



ΒΙΩΣΙΜΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Υπ.διδάκτωρ: Αθανασία Κατσώνη

Τριμελής Επιτροπή

Καθηγητής Ευάγγελος Διαμαντόπουλος (επιβλέπων)

Καθηγητής Διονύσιος Μαντζαβίνος (συνεπιβλέπων)

Επ. Καθηγήτρια Δέσπω Φάττα-Κάσινος

Χανιά 2015

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Στην Περιφερειακή Ενότητα Χανίων:

Βιομηχανικά: στραγγίσματα πυρήνα (olive pomace leachate, OPL) και τυρόγαλα (cheese whey, CW)

100 ελαιοτριβεία ➡ περίπου 15.000 m³ OPL/ελαιοκομική περίοδο

30 τυροκομεία ➡ περίπου 9.000 m³ CW/τυροκομική περίοδο



στραγγίσματα πυρήνα

τυρόγαλα



ΣΤΟΧΟΙ

1. αναερόβια επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων, OPL και CW, για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και την ταυτόχρονη παραγωγή βιοαερίου
2. εφαρμογή της ηλεκτρόλυσης και photo-Fenton για την περαιτέρω απομάκρυνση του οργανικού φορτίου που περιέχεται στο αναερόβια επεξεργασμένο απόβλητο
3. αναμόρφωση βιοαερίου και εκμετάλλευση του παραγόμενου υδρογόνου σε κυψελίδα καυσίμου στερεού ηλεκτρολύτη (SOFC), με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



Στραγγίσματα
πυρήνα ή
Τυρόγαλα

Αναερόβια
συγχώνευση
σε
αντιδραστήρα
UASB

Αστικό
λύμα

Βιοαέριο
(CH_4 , CO_2)

Κυψελίδα καυσίμου για
παραγωγή ηλεκτρικής
ενέργειας

Εκροή

Μετεπεξεργασία
με ηλεκτρόλυση

Διάθεση στο
περιβάλλον

Μετεπεξεργασία
με photo-Fenton

Διάθεση στο
περιβάλλον



ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ



ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

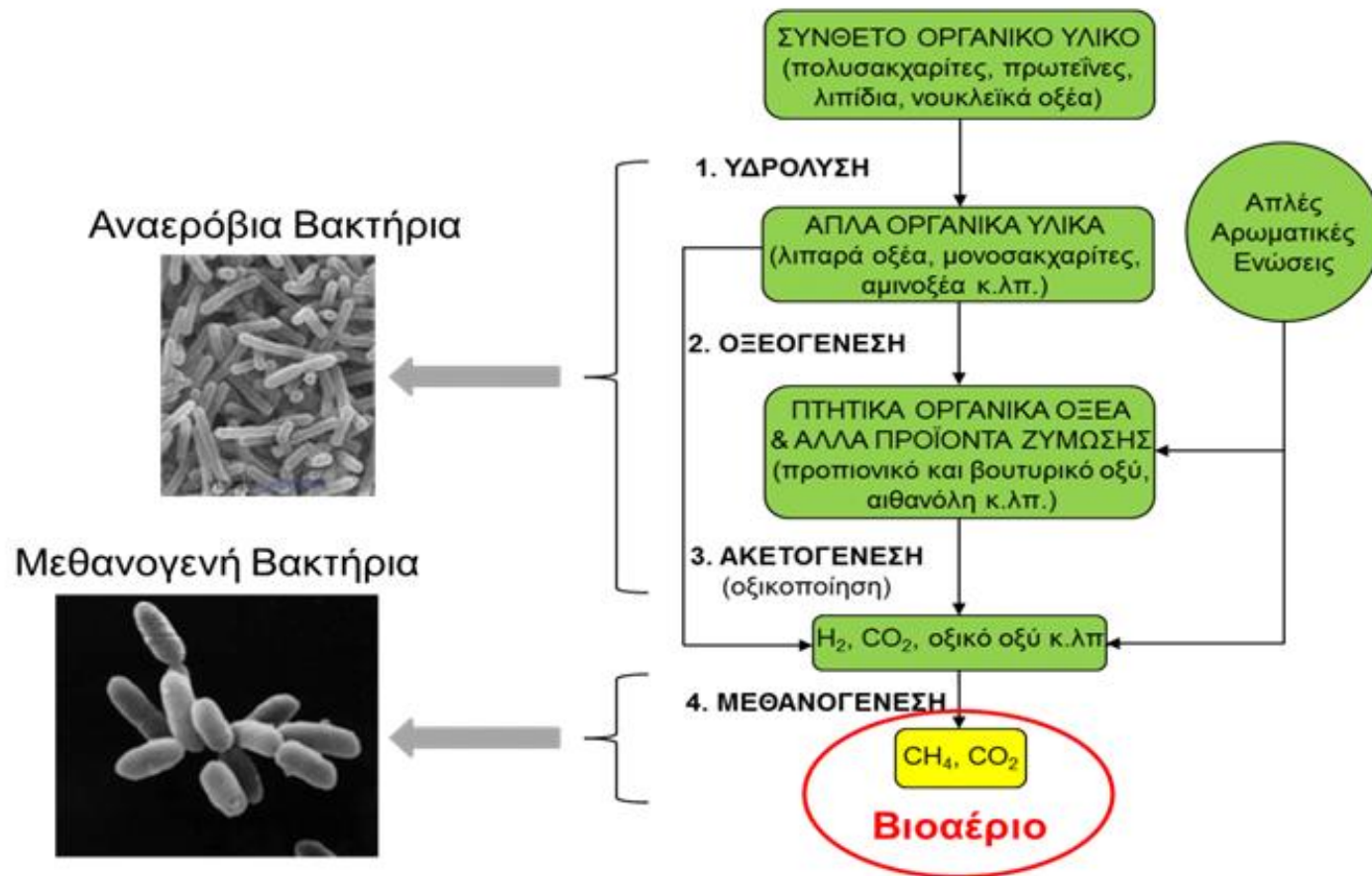
Βιολογική μέθοδος επεξεργασίας

Σημαντικότερα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με αερόβια επεξεργασία αποβλήτων:

- δεν απαιτεί αερισμό, οπότε μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς μικρότερο κόστος
- παράγει λιγότερη ποσότητα ιλύος και
- παράγει βιοαέριο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (σε κυψελίδα καυσίμου), την παραγωγή θερμότητας (σε λέβητα) ή την συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (σε ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος)

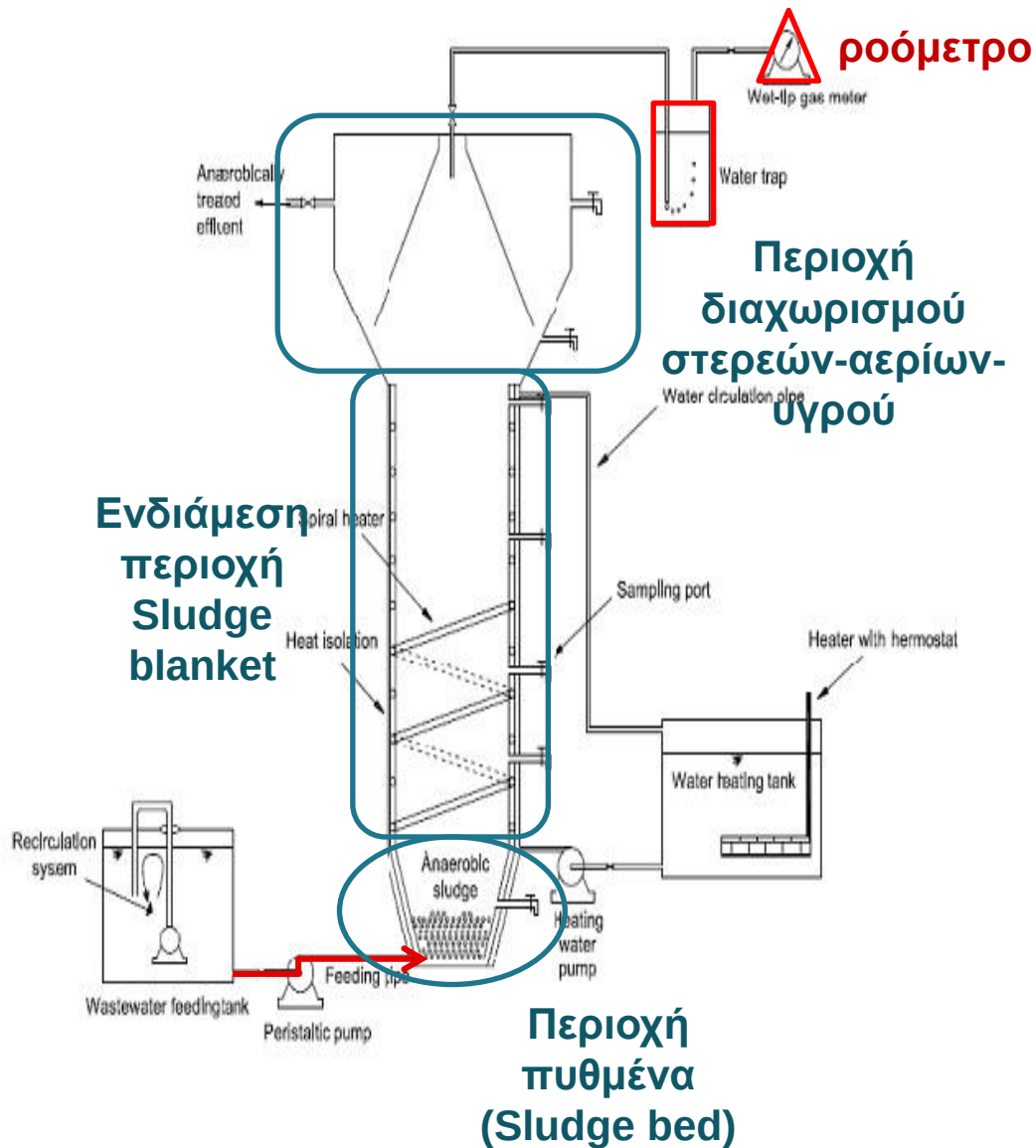


ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ



ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ

ΤΥΠΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ: ΑΝΟΔΙΚΗΣ ΡΟΗΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΙΛΥΟΣ (UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET, UASB)



ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ

Χαρακτηριστικά- Πειραματικές συνθήκες

Λειτουργικός όγκος αντιδραστήρα: 550 L

Θερμοκρασία λειτουργίας: 28-30°C

Υδραυλικός χρόνος παραμονής (HRT): 3 μέρες

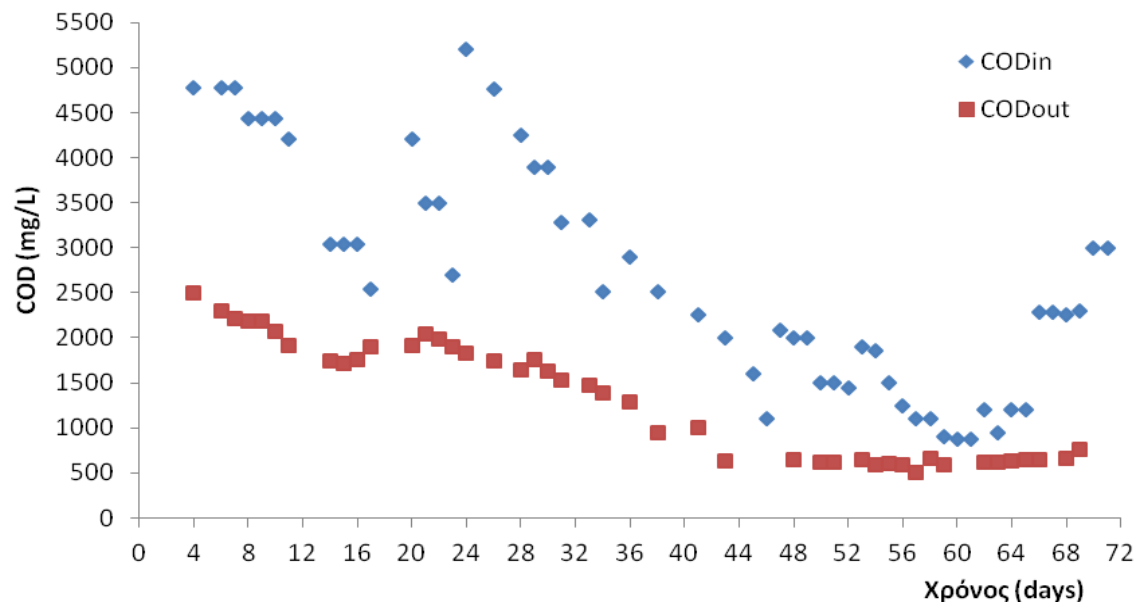
COD_{in} για το OPL: 1-5 g/L, και

COD_{in} για το CW 0,7-6 g/L

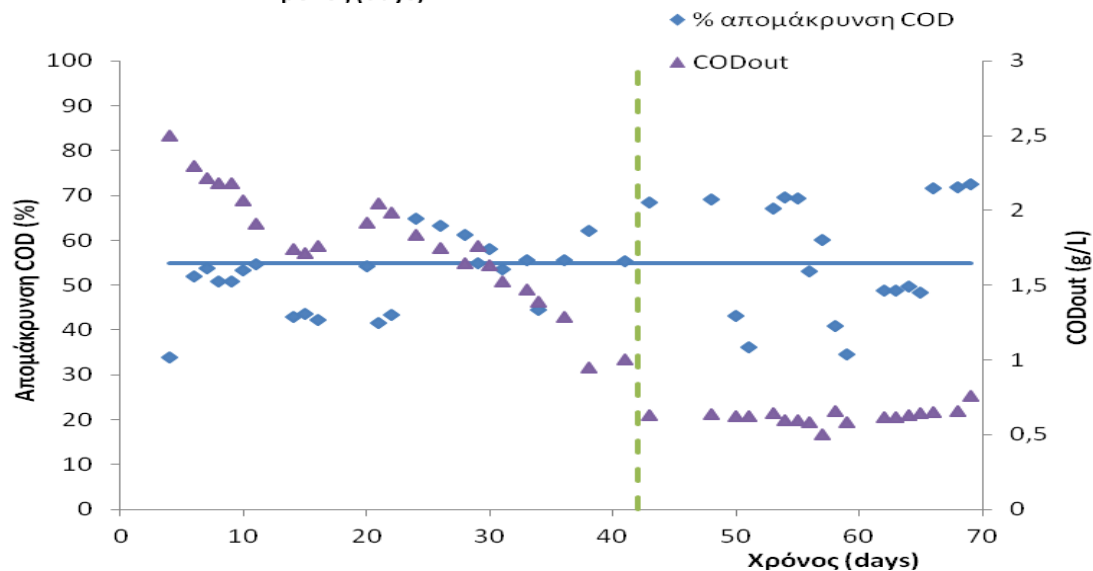


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ

ΑΡΑΙΩΜΕΝΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ ΠΥΡΗΝΑ

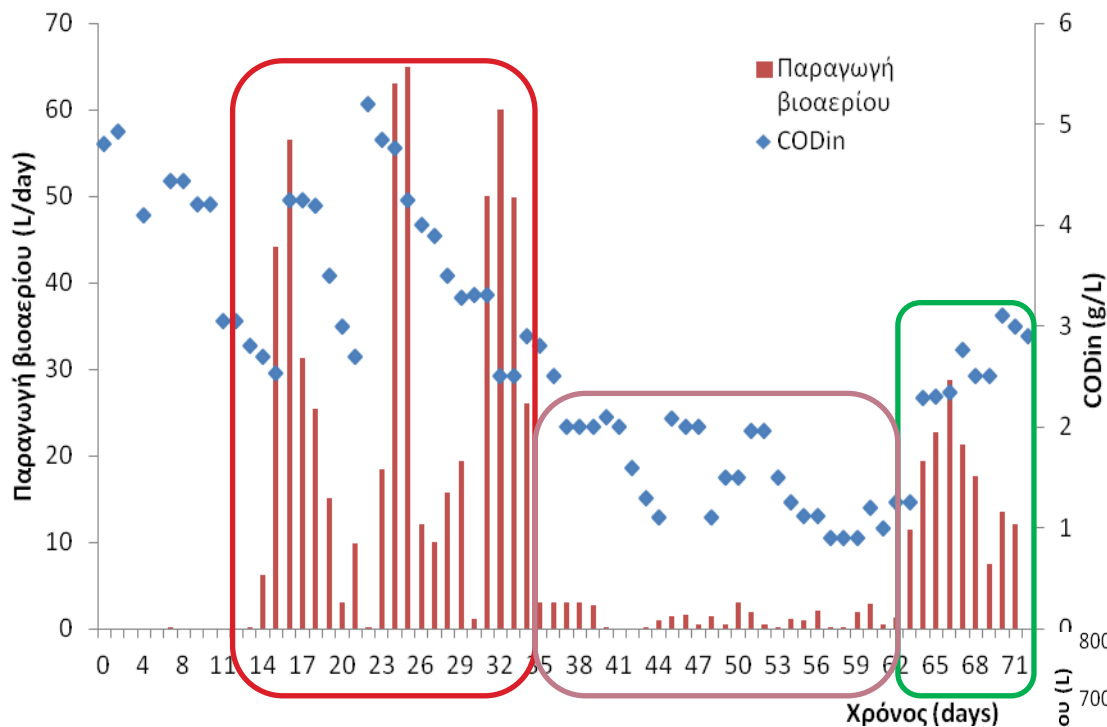


*Ο μέσος όρος απομάκρυνσης
του COD είναι 55%*



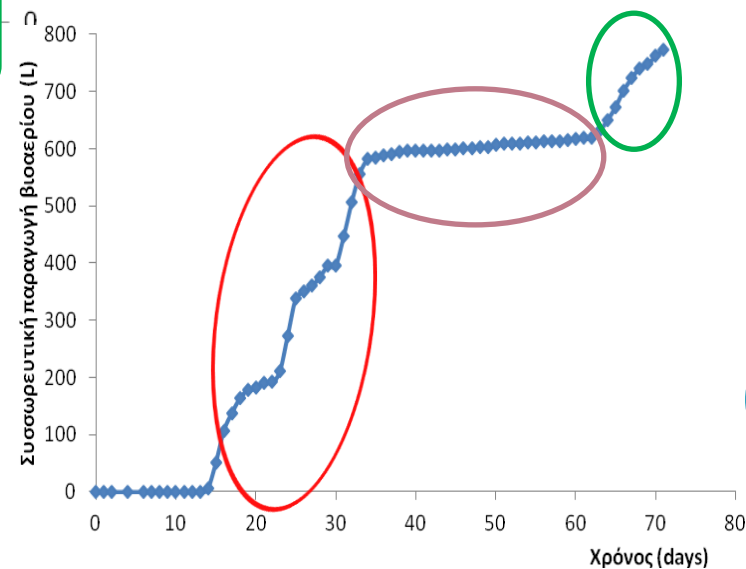
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ

ΑΡΑΙΩΜΕΝΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ ΠΥΡΗΝΑ



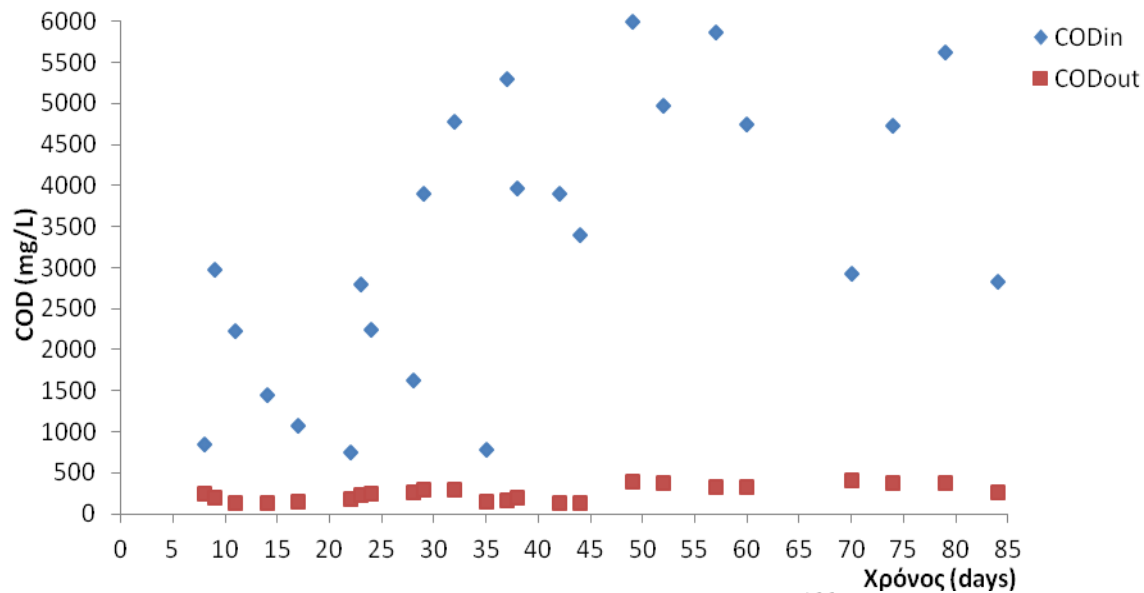
Για συγκεντρώσεις μικρότερες από 2,5 gCOD/L η παραγωγή βιοαερίου ήταν περιορισμένη

Περιεκτικότητα του βιοαερίου σε CH₄ : 50%.

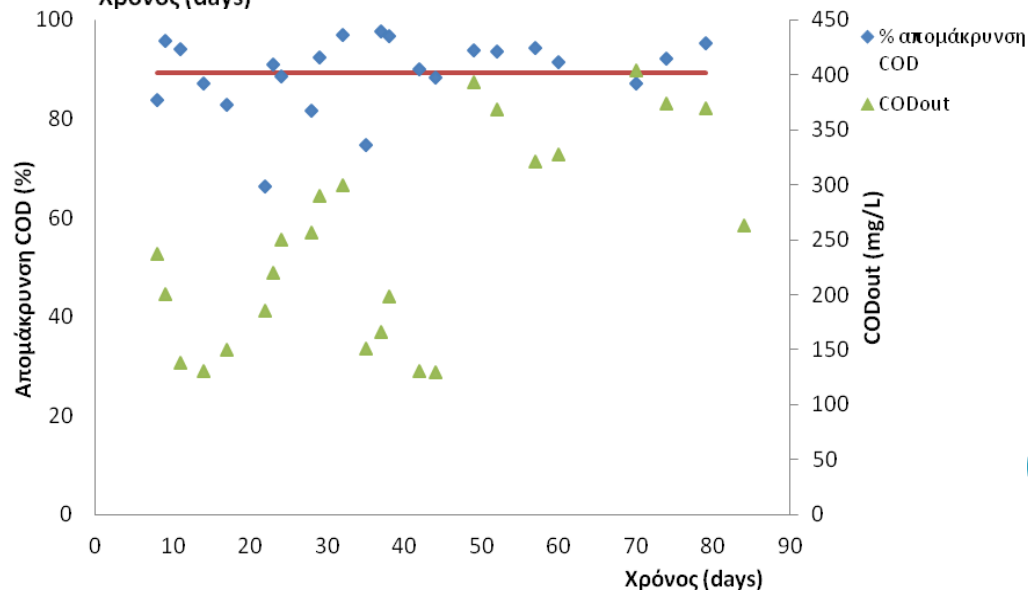


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ

ΑΡΑΙΩΜΕΝΟ ΤΥΡΟΓΑΛΑ

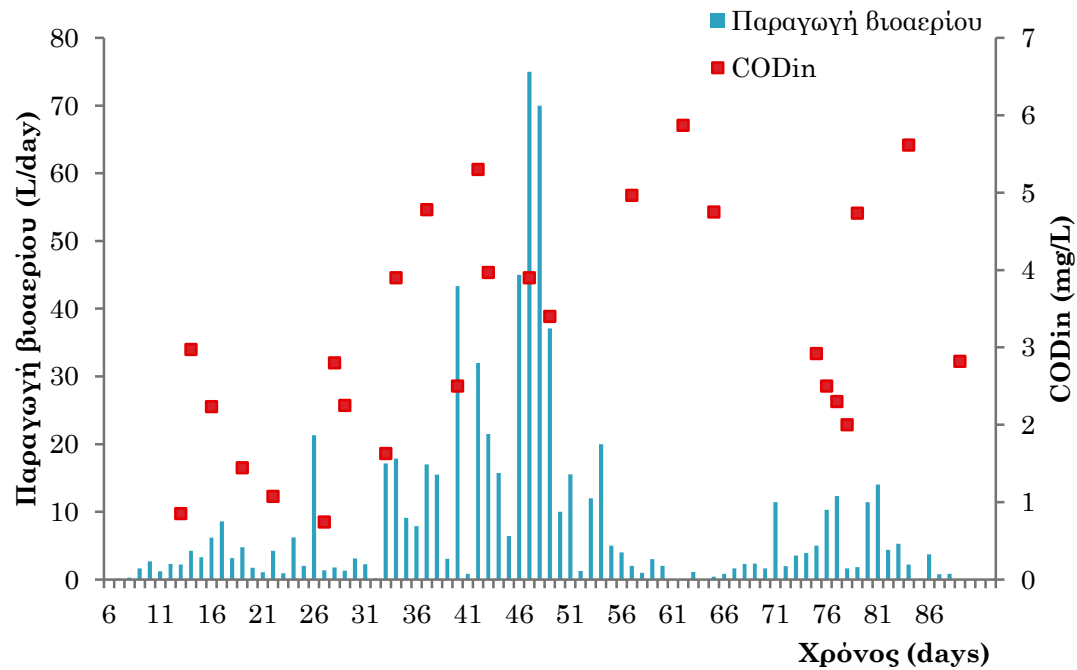


*Ο μέσος όρος απομάκρυνσης
του COD είναι 89%*

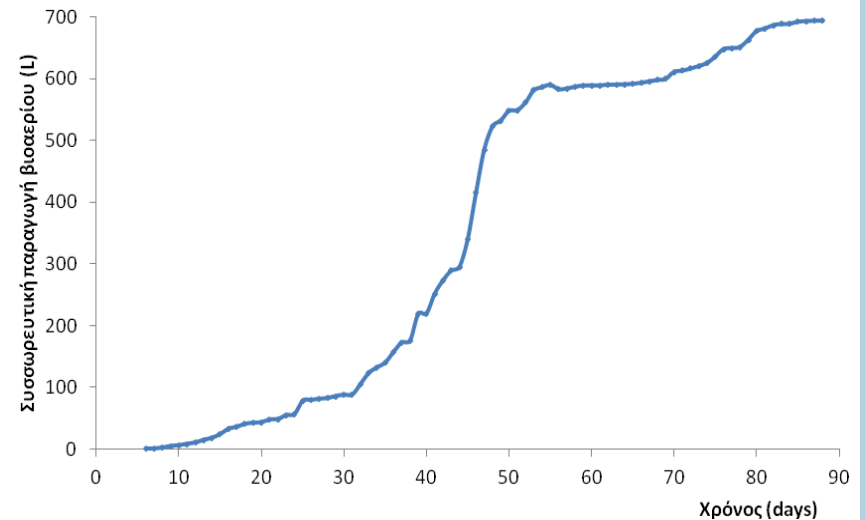


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ

ΑΡΑΙΩΜΕΝΟ ΤΥΡΟΓΑΛΛΟ



*Περιεκτικότητα του βιοαερίου
σε CH_4 : 20%.*



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η αναερόβια συγχώνευση των αποβλήτων ήταν αρκετά αποτελεσματική διεργασία όσον αφορά στην απομάκρυνση του COD των αποβλήτων
- Η συγχώνευση των στραγγισμάτων ελαιοπυρήνα και πρωτοβάθμιου αστικού λύματος οδήγησε σε απομακρύνσεις του COD μεταξύ 35% και 70%
- Κατά τη συγχώνευση του αραιωμένου τυρόγαλου, η απομάκρυνση του COD κυμάνθηκε μεταξύ 66% και 97%



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η απόδοση της διεργασίας ως προς την παραγωγή βιοαερίου δεν ήταν αρκετά αποτελεσματική, στις συγκεκριμένες οργανικές φορτίσεις.
- Η παραγωγή βιοαερίου ήταν γενικά περιορισμένη και στα δυο απόβλητα και ειδικά για το OPL για συγκεντρώσεις *COD_{in}* μικρότερες από 2,5 gCOD/L.
- Η παραγωγή CH₄ κυμάνθηκε σε μικρότερα επίπεδα από την θεωρητική τιμή και στα δυο διαφορετικά μίγματα αποβλήτων.
- Η περιεκτικότητα του βιοαερίου σε μεθάνιο βρέθηκε ίση με 50% για το OPL και μόλις 20% για το CW.



ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ

Αρχή λειτουργίας: διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μεταξύ των ηλεκτροδίων μιας ηλεκτροχημικής κυψέλης, μέσα από την οποία διέρχεται το απόβλητο.

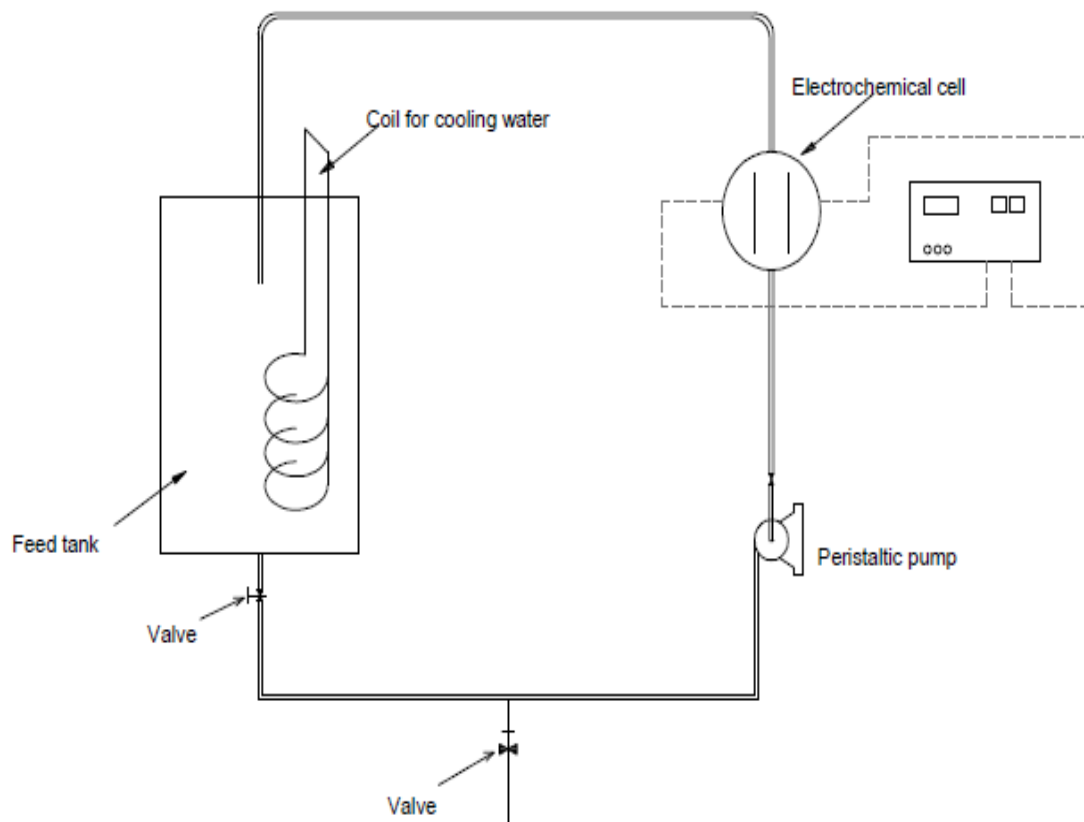
Πιθανοί μηχανισμοί για την οξείδωση της οργανικής ύλης κατά την ηλεκτροχημική οξείδωση

α) η **άμεση οξείδωση** των οργανικών ρύπων που λαμβάνει χώρα στην άνοδο και γίνεται με την προσρόφηση των ρύπων στην επιφάνεια του ηλεκτροδίου, όπου και καταστρέφονται μέσω αντιδράσεων μεταφοράς ηλεκτρονίων. Ο μηχανισμός αυτός προκαλεί μείωση της δραστηριότητας της ανόδου, με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται σημαντική απορρύπανση.

β) η **έμμεση οξείδωση** των οργανικών ρύπων που λαμβάνει χώρα στο διάλυμα και η οποία οφείλεται στις οξειδωτικές ουσίες, όπως ρίζες υδροξυλίου, χλώριο, υποχλωριώδες άλας, όζον, υπεροξείδιο του υδρογόνου και περοξοδιθειικά ιόντα που σχηματίζονται ηλεκτροχημικά. Η δράση των οξειδωτικών αυτών οδηγεί σε σημαντική απορρύπανση του αποβλήτου.



ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ηλεκτρολυτικό κελί: άνοδος και κάθοδος από διαμάντι (boron doped diamond cell, BDD)

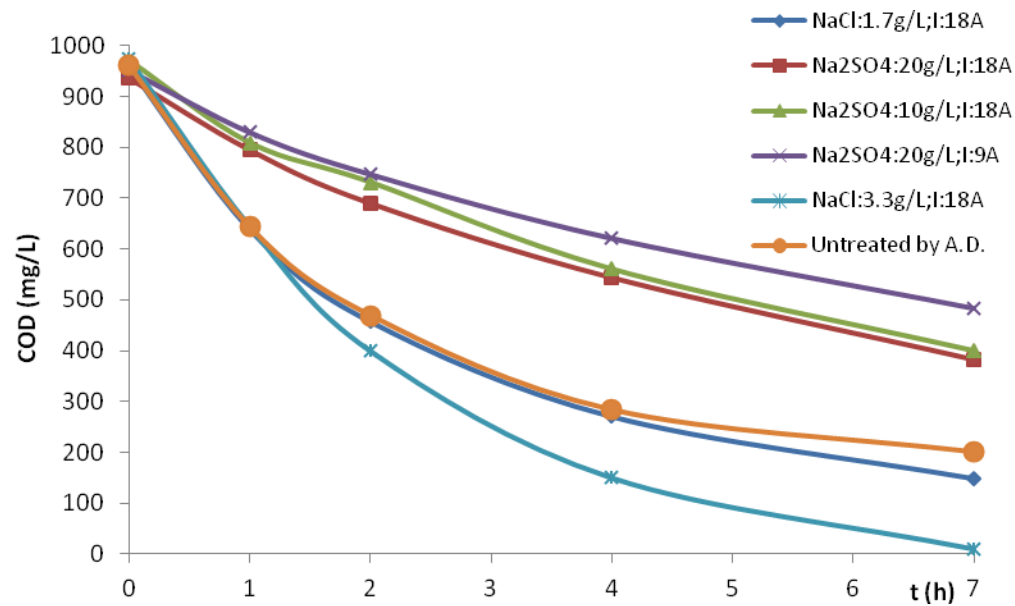
Χαρακτηριστικά- Λειτουργικές συνθήκες

- **V:** 10 L
- **T:** 25 - 34⁰C
- **t:** 4 ή 7 h
- **pH:** 7-8
- **COD_{in}:** 500-1000 mg/L (OPL) και 150-420 mg/L (CW)
- **I:** 9 και 18 A
- **Ηλεκτρολύτες:** Na₂SO₄ 10 g/L, 20 g/L και NaCl 1,7 g/L και 3,3 g/L



ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΑΡΑΙΩΜΕΝΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ ΠΥΡΗΝΑ

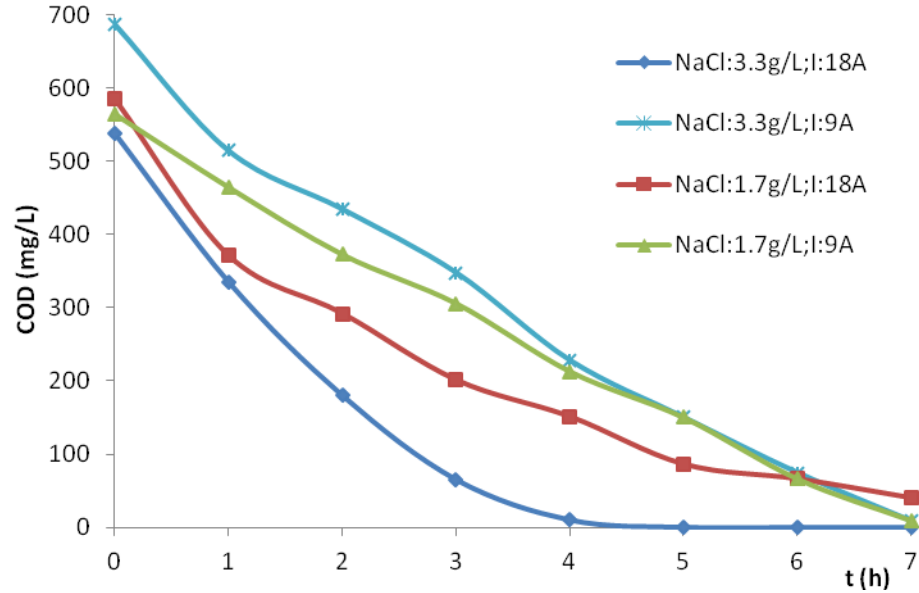


1^η σειρά πειραμάτων



ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

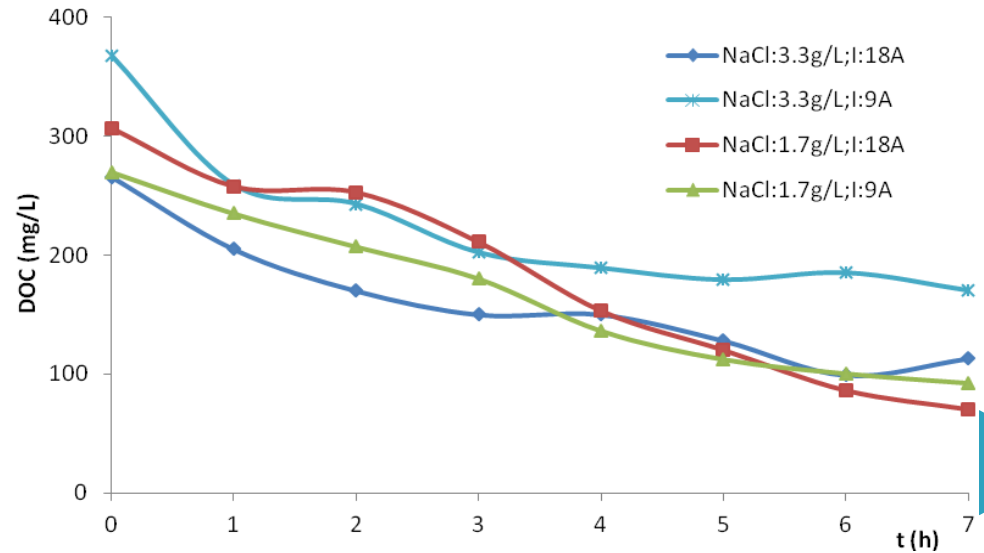
ΑΡΑΙΩΜΕΝΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ ΠΥΡΗΝΑ



2^η σειρά πειραμάτων

$$\mu = \frac{COD_{partial}}{COD_o - COD}$$

$$COD_{partial} = COD_o \frac{DOC}{DOC_o} - COD$$



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΡΓΑΝΟΧΛΩΡΙΩΜΕΝΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

ΑΡΑΙΩΜΕΝΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ ΠΥΡΗΝΑ

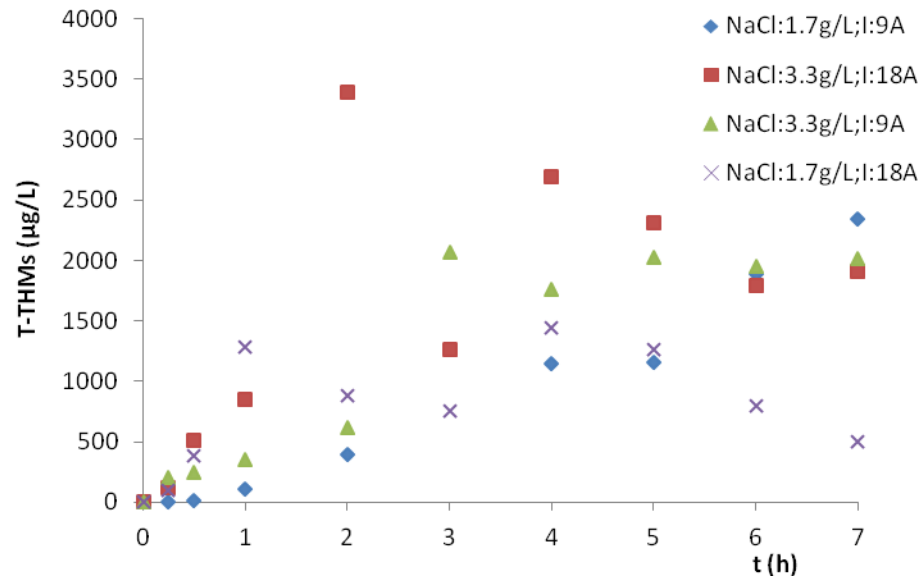
Συγκεκριμένα, μετρήθηκαν τα:

- τριαλογονομεθάνια (THMs) (βρωμοφόρμιο, διβρωμοχλωρομεθάνιο, βρωμοδιχλωρομεθάνιο, χλωροφόρμιο),
- αλογονοκετονιτρίλια (HANs)
(τριχλωροακετονιτρίλιο, διχλωροακετονιτρίλιο, βρωμοχλωροακετονιτρίλιο, διβρωμοακετονιτρίλιο)
- Αλογονοκετόνες (HKs) (διχλωροπροπανάνη, τριχλωροπροπανάνη)
- 1,2 διχλωροαιθάνιο (1,2 DCA) και
- χλωροπικρίνη (chloropicrine)



ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΡΓΑΝΟΧΛΩΡΙΩΜΕΝΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ



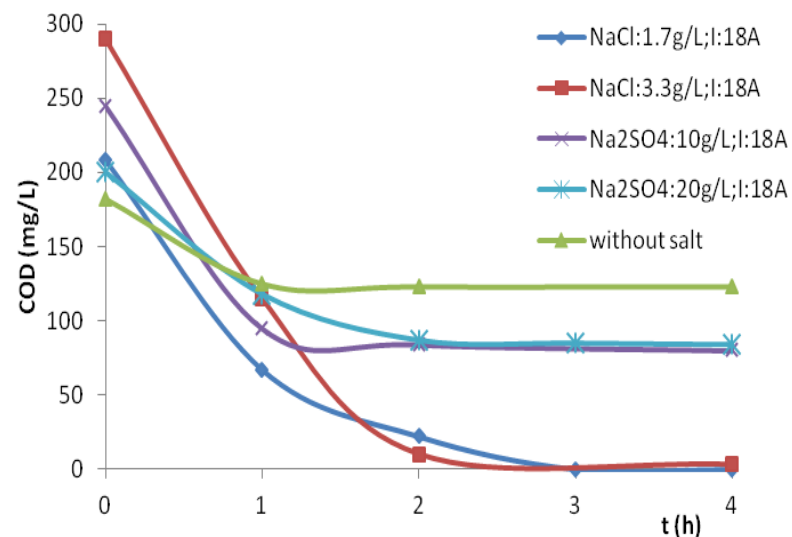
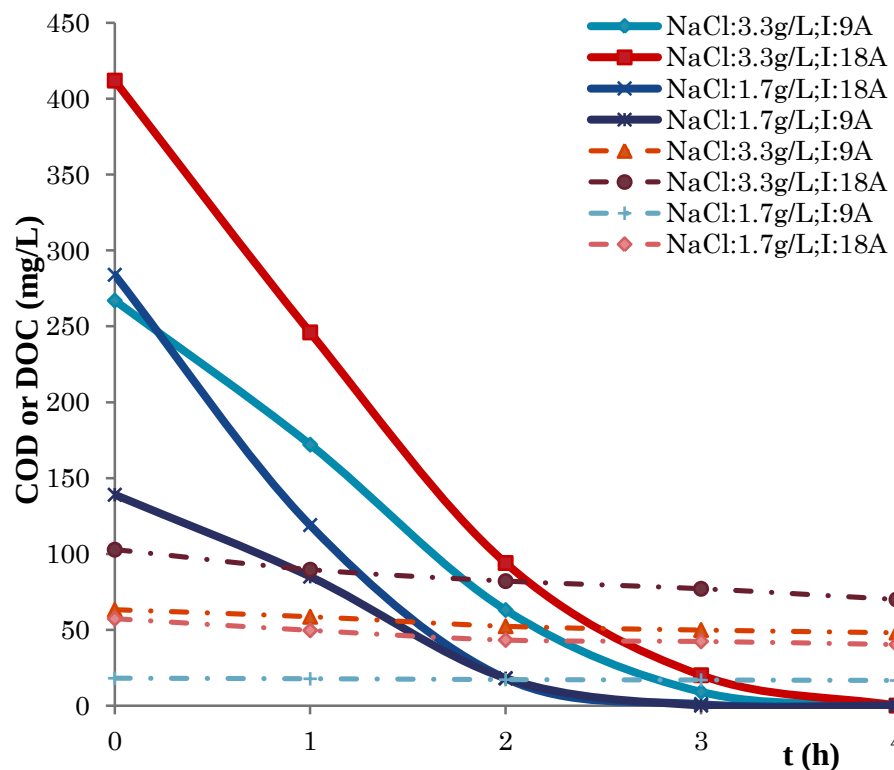
- Όρια: 80 µg/L, 80µg/L και 5 µg/L για τα THMs, HANs και 1,2-DCA, αντίστοιχα που θέτονται από την USEPA
- Όρια των 40 µg/L, 5 µg/L και 3 µg/L για τα χλωροφόρμιο, βρωμοδιχλωρομεθάνιο και 1,2-διχλωροαιθάνιο, αντίστοιχα, που ορίζονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση



ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΑΡΑΙΩΜΕΝΟ ΤΥΡΟΓΑΛΑ

1^η σειρά πειραμάτων



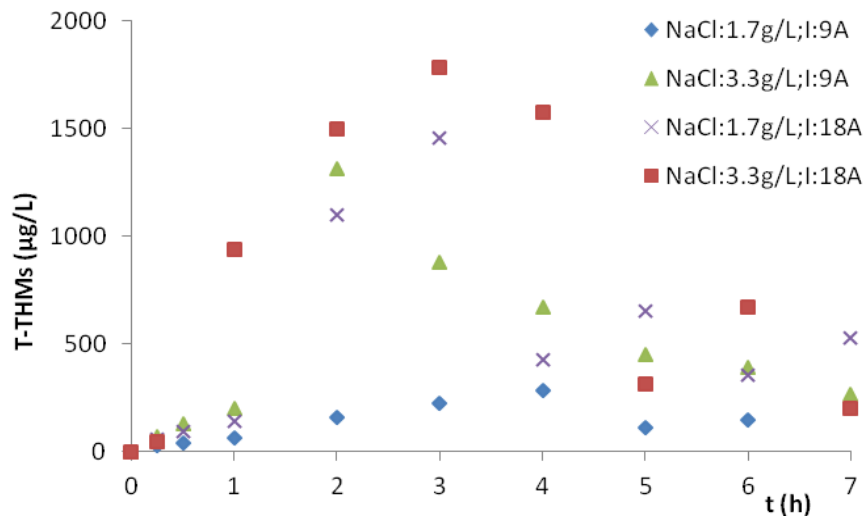
2^η σειρά πειραμάτων



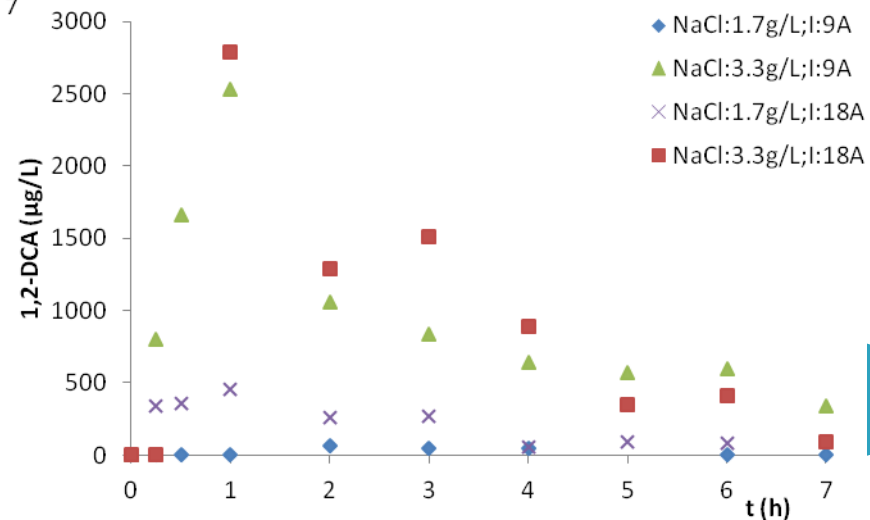
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΡΓΑΝΟΧΛΩΡΙΩΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

T-THMs

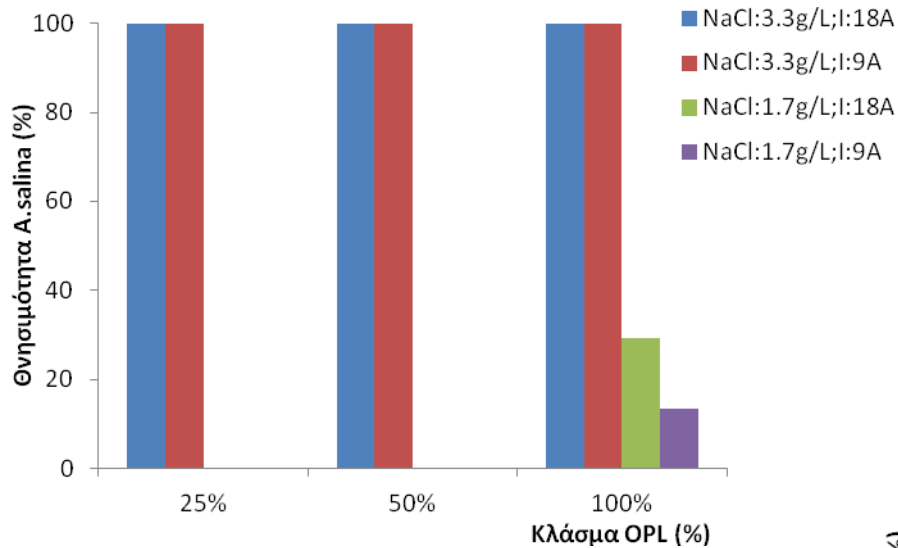


1,2-DCA



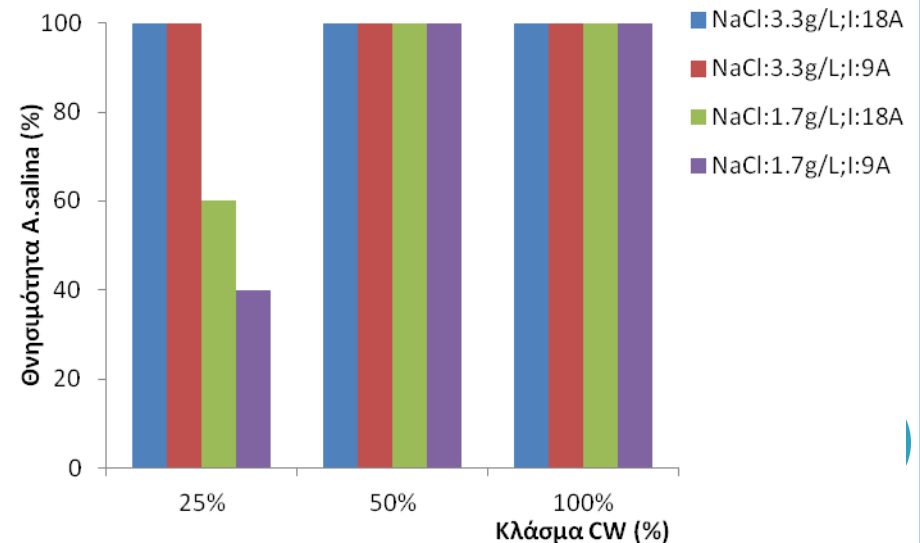
ΟΙΚΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ

Olive pomace
leachate



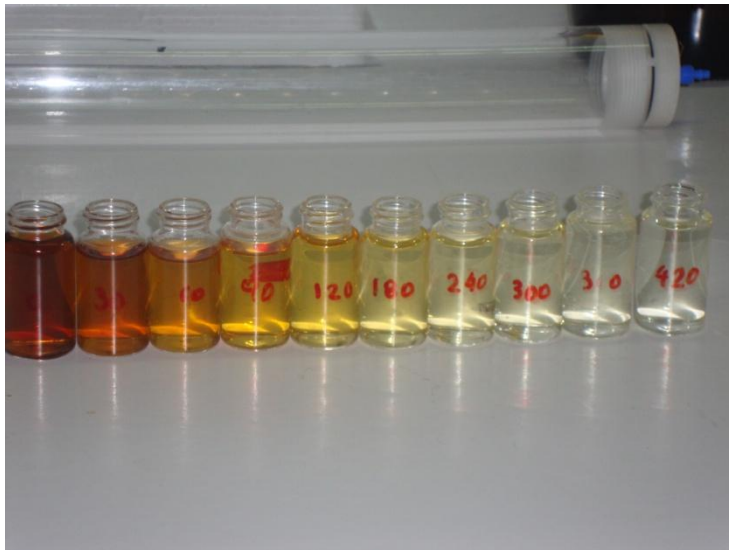
Μέτρηση οικοτοξικότητας
μετά την 7 h ηλεκτροχημική
οξείδωση με *A.salina*

Cheese
whey



ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΑΠΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ



OPL

Αρχικό χρώμα: 3500 TCU
Τελικό χρώμα: <100 TCU
Μείωση: 97% (χρήση NaCl ως ηλεκτρολύτη)

CW

Αρχικό χρώμα: 1750 TCU
Τελικό χρώμα: <100 TCU
Μείωση: 93% (χρήση NaCl ως ηλεκτρολύτη)

Σχεδόν πλήρης αποχρωματισμός και των 2
αποβλήτων
μετά την 7 ωρών ηλεκτροχημική οξείδωση



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Με τη χρήση του NaCl ως ηλεκτρολύτη επιτεύχθηκαν υψηλότερα ποσοστά απομάκρυνσης COD, σε σχέση με Na_2SO_4 .
- Στο OPL μέγιστη απομάκρυνση του COD ίση με 59% με χρήση Na_2SO_4 και σχεδόν πλήρη απομάκρυνση COD με χρήση NaCl.
- Στο CW μέγιστη απομάκρυνση του COD ίση με 67% με χρήση Na_2SO_4 και σχεδόν πλήρη απομάκρυνση COD με χρήση NaCl.
- Από τις μετρήσεις της παραμέτρου μ προκύπτει ότι στην περίπτωση του OPL η ηλεκτροχημική οξείδωση ακολουθεί περισσότερο ολική οξείδωση του αποβλήτου, ενώ στην περίπτωση του CW μερική οξείδωση.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η χρήση NaCl στην ηλεκτροχημική οξείδωση έχει το σημαντικό μειονέκτημα της παραγωγής οργανοχλωριωμένων προϊόντων σε υψηλά επίπεδα συγκεντρώσεων (ppm) σε σχέση με αυτά που θέτει η νομοθεσία για το πόσιμο νερό (ppb).
- Παρόλο τη μείωση των συγκεντρώσεων των παραπροϊόντων με την παρατεταμένη ηλεκτροχημική οξείδωση, αυτά δεν φτάνουν στα επίπεδα που θέτει η νομοθεσία.
- Αυξημένη οικοτοξικότητα των αποβλήτων μετά την 7 h οξείδωση λόγω υπολειμματικού χλωρίου και οργανοχλωριωμένων παραπροϊόντων.
- Σχεδόν πλήρης αποχρωματισμός των αποβλήτων.



PHOTO-FENTON ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



PHOTO-FENTON

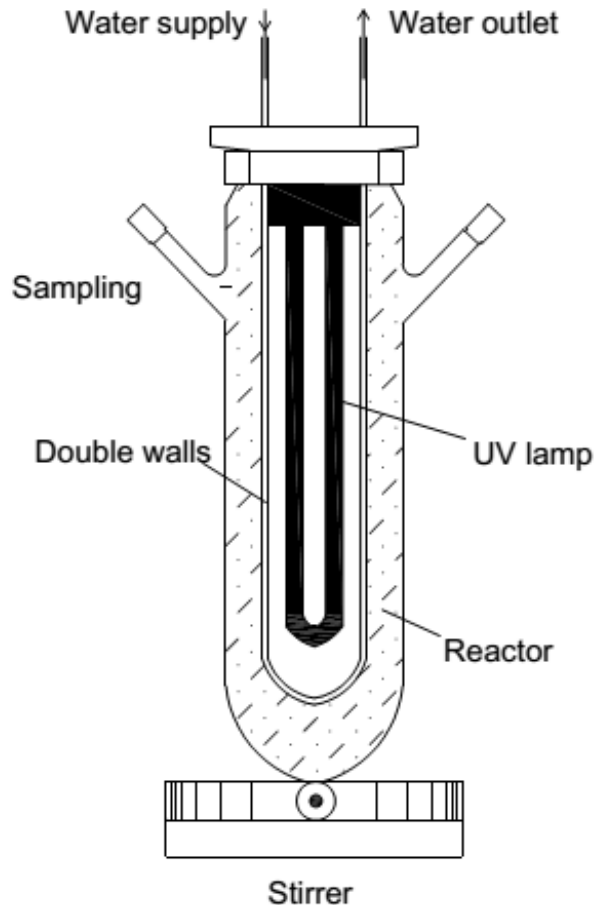


Παράγοντες που επηρεάζουν τη διεργασία:

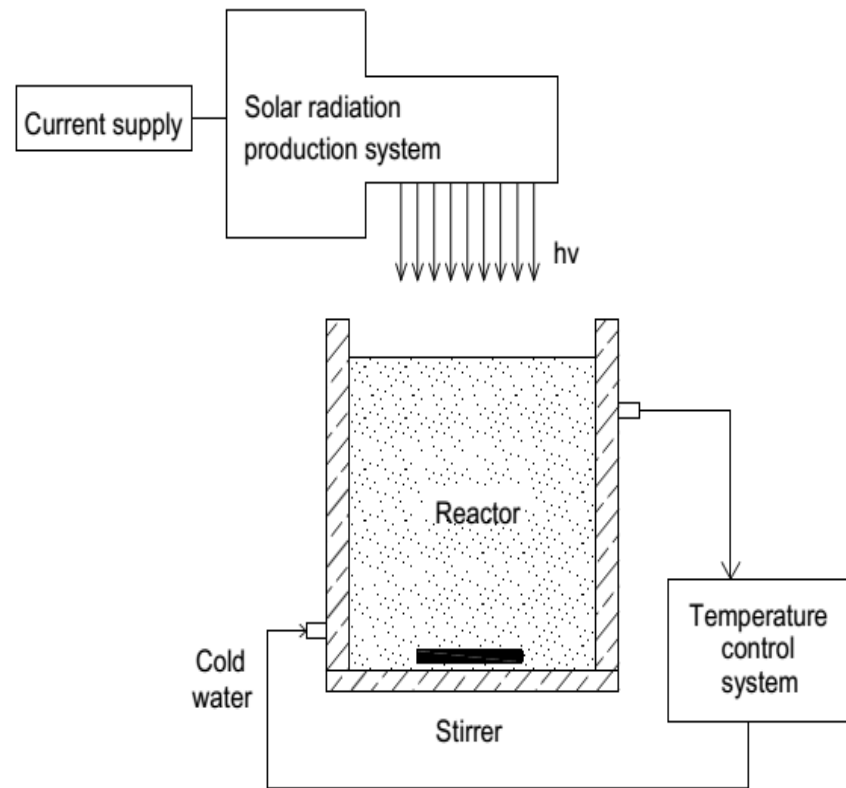
α) συγκέντρωση Fe, **β)** συγκέντρωση οξειδωτικού, **γ)** ο λόγος Fe/H₂O₂, **δ)** η θερμοκρασία και **ε)** η συγκέντρωση και τα χημικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος



PHOTO-FENTON ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Διάγραμμα ροής φωτοκαταλυτικού
αντιδραστήρα υπεριώδους ακτινοβολίας
UVA 11 W



Διάγραμμα ροής φωτοκαταλυτικού
αντιδραστήρα ηλιακής ακτινοβολίας



PHOTO-FENTON ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Χαρακτηριστικά- Λειτουργικές συνθήκες

V: 300 mL, T: 28 °C, pH: 2,8-3

OPL (UVA-11W)

t: 2 h

COD_{in} : 400-450 mg/L

C_{min} H₂O₂: 50 mg/L

C_{max} H₂O₂: 100 mg/L

C_{min} Fe²⁺: 5 mg/L

C_{min} Fe²⁺: 10 mg/L

CW (Solar-145W)

t: 4 h

COD_{in}: 350 mg/L

C_{min} H₂O₂: 50 mg/L

C_{max} H₂O₂: 100 mg/L

C_{min} Fe²⁺: 10 mg/L

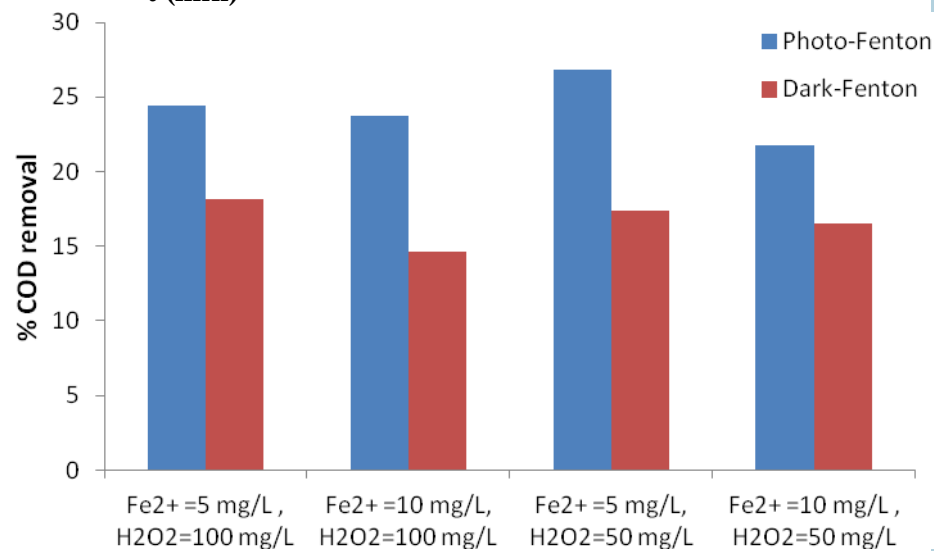
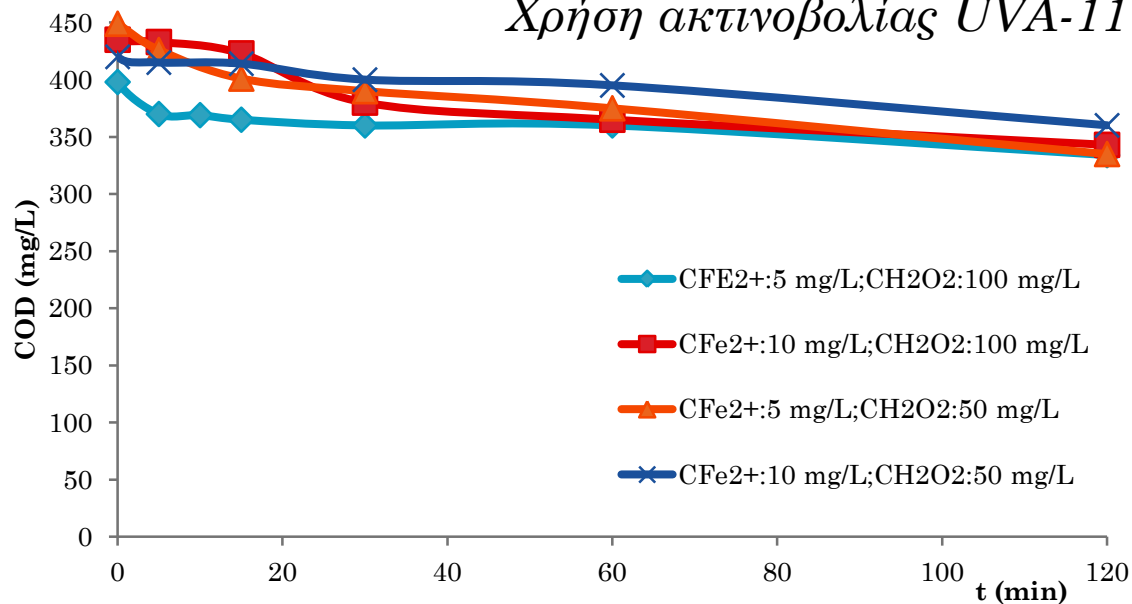
C_{min} Fe²⁺: 20 mg/L



PHOTO-FENTON ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΑΡΑΙΩΜΕΝΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ ΠΥΡΗΝΑ

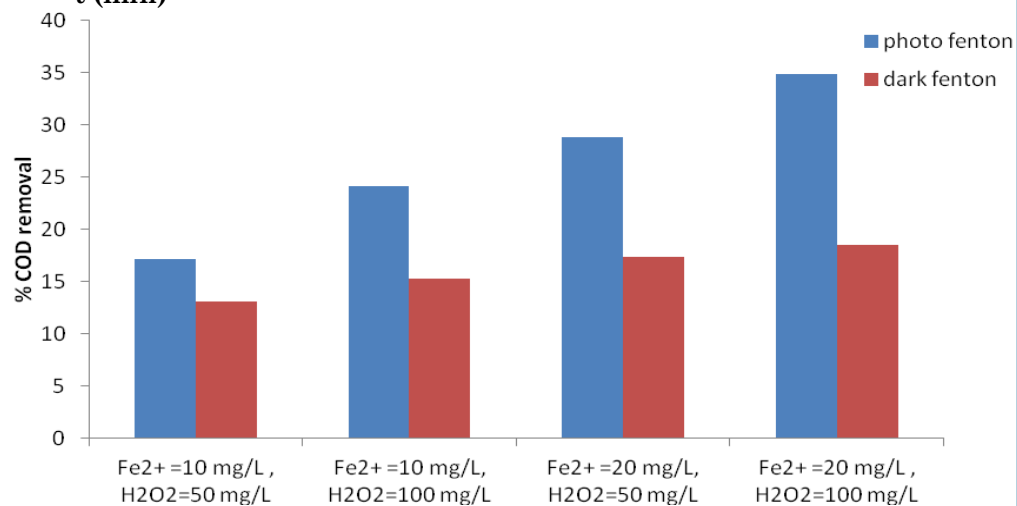
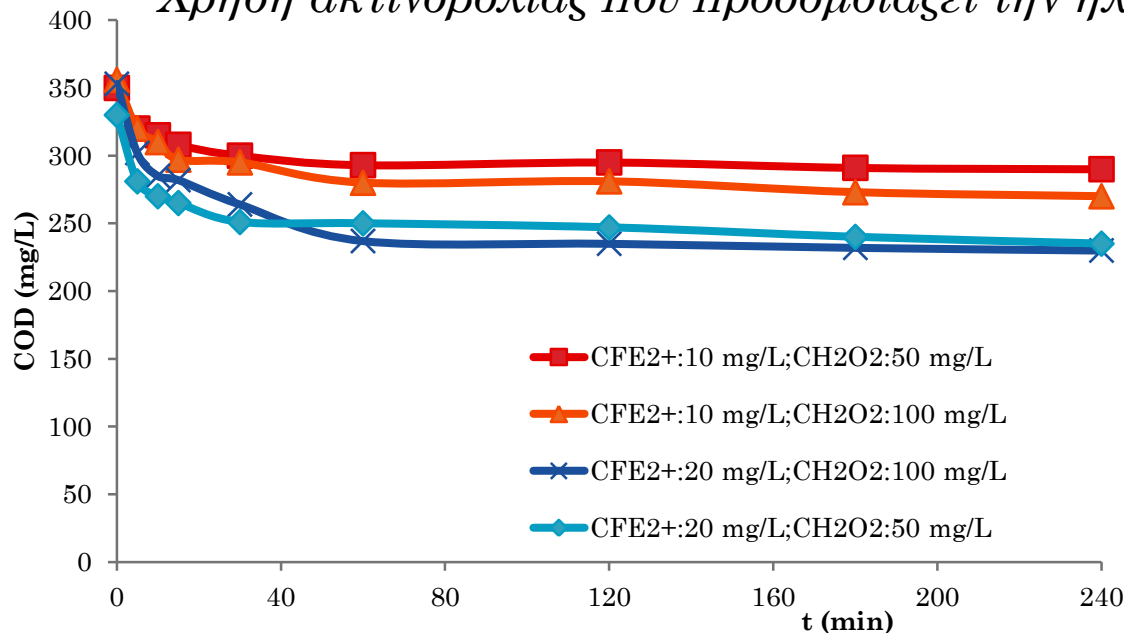
Χρήση ακτινοβολίας UVA-11W



ΡΗΟΤΟ-FENTON ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΑΡΑΙΩΜΕΝΟ ΤΥΡΟΓΑΛΑ

Χρήση ακτινοβολίας που προσομοιάζει την ηλιακή (Solar-145W)



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Κατά την εφαρμογή της διεργασίας photo-Fenton παρατηρήθηκαν χαμηλές απομακρύνσεις του COD των αποβλήτων που υποδηλώνουν ότι οι οργανικές ουσίες που περιέχονται στα αναερόβια επεξεργασμένα απόβλητα δεν μπορούν να διασπαστούν από τη διεργασία photo-Fenton στις συγκεκριμένες συγκεντρώσεις του καταλύτη και των οξειδωτικών που επιλέχθηκαν.
- Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων photo-Fenton και dark-Fenton φαίνεται η θετική επίδραση της ακτινοβολίας στην ανοργανοποίηση των αποβλήτων.



ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΤΑΛΥΤΗ ΓΙΑ ΞΗΡΗ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ CH₄



ΞΗΡΗ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ CH₄

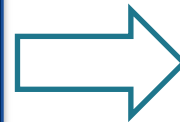


Συγκεκριμένα κατά την εσωτερική ξηρή αναμόρφωση το καύσιμο διοχετεύεται απευθείας στην κυψελίδα χωρίς την ύπαρξη κάποιου εξωτερικού αναμορφωτή.

Βιοαέριο
(CH₄+CO₂)



ΚΥΨΕΛΗ
ΚΑΥΣΙΜΟΥ
εσωτερικής
αναμόρφωσης



Ηλεκτρική
ισχύς



ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΤΑΛΥΤΗ ΓΙΑ ΞΗΡΗ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ CH₄

Παρασκευάστηκαν και μελετήθηκαν ως προς την ενεργότητα τους και τη σταθερότητά τους στο χρόνο οι καταλύτες:

- 55Ni/YSZ
- 2Ir-55Ni/GDC
- 2Ir-55Ni/YSZ
- 3Au-51.1Ni/YSZ
- 3Au-51.1Ni/GDC

Χαρακτηριστικά ανοδικών καταλυτών: α) υψηλή ηλεκτρονιακή και ιοντική αγωγιμότητα, β) πορώδη υλικά, γ) να έχουν χημική και θερμική συμβατότητα με τον ηλεκτρολύτη και δ) υψηλή καταλυτική ικανότητα στην αναμόρφωση του CH₄



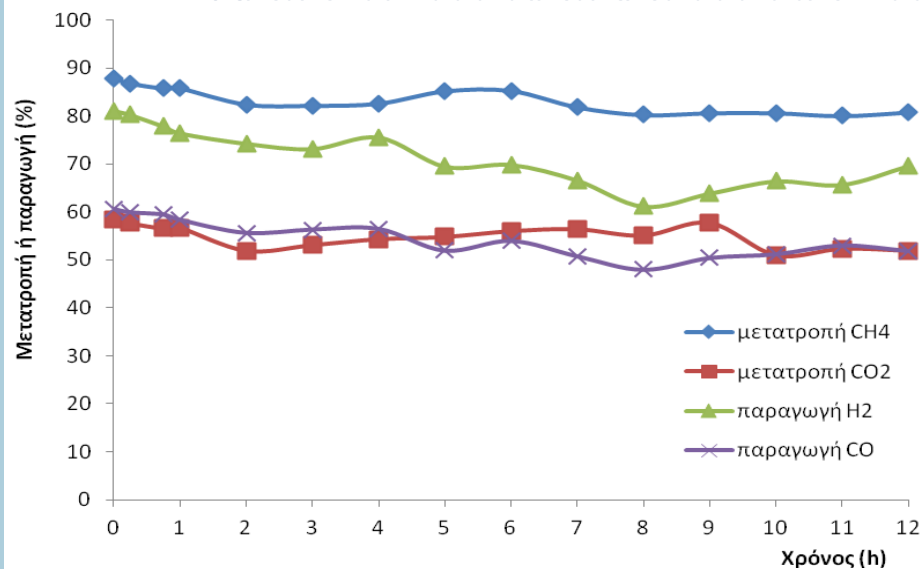
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΤΑΛΥΤΗ ΓΙΑ ΞΗΡΗ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ CH₄

	Μετατροπή CH ₄ (%)		Μετατροπή CO ₂ (%)		Παραγωγή H ₂ (%)		Παραγωγή CO (%)	
Αναλογία σύστασης βιοαερίου	CO ₂ /CH ₄ =1, 5/1	CO ₂ /CH ₄ =1, 8/1	CO ₂ /CH ₄ =1, 5/1	CO ₂ /CH ₄ =1, 8/1	CO ₂ /CH ₄ =1, 5/1	CO ₂ /CH ₄ =1, 8/1	CO ₂ /CH ₄ =1, 5/1	CO ₂ /CH ₄ =1, 8/1
55Ni/YSZ	79,3	91,2	62,7	73,6	88,0	76,4	66,8	55,9
2Ir-55Ni/GDC	85,9	87,8	64,7	58,3	68,7	81,1	64,0	60,5
2Ir-55Ni/YSZ	88,4	87,8	67,7	61,3	87,0	88,3	73,2	63,9
3Au- 51,1Ni/YSZ	74,1	38,7	67,8	29,7	69,8	38,4	88,2	45,0
3Au- 51,1Ni/GDC	61,5	30,4	63,5	25,3	63,4	28,9	81,2	37,8
Ni/Al ₂ O ₃ (industrial)	81,1	81,0	71,0	50,9	85,3	85,1	84,9	82,1

Συνθήκες: $T=750^{\circ}\text{C}$, $F_{total}=50\text{ cm}^3/\text{min}$

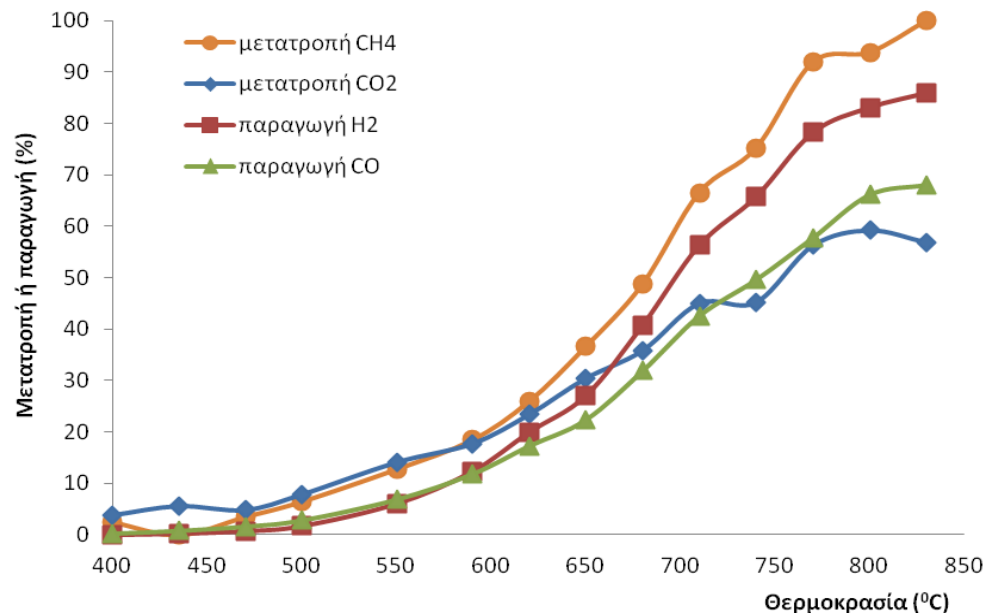


ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΤΑΛΥΤΗ ΓΙΑ ΞΗΡΗ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ CH₄



Καταλύτης 2Ir-55Ni/GDC

Συνθήκες: CO₂/CH₄=1,8/1, T=750°C, F_{total}=50 cm³/min.



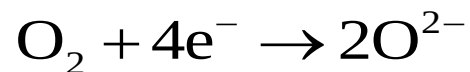
Συνθήκες: CO₂/CH₄=1,8/1, F_{total}=50 cm³/min

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ (SOFC)

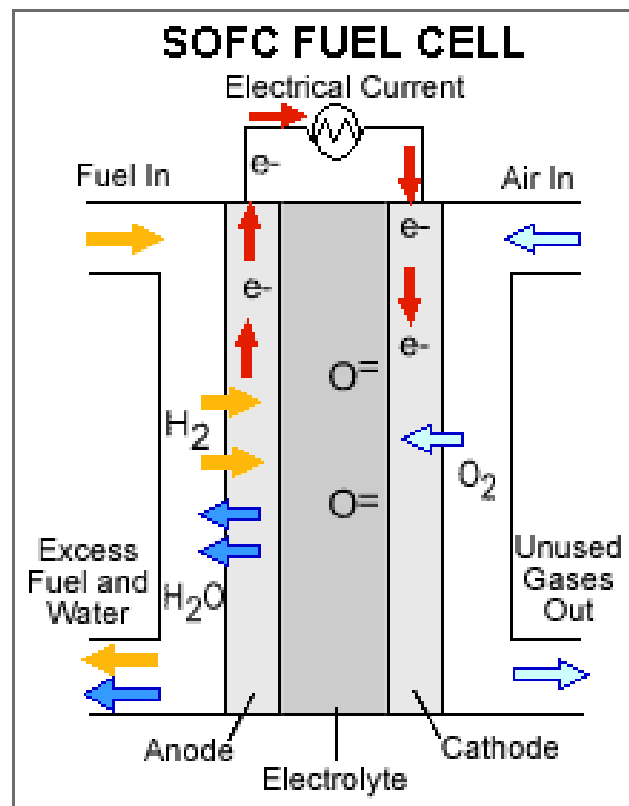
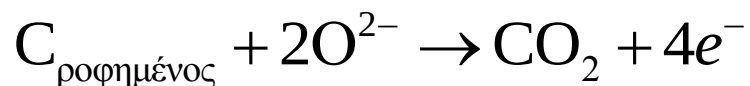
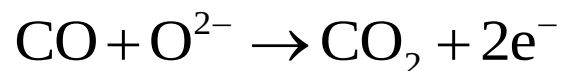
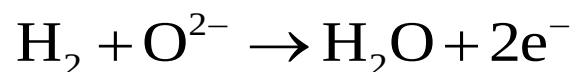


ΚΥΨΕΛΙΔΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ (SOFC)

Κάθοδος



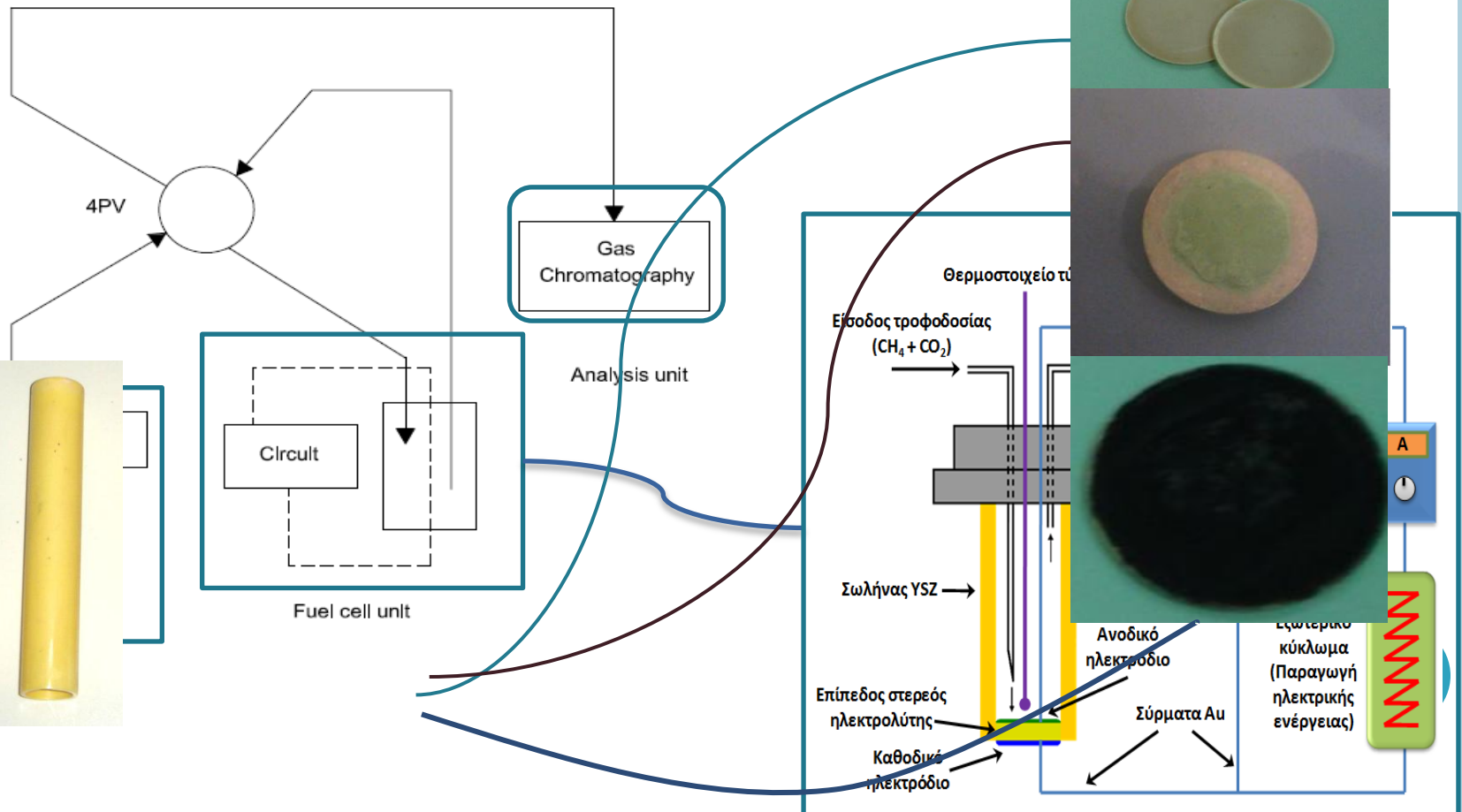
Άνοδος



ΚΥΨΕΛΙΔΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ (SOFC)

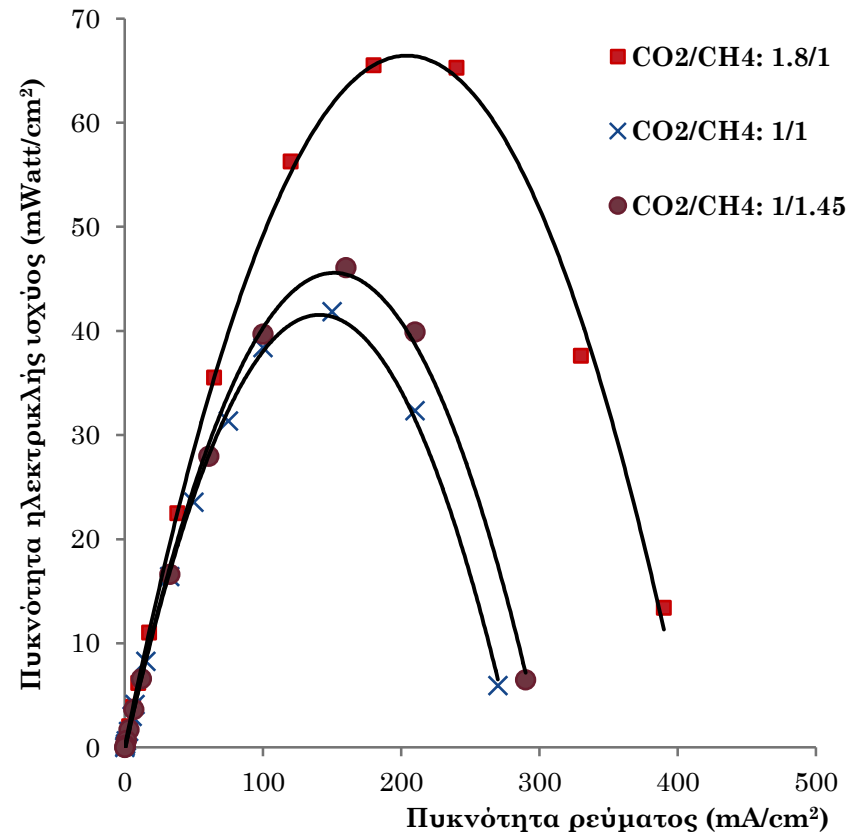
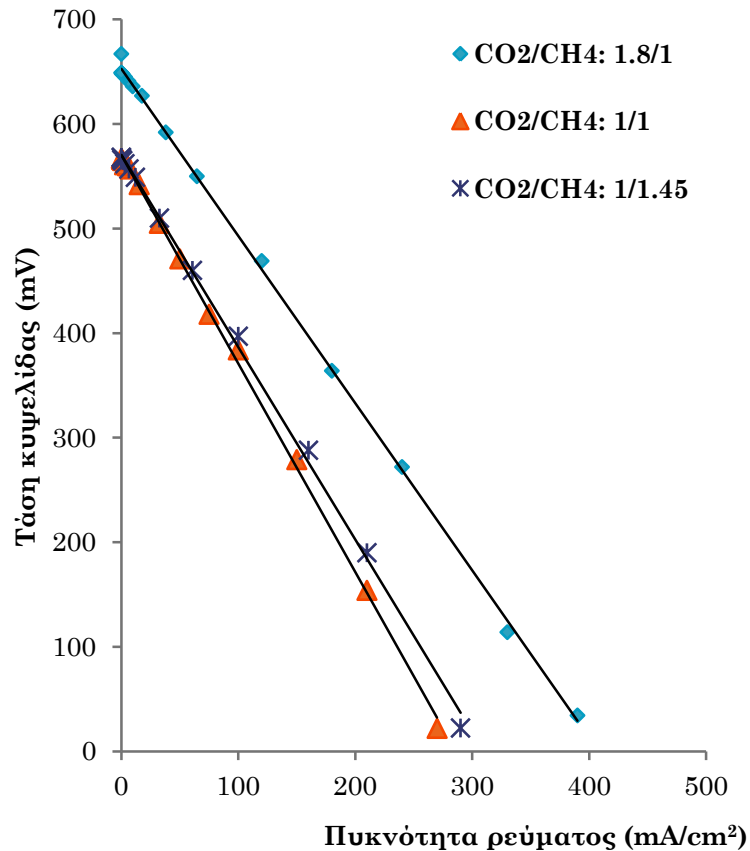
Το κελί καυσίμου αποτελείται από :

- Άνοδο (εισαγωγή καυσίμου): $2\text{Ir}-55\text{Ni}/\text{GDC}$
- Κάθοδο (εισαγωγή οξειδωτικού): περοβοκίτης τύπου LSM ($\text{La}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$)
- Ηλεκτρολύτη (αγωγός μεταφοράς H^+ και O^{2-}): GDC



ΚΥΨΕΛΙΔΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ (SOFC)

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΑΣΗΣ-ΕΝΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΙΣΧΥΟΣ-ΕΝΤΑΣΗΣ



Συνθήκες: $T=750^{\circ}\text{C}$, $F=50\text{ cm}^3/\text{min}$, $\text{CO}_2/\text{CH}_4=1,8/1$ (οξειδωτική σύσταση), $\text{CO}_2/\text{CH}_4=1/1$ (ισομοριακή σύσταση) και $\text{CO}_2/\text{CH}_4=1/1,45$ (αναγωγική σύσταση).



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Από όλους τους καταλύτες που παρασκευάστηκαν ο 2Ir-55Ni/GDC έδωσε την μεγαλύτερη μετατροπή μεθανίου (85%) και παραγωγή H_2 (81%) στους 750^0C και σε αναλογία $CO_2/CH_4=1.8/1$.
- Η ωμική υπέρταση αποτελεί τη μοναδική πηγή υπέρτασης της κυψελίδας και συνεπώς η αντίσταση στη διέλευση των ιόντων κυρίως του ηλεκτρολύτη αλλά και των ηλεκτροδίων είναι αυτή που καθορίζει τη μεταβολή στο δυναμικό της κυψελίδας.
- Η κυψελίδα καυσίμου στερεού ηλεκτρολύτη σε θερμοκρασία 750^0C , υπό συνθήκες εσωτερικής ξηρής αναμόρφωσης του CH_4 , φάνηκε να λειτουργεί ικανοποιητικά και στις τρεις συστάσεις βιοαερίου, οξειδωτική, αναγωγική και ισομοριακή.
- Η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος ήταν σε καύσιμο "φτωχό" σε CH_4 (οξειδωτική αναλογία $CO_2/CH_4=1.8/1$) και ίση με 65 mW/cm^2 .



ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- Να βελτιστοποιηθεί η παραγωγή βιοαερίου συναρτήσει της οργανικής φόρτισης και του υδραυλικού χρόνου παραμονής, στον αναερόβιο χωνευτή.
- Να αναλυθεί η σύσταση της εκροής του αναερόβιου χωνευτή, για να βρεθεί αν παρεμποδίζεται το στάδιο της μεθανιογένεσης.
- Να μελετηθούν διαφορετικές αναλογίες οξειδωτικού και καταλυτών κατά τη διεργασία photo-Fenton, ώστε να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της μεθόδου ή εναλλακτικά να μελετηθούν άλλες μέθοδοι.
- Να μελετηθεί η χρήση ενός αρκετά λεπτότερου τοιχώματος στερεού ηλεκτρολύτη GDC με σκοπό την αύξηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.
- Να μελετηθεί εκτενώς η μέθοδος επίστρωσης του Ir στον ηλεκτροκαταλύτη, ώστε να αποφευχθεί η απώλειά του, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας.



ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

- Μια ολοκληρωμένη διαχείριση των αγροβιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, με σκοπό α) την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που θα υποστηρίζει τις απαιτήσεις του συστήματος επεξεργασίας των αποβλήτων και β) την ανοργανοποίηση του αποβλήτου και τη διάθεσή του στο περιβάλλον
- Η συνδυαστική επεξεργασία αναερόβιας χώνευσης και ηλεκτροχημικής οξείδωσης ή διεργασίας photo-Fenton στα συγκεκριμένα απόβλητα, τα στραγγίσματα ελαιοπυρήνα και το πρωτογενές τυρόγαλο, για τα οποία υπάρχει περιορισμένος αριθμός δημοσιευμένων μελετών.
- Η χρήση του BDD ως ηλεκτρόδιο ανόδου, για την ηλεκτροχημική οξείδωση πραγματικών αποβλήτων.
- Η κατασκευή καταλυτών ενισχυμένοι με Ir για την ξηρή αναμόρφωση του μεθανίου



Δημοσιεύσεις σε διεθνή περιοδικά

1. **Athanasia Katsoni**, Dionissios Mantzavinos & Evan Diamadopoulos, (2014), *Coupling digestion in a pilot-scale UASB reactor and electrochemical oxidation over BDD anode to treat diluted cheese whey*, *Environmental Science and Pollution Research* DOI 10.1007/s11356-014-2960-2.
2. **Athanasia Katsoni**, Dionissios Mantzavinos, Evan Diamadopoulos, (2014), *Sequential treatment of diluted olive pomace leachate by digestion in a pilot scale UASB reactor and BDD electrochemical oxidation*, *Water Research* 5 7, pp. 76-86.
3. I.V. Yentekakis, G. Goula, **A. Katsoni**, P. Panagiotopoulou, D. Matzavinos, E. Diamadopoulos, S. Fanouriakis, (2015). *Support-mediated promotional effects of the dry reforming of methane on Ir-based catalysts*. *Topics of Catalysis*. (Υπό δημοσίευση)

Συμμετοχές σε διεθνή συνέδρια

1. **Katsoni A.**, Mantzavinos D., Diamantopoulos E., (2013). *Cheese Whey Treatment by Sequential Anaerobic Digestion in a Pilot Scale Upflow Sludge Blanket Reactor and Electrochemical Oxidation* (poster). 3rd European Conference on Environmental Applications of Advanced Oxidation Processes (EAAOP3), October 27-30, Almeria.
2. **Katsoni A.**, Mantzavinos D., Diamantopoulos E., (2012). *Anaerobic digestion of olive pomace leachate in a pilot scale upflow sludge blanket reactor* (poster). IWA Regional Conference on Wastewater Purification & Reuse, March 28 – 30, Heraklion, Crete, Greece.
3. **Katsoni A.**, Mantzavinos D., Diamantopoulos E., (2012). *Olive Pomace leachate treatment by sequential anaerobic digestion in a pilot scale upflow sludge blanket reactor and electrochemical oxidation* (poster). 3rd International Conference on Industrial and Hazardous Waste Management. September 12-14, Chania, Greece.



*Σας ευχαριστώ πολύ
για την προσοχή σας*



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

