

Διαχείριση Κύκλου Ζωής Κελιών Καυσίμου Υψηλής Θερμοκρασίας Πολυμερικής Ηλεκτρολυτικής Μεμβράνης

Μαρία Γεωρμέζη

Χημικός PhD, Πανεπιστήμιο Πατρών
& ΔΙΠΜSc/ΣΘΕΤ, ΕΑΠ

mgeormezi@gmail.com, std074872@ac.eap.gr

Βασίλειος Κωστόπουλος

Δ/ντής Εργαστηρίου Τεχνικής Μηχανικής &
Ταλαντώσεων

Τμήμα Μηχανολόγων & Αεροναυπηγών Μηχανικών
Παν. Πατρών & Μέλος ΣΕΠ ΔΙΠ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

kostopoulos@upatras.gr

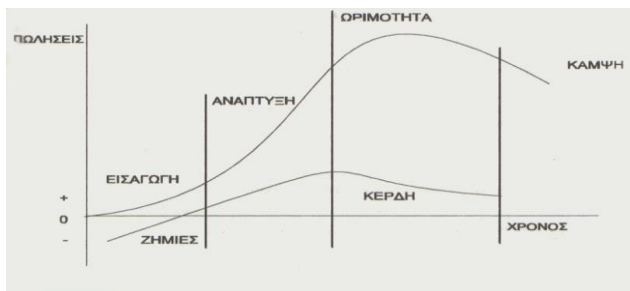
Περίληψη –Η παρούσα ΜΔΕ αποτελεί μια εργασία που εστιάζει στη Διαχείριση κύκλου ζωής ολοκληρωμένου συστήματος κυψελίδων καυσίμου υψηλής θερμοκρασίας πολυμερικής ηλεκτρολυτικής μεμβράνης(PEM). Στη ΜΔΕ μελετάται η χρήση της μεθόδου της Λιτής παραγωγής, του Έξι Σίγμα και του Λιτού Έξι Σίγμα για τη βελτίωση των διαδικασιών παραγωγής και τη προστασία του περιβάλλοντος, της υγείας και της ασφάλειας στο πλαίσιο της Υπεύθυνης φροντίδας. Για την καλύτερη δυνατή κατανόηση παρουσιάζονται οι πιθανοί παράγοντες υποβάθμισης καθώς και ο ρόλος του Λιτού Έξι Σίγμα και της Υπεύθυνης φροντίδας στη διαχείριση του ολοκληρωμένου συστήματος από τις ακατέργαστες πρώτες ύλες μέχρι και την τελική διάθεση και απόσυρση.

Λέξεις κλειδιά: Διαχείριση κύκλου ζωής, Κυψελίδα καυσίμου τύπου PEM, Λιτή παραγωγή, Έξι Σίγμα, Λιτό Έξι Σίγμα, Υπεύθυνη φροντίδα

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

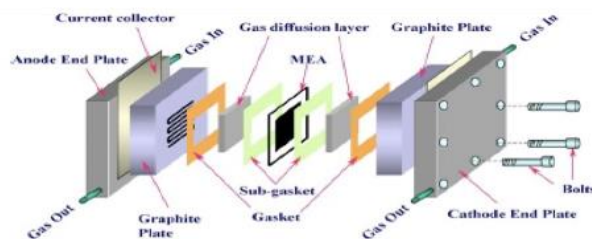
Η Διαχείριση κύκλου ζωής ενός προϊόντος είναι η διαδικασία της διαχείρισης ξεκινώντας από την ιδέα, την περιγραφή, την ανάλυση, το σχεδιασμό μέχρι την επιτυχή εισαγωγή στην αγορά, τη συντήρηση, τη βελτίωση και την τελική διάθεση, με στόχο ένα ανταγωνιστικό προϊόν σε όλους τους τομείς και σε όλα τα επίπεδα.

Ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος (Σχήμα 1.1) αποτελείται συνήθως από πέντε σημαντικά στάδια ή φάσεις: Την φάση ανάπτυξης του προϊόντος, την φάση εισαγωγής στην αγορά, την φάση ανόδου, την φάση ωρίμανσης και τελικά την φάση της καθόδου του προϊόντος.



Σχήμα 1.1: Κύκλος ζωής προϊόντος.

Οι κυψελίδες καυσίμου τύπου PEM με καύσιμο το υδρογόνο (Σχήμα 1.2) παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με υψηλό βαθμό απόδοσης βασισμένες σε μια τεχνολογία που δεν προκαλεί περιβαλλοντική επιβάρυνση. Εάν στην τεχνολογία αυτή εφαρμοστεί η φιλοσοφία του Λιτού Έξι Σίγμα καθώς και η φιλοσοφία της Υπεύθυνης φροντίδας από τη σύλληψη της ιδέας και την έναρξη της όποιας παραγωγικής διαδικασίας μέχρι και την τελική διάθεση ενός ολοκληρωμένου συστήματος, τα αποτελέσματα θα είναι εντυπωσιακά και εμπορευματοποίηση θα λάβει χώρα με γνώμονα όλους τους αξόνες ενδιαφέροντος όπως την ποιότητα, το κόστος, τη βιωσιμότητα και την αειφορία.



Σχήμα 1.2: Τα επιμέρους τμήματα κυψελίδας καυσίμου τύπου PEM.

Η φιλοσοφία της Λιτής παραγωγής επικεντρώνεται στη βελτίωση στοιχείων της παραγωγής με στόχο την ορθολογική συνεχή ροή της παραγωγής (streaming), που έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό στις σπατάλες των διαθέσιμων πόρων. Οικύριοι συνεισφέροντες που απλοποιούν το σχεδιασμό, τον επανασχεδιασμό και τη κατασκευή σε λίγο χρόνο είναι το εργατικό δυναμικό, οι προμηθευτές και η ικανότητα παραγωγής της επιχείρησης. Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι συνήθως η τυποποίηση, η μείωση του χρόνου περάτωσης, ο ποιοτικός έλεγχος, η συνεχή βελτίωση και το βελτιωμένο σχεδιάγραμμα με στόχο την αύξηση της απόδοσης, τη βελτίωση της ταχύτητας ροής του προϊόντος και την εξάλειψη άσκοπων ενεργειών.

Το Έξι Σίγμα είναι μια διαδικασία συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας και της παραγωγικότητας ώστε να επιτευχθεί κερδοφορία. Η μεθοδολογία που ακολουθείται συνήθως είναι η μείωση της

μεταβλητότητας, η μέτρηση των σφαλμάτων, η βελτίωση της ποιότητας και η βελτίωση των διαδικασιών και των υπηρεσιών. Κυριολεκτικά, το Έξι Σίγμα είναι μία μέτρηση της τυπικής απόκλισης η οποία αντιπροσωπεύει 3,4 ελαττώματα σε ένα δείγμα ενός εκατομμυρίου, όπως προκύπτει από τη κανονική κατανομή και το σχήμα της (Σχήμα 1.3).



Σχήμα 1.3: Γραφική απεικόνιση της κανονικής κατανομής.

Η ικανότητα της Λιτής παραγωγής για ταχύτητα και άμεση δράση στη διαδικασία βελτίωσης του Έξι Σίγμα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας στην αντιμετώπιση προβλημάτων και στην υλοποίηση των προγραμμάτων βελτίωσης των διαδικασιών παραγωγής και ως εκ τούτου των αποτελεσμάτων τους, κάτι το οποίο ευρέως αποδίδεται στον όρο Λιτό Έξι Σίγμα.

Τέλος, Υπεύθυνη φροντίδα είναι ακριβώς το σημείο εκείνο όπου τα κέντρα προστασίας του περιβάλλοντος, της υγείας και της ασφάλειας για το προϊόν και οποιονδήποτε εμπλεκεται στην αλυσίδα ζωής του προϊόντος συγκλίνουν. Κάθε κρίκος αυτής της αλυσίδας καλείται να αναλάβει την ευθύνη για τη μείωση των επιδράσεων που αφορούν το περιβάλλον, την υγεία και την ασφάλεια.

II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στις εξής τέσσερις φάσεις:

Φάση 1: Αναζήτηση και συλλογή στοιχείων μέσω διεθνούς βιβλιογραφίας.

Φάση 2: Καταγραφή των σημαντικότερων στοιχείων.

Φάση 3: Αποτίμηση των στοιχείων.

Φάση 4: Συμπεράσματα κατά τη διάρκεια της μελέτης.

III. ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

A. Διαχείριση κόστους/ποιότητας για τη διάταξη μεμβράνης-ηλεκτροδίου

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα κυψελίδας καυσίμου υψηλής θερμοκρασίας πολυμερικής ηλεκτρολυτικής μεμβράνης είναι ένα σύνθετο σύστημα που αποτελείται από την κυψελίδα καυσίμου και τα περιφερειακά συστήματα. Οι παράμετροι που δύναται να επηρεάσουν την καρδιά ενός τέτοιου συστήματος, τη διάταξη μεμβράνης-ηλεκτροδίου, είναι πολλοί [1-7] και για αυτό το λόγο η χρήση στατιστικών μεθόδων για τη μελέτη των παραμέτρων με τελικό στόχο τη βελτιστοποίηση κρίνεται απαραίτητη. Έχοντας ως γνώμονα το Λιτό Έξι Σίγμα και την Υπεύθυνη φροντίδα, επιτυγχάνεται η μείωση του κόστους και η βελτίωση της ποιότητας και εξασφαλίζεται η φιλικότητα των επιμερους δραστηριοτήτων και προϊόντων ως προς το περιβάλλον, την υγεία και την

ασφάλεια από τη σύλληψη της ιδέας και τις ακατέργαστες πρώτες ύλες μέχρι την τελική διάθεση και απόσυρση [8].

Η μείωση του κόστους, η βελτίωση της ποιότητας και γενικότερα η εφαρμογή του Λιτού Έξι Σίγμα δύναται να επιτευχθεί για παράδειγμα μέσω της ανάπτυξης χημικών αντιδράσεων μεγάλης κλίμακας και μιας διαδικασίας επιστροφής με αρκετά υψηλότερη απόδοση, τη μοντελοποίηση των επιπτώσεων στις ατέλειες λόγω μεγαλύτερης κλίμακας ή υψηλότερης ταχύτητας κατά τη διαδικασία, την υπέρβαση αυτών των περιορισμών καθώς και την ανάπτυξη μιας παραγωγικής διαδικασίας που θα σχετίζει κάθε φορά την απόδοση με τα ελαττώματα.

Η μείωση του κόστους και η βελτίωση της ποιότητας του πολυμερικού ηλεκτρολύτη μπορεί να επιτευχθεί με νέους εναλλακτικούς ηλεκτρολύτες χρησιμοποιώντας βελτιστοποιημένες διαδικασίες παραγωγής και αυτοματοποιημένα συστήματα. Οι βελτιστοποιημένες διαδικασίες με τη χρήση του Λιτού Έξι Σίγμα πέρα από τη μείωση του κόστους και τη βελτίωση της ποιότητας θα μειώσουν πιθανά και το ποσοστό απόσυρσης λόγω ελαττωμάτων από την αγορά. Με την ανάπτυξη ανδρών πολυμερικών ηλεκτρολυτών οι οποίοι δεν χρειάζονται ύγρανση και υγραντήρες ή συστήματα ανάκτησης του νερού για να έχουν καλή ιοντική αγωγιμότητα σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να μειωθεί η πολυπλοκότητα ενός συστήματος που απαιτεί τη διαχείριση του νερού.

Όσον αφορά τα ηλεκτρόδια, η μείωση του κόστους των ηλεκτροδίων μπορεί να επιτευχθεί με μείωση της ποσότητας του λευκόχρυσου που χρησιμοποιείται στα ηλεκτρόδια, γεγονός που αποτελεί σήμερα τον κύριο σκοπό των ερευνών. Τα στρώματα διάχυσης αερίων κατασκευασμένα από νανοσωληνές άνθρακα αποτελούν σύμμαχο στην προσπάθεια μείωσης του ακριβού λευκόχρυσου και προσδίδουν πιο ποιοτικά ηλεκτρόδια.

Τέλος, το κόστος των διπολικών πλακών μπορεί να μειωθεί με αντικατάσταση των πλακών από γραφίτη με σύνθετες πλάκες από μείγματα αγωγίων και μη αγωγίων πολυμερικών υλικών. Επίσης, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μεταλλικές διπολικές πλάκες, αν και η διάρκεια ζωής τους είναι μικρή αφού αποσυντίθενται σε οξινό περιβάλλον. Μία λύση στο πρόβλημα αυτό θα μπορούσε να είναι η επικάλυψη των διπολικών πλακών, γεγονός όμως που αυξάνει τα προβλήματα θραύσης της ψαθιρής επικάλυψης. Μια παραλλαγή των μεταλλικών διπολικών πλακών είναι οι πορώδεις διπολικές πλάκες, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν και ως διπολικές πλάκες και ως στρώμα διάχυσης αερίων προσφέροντας μικρότερο όγκο, ελεγχόμενο κόστος και καλύτερη ποιότητα.

B. Διαχείριση κύκλου ζωής για το ολοκληρωμένο σύστημα τύπου PEM

Η Διαχείριση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος καλύπτει όλα τα στάδια ενός προϊόντος από τη σύλληψη της ιδέας, μέχρι το σχεδιασμό (ηλεκτρονικό και μηχανικό CAD), το σχεδιασμό παραγωγής (διαχείριση δεδομένων προϊόντος), την τελική φάση παραγωγής του προϊόντος (προγραμματισμός επιχειρησιακών πόρων, ποιοτικός έλεγχος περιλαμβανομένης της διαχείρισης πελατειακών σχέσεων) καθώς και την απόρριψη-απόσυρση του προϊόντος [9-11].

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα κυψελίδων καυσίμου τύπου PEM έχει συγκεκριμένο κύκλο ζωής δίνοντας

exhaustion

reforming system

water

air

fuel

air blower

H_2

air

fuel cell stack

V_s

cooling water

air

H_2 purge

air exhaustion

DI bed

fan

heat exchanger

water pump

water storage

DI water feeding

water excess

H_2 solenoid valve

pressure regulator

Κατά τη λειτουργία ενός τέτοιου ολοκληρωμένου συστήματος μπορεί να προκύψουν διάφορα προβλήματα τα οποία είτε αφορούν την κατασκευαστική διαμόρφωση της κυψελίδας είτε τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της. Σε κάθε περίπτωση τα προβλήματα επηρεάζουν την απόδοση της χημικής αντίδρασης του καυσίμου και επομένως και την απόδοση στην παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Άλλοι λόγοι που μπορούν να οδηγήσουν στην υποβάθμιση της διάταξης μεμβράνης-ηλεκτροδίου μπορεί να είναι η ποιότητα της μεμβράνης και η ποιότητα των ηλεκτροδίων, όπως για παράδειγμα οπές στη μεμβράνη ή πολύ μικρό πάχος μεμβράνης ή ακόμα και προσμίξεις στη μεμβράνη, μη καθαρά ηλεκτρόδια ή ηλεκτρόδια με ρωγμές (cracks) ή ακόμα και ηλεκτρόδια με χαμηλή μηχανική αντοχή. Η περιορισμένη επιφάνεια επαφής ανάμεσα στο παρεχόμενο αέριο, τα ηλεκτρόδια και τον πολυμερικό ηλεκτρολύτη, καθώς και η μεγάλη απόσταση ανάμεσα στα ηλεκτρόδια και τον πολυμερικό ηλεκτρολύτη, η οποία

Κατά τη λειτουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος κυψελίδων καυσίμου τύπου PEM μπορεί να εμφανιστούν προβλήματα που σχετίζονται με την τροφοδοσία των αερίων, την ψύξη της κυψελίδας καυσίμου καθώς και με πιθανές διαρροές. Επειδή τα ηλεκτρόδια είναι πορώδη μπορεί να αφήσουν το αέριο να διαρρεύσει από τα άκρα τους. Επομένως, τα άκρα των ηλεκτροδίων πρέπει να είναι σφραγισμένα. Συνήθως αυτό επιτυγχάνεται κατασκευάζοντας τον πολυμερικό ηλεκτρολυτή μεγαλύτερο από τα δύο ηλεκτρόδια και προσαρμολώντας ένα μονωτικό υλικό ανάμεσα στα ηλεκτρόδια.

Γ. Υπεύθυνη Φροντίδα

Η απόσπρωση των κυψελίδων από την αγορά και γενικότερα, η τελική διάθεσή τους δεν είναι εύκολη απόφαση αφού οι κυψελίδες αποτελούνται από πολλά διαφορετικά τμήματα. Στην περίπτωση ολοκληρωμένου συστήματος κυψελίδων καυσίμου τύπου PEM τα

διαφορετικά μέρη είναι ακόμα περισσότερα αφού εμπλεκονται και τα περιφερειακά συστήματα. Σε ένα τέτοιο ολοκληρωμένο σύστημα τα διάφορα μέρη κατά το τέλος της ζωής τους μπορεί να είναι είτε επαναχρησιμοποιούμενα, είτε ανακυκλώσιμα, είτε υπεύθυνα αποτιθέμενα δηλαδή μέρη που πρέπει απλά να εναποτεθούν με ορθή διαχείριση. Επαναχρησιμοποιούμενα μέρη είναι οι πλάκες, βαλβίδες, βίδες, σωλήνες κτλ., ανακυκλώσιμα μέρη είναι η πλατίνα ενώ υπεύθυνα αποτιθέμενα μέρη είναι η πολυμερική μεμβράνη, το στρώμα διάχυσης αερίων κτλ. Σε κάθε περίπτωση, κάθε τμήμα του συστήματος πρέπει να διαχειριστεί ξεχωριστά και διαφορετικά, με σεβασμό στο περιβάλλον καθώς και στην υγεία και την ασφάλεια όλων των εμπλεκόμενων. Η Υπεύθυνη φροντίδα στοχεύει στη μείωση του κόστους και στη βελτίωση της ποιότητας ώστε να εξασφαλιστεί η φιλικότητα των επιμέρους δραστηριοτήτων και προϊόντων ως προς το περιβάλλον, την υγεία και την ασφάλεια και καθιστά σαφές ότι μόνο με ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης που θα παίρνει το όποιο απόβλητο σε όποιο στάδιο και θα το οδηγεί στο τελικό σημείο διάθεσης θα μειωθούν συνολικά τα απόβλητα και θα αξιοποιηθούν.

Στο πλαίσιο ενός τέτοιου συστήματος προσεγγίσης Υπεύθυνης φροντίδας πρέπει να υπάρχει δέσμευση της εταιρίας ότι θα καθορίζει χαρακτηριστικά περιβαλλοντικής απόδοσης και ότι θα λειτουργεί σύμφωνα με την υπάρχουσα περιβαλλοντική νομοθεσία και τους κανονισμούς, θα αναπτύσσει λειτουργικές διαδικασίες που θα έχουν στόχο να αποτρέψουν τη ρυπανση του περιβάλλοντος και προοδευτικά και μέσω στόχων και προγραμμάτων, θα βελτιώνει το επίπεδο περιβαλλοντικής προστασίας, μειώνοντας τα απόβλητα που προκύπτουν από τις λειτουργικές δραστηριότητες της, προωθώντας την ανακύκλωση ή την επαναχρησιμοποίηση, καθώς επίσης και την ασφαλή μεταφορά και καταστροφή των αποβλήτων. Επιπλέον, η εταιρεία θα πρέπει να διαθέτει τις πληροφορίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιδόσεις της στο προσωπικό της επιχείρησης και σε οποιοδήποτε ενδιαφερόμενο μέρος, να ελαχιστοποιεί τις πιθανότητες περιβαλλοντικών ατυχημάτων και να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει τη ρυπανση που μπορεί να προκύψει από ένα τέτοιο ατύχημα, να συνεργάζεται με τους προμηθευτές, συνεργάτες, πελάτες της με στόχο την ανάπτυξη του ενδιαφέροντος για τη προστασία του περιβάλλοντος και να εκπαιδεύει κατάλληλα το προσωπικό της. Με λίγα λόγια, η εταιρεία θα πρέπει να διαθέτει τους κατάλληλους πόρους και να χρησιμοποιεί κατάλληλο και ικανό προσωπικό με την απαραίτητη τεχνογνωσία. Η εταιρεία θα πρέπει να φέρει ευθύνη για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων και να υπάρχει δέσμευση ότι θα προχωρήσει σε όλες εκείνες τις ενέργειες που απαιτούνται για τη βελτίωση των συνθηκών και της απόδοσης της υγείας και της ασφαλείας, ώστε να μπορεί να διασφαλιστεί η προστασία της ζωής και της υγείας όλων των εργαζομένων, συμπεριλαμβανομένων των υπεργολάβων, προμηθευτών, επισκεπτών και τρίτων που εισερχονται στις εγκαταστάσεις της, όπως ορίζεται από τις απαιτήσεις της Ελληνικής και Ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Η διοίκηση θα πρέπει να παρέχει όλα εκείνα τα μέσα για την επιμόρφωση του προσωπικού σε θέματα υγείας και ασφαλείας, την κατανομή υπευθυνότητας εντός της εταιρείας, καθώς και κίνητρα για τη συμμετοχή

όλων στην ελαχιστοποίηση των επισφαλών ενεργειών και συνθηκών εργασίας, ώστε κάθε εργαζόμενος να βοηθά τόσο ατομικά όσο και ομαδικά στη βελτίωση του εργασιακού περιβάλλοντος.

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι κυψελίδες καυσίμου τύπου PEM με καύσιμο το υδρογόνο παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με αρκετά ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης και είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Εάν στην τεχνολογία αυτή εφαρμοστεί η φιλοσοφία του Λιτού Έξι Σίγμα καθώς και η φιλοσοφία της Υπεύθυνης φροντίδας από την αρχή της όποιας παραγωγικής διαδικασίας μέχρι και τη τελική διάθεση ενός ολοκληρωμένου συστήματος κυψελίδων καυσίμου τύπου PEM, θα μπορέσει να λάβει χώρα εμπορευματοποίηση με γνώμονα όλους τους άξονες ενδιαφέροντος όπως την ποιότητα, το κόστος, τη βιωσιμότητα και την αειφορία.

Η Λιτή παραγωγή αφορά την ποιοτική βελτιστοποίηση της παραγωγικής ικανότητας μιας επιχείρησης και αποτελεί μια μεθοδολογία με στόχο την ελαχιστοποίηση των απωλειών στις διαδικασίες της παραγωγής, της αποθήκευσης, της παροχής υπηρεσιών κτλ. ενώ η μεθοδολογία του Έξι Σίγμα αποτελεί μια στρατηγική για την βελτίωση των διαδικασιών της παραγωγής, των προϊόντων, των υπηρεσιών κτλ. Το Λιτό Έξι Σίγμα αποτελεί σύγχρονη μεθοδολογία που μπορεί να επταχύνει τη βελτίωση της ικανοποίησης του πελάτη, του κόστους, της ποιότητας, της αξιοποίησης του χρόνου και του επενδυμένου κεφαλαίου και για να είναι ολοκληρωμένη είναι απαραίτητο να λειτουργήσει στο πλαίσιο της Υπεύθυνης φροντίδας όπου και αυτή με τη σειρά της καθιστά σαφές ότι μόνο με ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης της ποιότητας θα αξιοποιηθούν τα απόβλητα με γνώμονα την υγεία, την ασφάλεια, το περιβάλλον και το οικονομικό συμφέρον.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τον κ.Βασίλειο Μαυροειδή (2^ο μέλος της Επιτροπής Κρίσης) για την συμβολή του στη ΜΔΕ.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Barbir, F. (2005). PEM Fuel Cells: Theory and Practice, Elsevier Inc.
2. Breitwieser M., Klingele M., Vierrath S., Zengerle R., Thiele S. (2017). Tailoring the Membrane-Electrode Interface in PEM Fuel Cells: A Review and Perspective on Novel Engineering Approaches, Advanced Energy Materials, 8, 1701257.
3. Devrim Y., Devrim H., Eroglu I. (2015). Development of 500 W PEM fuel cell stack for portable power generators, International Journal of Hydrogen Energy, 40, 7707.
4. Geomezi M., Deimede V., Gourdoupi N., Triantafyllopoulos N., Neophytides S., Kallitsis J.K. (2008). Novel Pyridine-Based Poly(ether sulfones) and their Study in High Temperature PEM Fuel Cells, Macromolecules, 41, 9051.
5. Geomezi, M., Paloukis, F., Orfanidi, A., Shroti, N., Daletou M., Neophytides S. (2015). The structure and stability of the anodic electrochemical interface in a HTPMFEC under reformat feed, Journal of Power Sources, 285, 499.
6. Kiani M., Zhang J., Luo Y., Jiang C., Fan J., Wang G., Chen J., Wang R. (2018). Recent developments in electrocatalysts and future prospects for oxygen reduction reaction in polymer electrolyte membrane fuel cells, Journal of Energy Chemistry, In Press.
7. Yuk S., Lee D.-H., Choi S., Doo G., Lee D.W., Kim H.-T. (2018). An electrode-supported fabrication of thin PBI membrane-based polymer electrolyte membrane fuel cell, Electrochimica Acta, In Press.

8. Αρβανιτογιάννης, Ι. (2008). Προγραμματισμός για την Ποιότητα-Διοίκηση για την Ποιότητα, ΕΑΠ, Πάτρα.
9. Γεωργιάδης Μ. (2009). Ανάπτυξη Πολυμερικών Ηλεκτρολυτών για εφαρμογές σε Πολυμερικές Κυψελίδες Καυσίμου (PEMFC), ΠΠ.
10. Μουσιόπουλος Ν. και Μπούρα Α. (1998). ΑΚΖ, ΑΠΘ.
11. Πασπαλιάρης Α. (2012). Μοντελοποίηση συστήματος κυψέλης καυσίμου-Αντιστροφέα τάσης και ανάπτυξη διεπαφής χρήστη για τον έλεγχο πραγματικού συστήματος σε ένα ενεργειακά αυτόνομο κτήριο υδρογόνου-ΑΠΕ, ΕΜΠ.