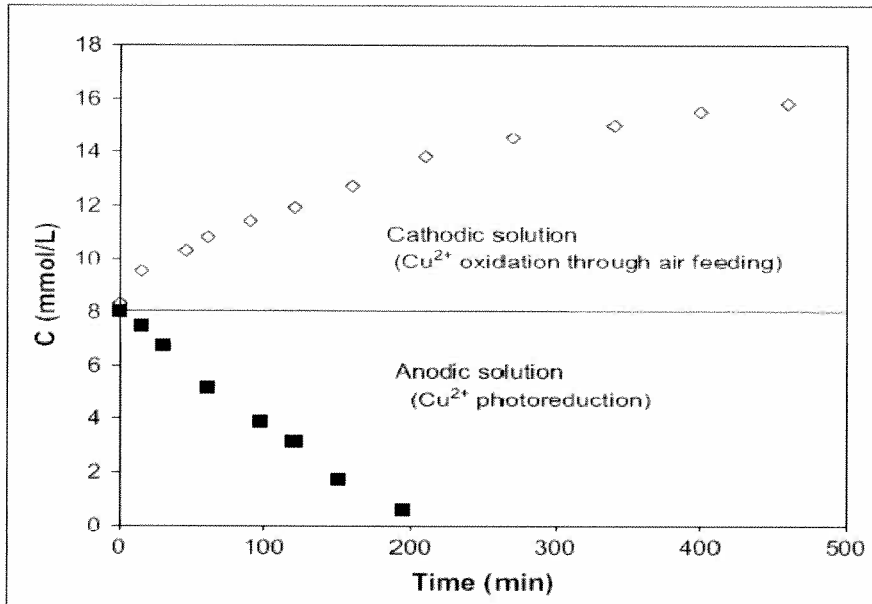
ANODO

2. Elettrodo di rame metallico di Superficie 40 cm^2
3. Lampada UV alta pressione
 $I^\lambda(305)=5.70\text{E}-07$ Es-1
 $I^\lambda(313)=9.83\text{E}-07$ Es-1
 $I^\lambda(366)=2.98\text{E}-07$ Es-1
5. Soluzione solfato di rame (CuSO_4)
Sospensione Biossido di titanio (TiO_2)

AGENTI SACRIFICALI

- i. Acido Formico (FA)
- ii. Glicerolo (GLY)
- iii. Glucosio (GLU)

Cella fotochimica con catodo $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}^0$

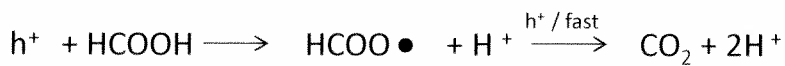
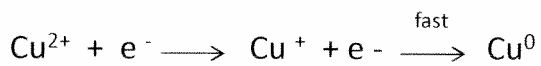


Variatione nel tempo della concentrazione degli ioni Cu^{2+} nei due compartimenti

Dati:

- ✓ pH = 2.0
- ✓ $[\text{Cu}^{2+}] = 8.0 \text{ mmol/L}$
- ✓ $[\text{TiO}_2] = 0.8 \text{ gr/L}$
- ✓ $[\text{FA}] = 8 \text{ mmol/L}$
- ✓ $R = 4600 \Omega$

Reazioni nella soluzione anodica



Cella fotochimica con catodo $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}^0$

RISULTATI DELL'ESPERIMENTO

$[\text{Cu}^{2+}]_{\text{Anodo}} = 1.0 \text{ mmol/L}$
 $[\text{Cu}^{2+}]_{\text{Catodo}} = 16.0 \text{ mmol/L}$

OCV = 31.2 mV

$E_{\text{cell}} = 20 \text{ mV}$



$$R_{\text{int}} = R_{\text{est}} \left(\frac{\text{OCV}}{E_{\text{cell}}} - 1 \right) = 2576 \Omega$$

$$P = E_{\text{cell}} \times I = \frac{E_{\text{cell}}^2}{R_{\text{est}}} = 8.69 \times 10^{-5} \text{ mW}$$

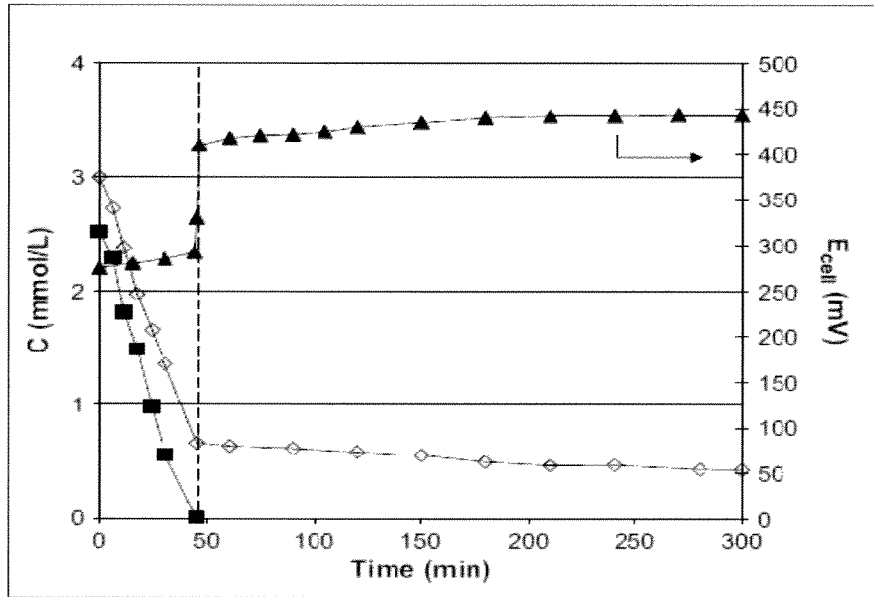
$$P_A = \frac{P}{A} = \frac{E_{\text{cell}}^2}{R_{\text{est}} A} = 2.17 \times 10^{-2} \frac{\text{mW}}{\text{m}^2}$$

✓ Potenza Specifica minore di quella riportata per dispositivi di MFCs



Diversi sistemi chimici per il compartimento catodico

Cella fotochimica con catodo O₂/H₂O



Legenda:

- Cu²⁺
- ◇ FA
- ▲ E_{cell}

Processo di carica nella cella

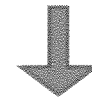
Dati:

- ✓ V_{SolAnodica} = 0.1L
- ✓ [Cu²⁺]₀ = 2.50 mmol/L
- ✓ [FA]₀ = 3.0 mmol/L
- ✓ p = 1atm
- ✓ pH = 2.0
- ✓ R_{est} = 4600 Ω

OCV = 590 mV

E_{cell} = 275 mV

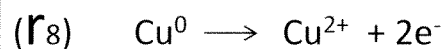
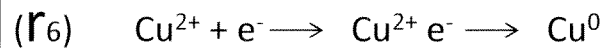
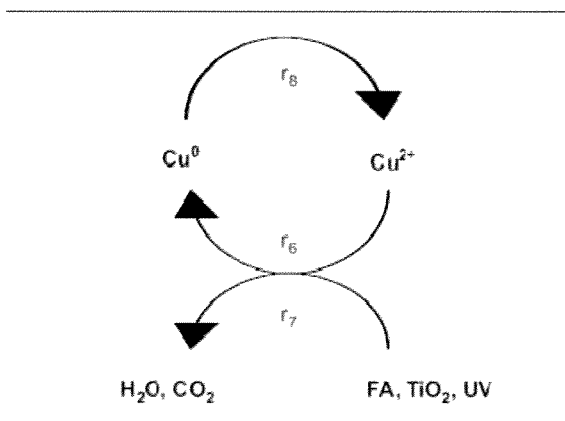
"LAMPADA ON"



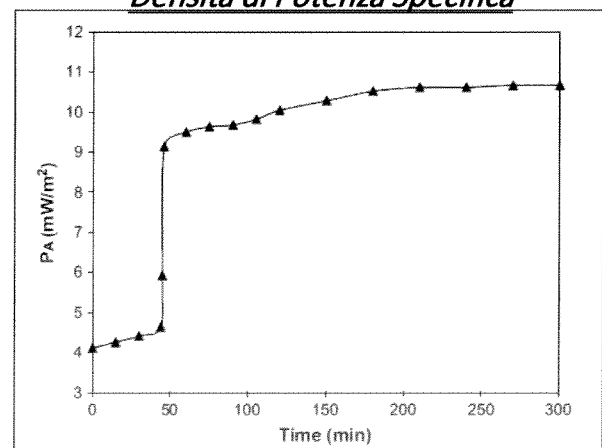
- ✓ [Cu²⁺]_f < 0.01 mg/L
- ✓ [FA]_f = 50 mmol/L
- ✓ E_{cell} = 440 mV

- ✓ Scomparsa quasi totale degli ioni Cu²⁺ nella soluzione
- ✓ Aumento tensione di cella
- ✓ Rapida ossidazione di Acido Formico

Cella fotochimica con catodo O₂/H₂O



Densità di Potenza Specifica



Velocità di rigenerazione degli ioni di rame:

$$v = \frac{E_{cell}}{V 2 N_A q_C R_{est}} = 4.96 \times 10^{-9} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Valore della corrente nel circuito

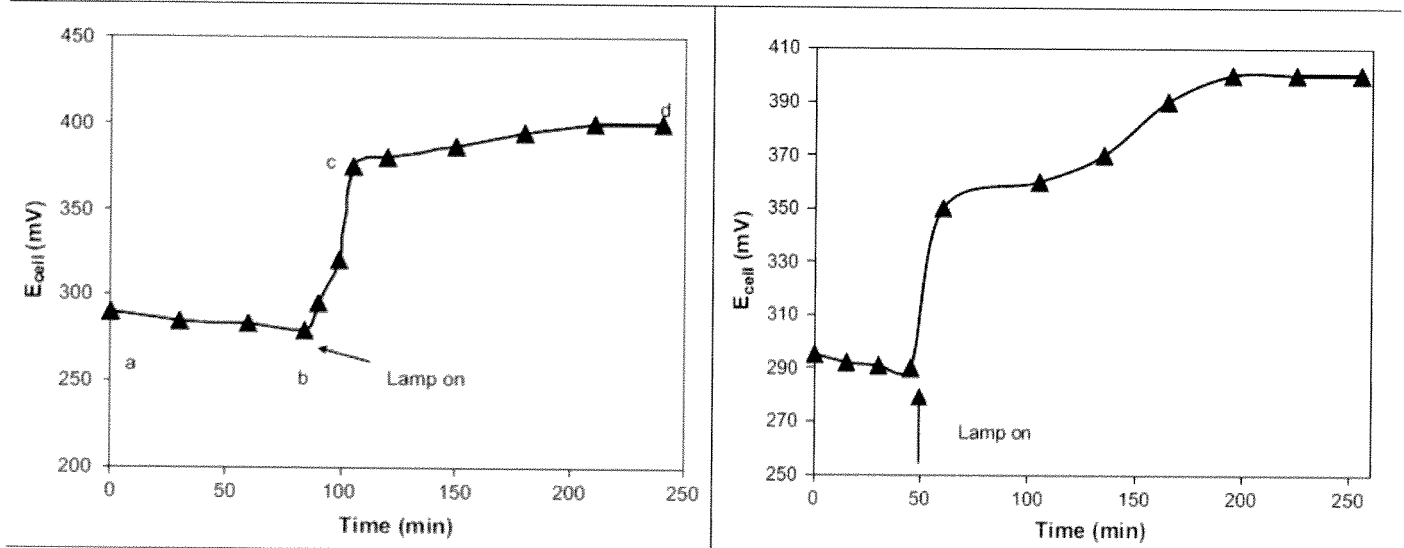
$$I = \frac{E_{cell}}{R_{est}} = \frac{OCV}{R_{int} + R_{est}}$$

$$P_A = 10.5 \text{ mW/m}^2$$



"Stesso ordine di grandezza riportato per le celle a combustibile microbiche"

Altri Agenti Sacrificiali



GLICEROLO

GLUCOSIO

Tensione di Cella

Conclusioni

- ✓ *Contemporanea rimozione di inquinante organico e generazione di elettricità;*
- ✓ *Capacità di riduzione degli ioni Cu^{2+} in presenza di TiO_2 , radiazioni UV e di un agente organico;*
- ✓ *Guadagno in termini di Tensione di Cella e di Densità di Potenza Specifica con un sistema con catodo $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$;*
- ✓ *Tensione di Cella legata alla concentrazione di materiale organico presente in soluzione;*
- ✓ *Capacità di una molecola di glucosio di ridurre più di uno ione di rame;*
- ✓ *Riduzione Resistenza Interna della cella per ottenere un incremento di corrente ;*