

Les piles de combustible microbianes (MFC) són un nou tipus de bioreactors que utilitzen biofilms exoelectrogènics per la producció d'energia electroquímica, és a dir, convertir l'energia química continguda en la matèria orgànica de les aigües residuals en energia elèctrica. Aquesta biotecnologia s'està estudiant per fer front a dos dels principals problemes de la societat actual: la crisi energètica i la disponibilitat d'aigua.

PILES DE COMBUSTIBLE MICROBIANES – FONAMENTS

ELÈCTRODES: bons conductors, biocompatibles, de baixa resistència, estables químicament i de baix cost

ÀNODE: bacteris oxiden la matèria orgànica alliberant electrons a l'ànode

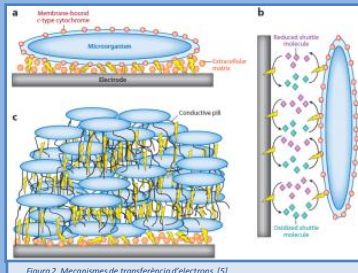
- Materials: carboni i metalls no corrosius
- Estructura: forma raspall (↑ superfície/adhesió)
- Cambra anòdica anaeròbica: oxigen inhibeix la generació d'electricitat

CÀTODE: electrons es combinen amb oxigen i protons formant aigua

- Materials: carboni i alumini
- Limitació del rendiment de la MFC
- Càtode-aeri: més usat – no flux aire (↓ cost)
- Catalitzador: Pt o propis bacteris (biocàtode)

MEMBRANES: només permeten el pas dels protons cap a la cambra catòdica

- MEA (membrane electrode assembly): disminució resistència interna → ↑ densitat de potència i ↑ CE



Mecanismes de transferència d'electrons

- A curta distància via prot. redox-actives
- Via molècules mediadores redox-solubles
- A llarga distància via nanocables

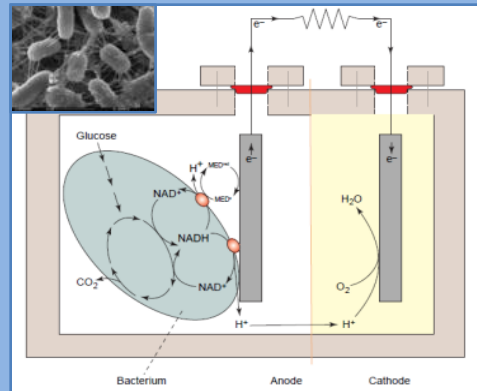


Figura 1. Típica configuració d'una MFC: cambra anòdica separada de la cambra catòdica per una membrana d'intercanvi de protons (PEM). En absència de l'acceptor final, els bacteris transfereixen els electrons a l'ànode. Aquests són transferits al càtode a través d'un circuit elèctric gràcies a la diferència de potencial elèctric. Els protons travessen la membrana per gradient electroquímic i arriben a la cambra catòdica, on es combinen amb l'oxigen i formen aigua. *Shewanella* formant nanocables. [6]

MFC EN EL TRACTAMENT D'AIGÜES RESIDUALS DOMÈSTIQUES

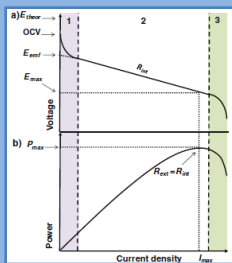


Figura 3. (a) Corba de polarització (voltage en funció de la current) i (b) Corba de potència on $P_{max}=E_{max}=I_{max}$ s'hi arriba quan $R_{int}=R_{ext}$ [4]

- MFC d'una cambra tipus càtode-aeri amb CEA (MEA de teixit) per evitar la difusió d'oxigen cap a la cambra anòdica
- Elèctrodes de fibra de grafit en forma de raspall i nucli de titani, amb càtodes de major superfície que els ànodes.
- Configuracions tubulars per reduir l'espai entre elèctrodes i augmentar-ne la superfície
- Connexió en paral·lel per incrementar la taxa d'eliminació de DQO

La densitat energètica màxima obtinguda en una MFC càtode-aeri, a escala laboratori, en el tractament d'aigües residuals domèstiques ha estat de 2,87 kW/m³ amb una CE del 83,5% i una taxa d'eliminació de DQO de 93,5 kg/m³·dia [1]

OBJECTIU

Avaluar l'aplicabilitat dels sistemes MFC pel tractament d'aigües residuals domèstiques en poblacions de diferent densitat: un habitatge unifamiliar compost per 6 membres i una població de 10.000 habitants (assumint l'escalat de la MFC sense limitacions).

Densitat poblacional	10.000	6
Aigües residuals generades (L/any)	386.170.000	231.702
Potència obtinguda (kWh/any)	221.202,038	132,721
Estalvi econòmic (€/any)	29.485,13	17,69

L'aplicació del sistema MFC suposaria un estalvi de 29.485 € anuals en una població de 10.000 habitants [3]

L'energia generada pel sistema MFC suposaria un 1,48% del consum elèctric per casa ubicada a la zona mediterrània (8.959 kWh/any) [3]

El 45,14% de l'energia necessària pel funcionament d'una EDAR (49 kWh/habitant·any) seria suplerta pel sistema MFC, que es situaria a l'etapa de tractament biològic [2]

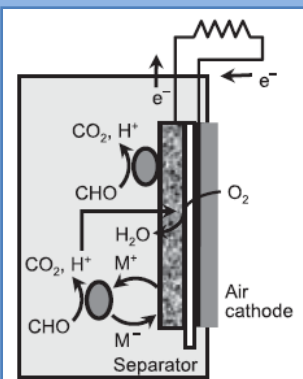


Figura 4. MFC d'una cambra càtode-aeri amb CEA [7]

CONCLUSIONS

En una dècada de recerca i desenvolupament, la funcionalitat i el rendiment de les MFC ha millorat exponencialment, però són molts els reptes que resten abans que aquesta biotecnologia es pugui implementar a gran escala. La substitució de metalls cars i dissenys més econòmics ha reduït molt els costos, però el cost global de les MFC encara es considera car pel tractament de les aigües residuals. Així doncs, seguir estudiant aquesta tecnologia i arribar a la possibilitat d'escalar aquests sistemes per la seva aplicació pràctica és un dels principals objectius de la Microbiologia Ambiental aplicada.

[1] Fan Y, Han SK, Liu H. Improved performance of CEA microbial fuel cells with increased reactor size. *Energy Conversion* 2013;2:8273-86. doi:10.1002/ETCE.1949
[2] Institute for the Diversification and Abatement of Energy (IDAE). Estudio de Prospección. Caracterización energética de sector residencial en España. 2013.
[3] Institute for the Diversification and Abatement of Energy (IDAE). Proyecto Sack-sphonic. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. 2013.
[4] Ledwith G, Ushakov A, Chang H, Kim H, Ng H. Microbial fuel cells for energy self-sufficient domestic wastewater treatment – a review and discussion from energy consideration. *Appl Microbiol Biotechnol* 2013;97:239-70. doi:10.1007/s00253-013-2804-4
[5] Lovley DR. Electromicrobiology. *Annu Rev Microbiol* 2012; 66:391-409. doi:10.1146/annurev-micro-092011-101010
[6] Rahm S, Verstraete W. Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation. *Trends Biotechnol* 2007; 25(4):294-8. doi:10.1016/j.tbiotec.2007.04.008
[7] Watanabe K. Recent developments in microbial fuel cell technologies for sustainable energy. *J Biosci Biotech* 2001; 100(5):529-36. doi:10.1203/jbb.100.5.29