

Τίτλος έργου:	Ανάπτυξη και επίδειξη ολοκληρωμένης διεργασίας για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες καυσίμου με ενδιάμεση παραγωγή H ₂ μέσω αναμόρφωσης του LPG με ατμό
Ακρωνύμιο:	LPGSR
Κωδικός έργου:	T1EΔK-02442
Συνεργαζόμενοι φορείς:	ΕΛΚΕ/Πολυτεχνείο Κρήτης ΕΛΚΕ/Πανεπιστήμιο Πατρών Εργαστήριο Εναλλακτικών Συστημάτων Μετατροπής Ενέργειας (ΕΕΣΜΕ) ΕΛΒΙΟ Α.Ε.
Επιστημονικά υπεύθυνη και συντονίστρια:	Παρασκευή Παναγιωτοπούλου

1. Αντικείμενο του έργου - Αποτελέσματα

Κύριο αντικείμενο του έργου είναι η ανάπτυξη και κατασκευή ενός ενεργειακά αποδοτικού και φιλικού προς το περιβάλλον συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το σύστημα θα μετατρέπει το καύσιμο τροφοδοσίας (Liquefied Petroleum Gas, LPG) σε H₂ μέσω της διεργασίας αναμόρφωσης με ατμό, και εν συνεχεία το H₂ θα μετατρέπεται σε ενέργεια μέσω κυψελίδας καυσίμου τύπου PEM.

Βασικό τμήμα του έργου αποτελεί η σύνθεση, ο χαρακτηρισμός και η βελτιστοποίηση καταλυτικών υλικών, καθώς και η αξιολόγησή τους για την αντίδραση αναμόρφωσης του LPG με ατμό. Οι καταλύτες θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από υψηλή ενεργότητα και εκλεκτικότητα προς H₂, μεγάλη σταθερότητα στο χρόνο και ανθεκτικότητα στην εναπόθεση άνθρακα. Ένας από τους σημαντικότερους στόχους του έργου είναι να προσδιοριστούν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά των καταλυτών και οι βέλτιστες λειτουργικές συνθήκες για την αποδοτική μετατροπή του LPG προς H₂, μέσω αναμόρφωσης με ατμό. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε ένας μεγάλος αριθμός ενεργών, εκλεκτικών και σταθερών καταλυτών σε συνθήκες πρακτικού ενδιαφέροντος (π.χ. θερμοκρασία, σύσταση αντιδρώντος μείγματος κλπ.). Παράλληλα μέσα από λεπτομερή χαρακτηρισμό των καταλυτών με χρήση διαφόρων τεχνικών προσδιορίστηκαν οι φυσικοχημικές ιδιότητες των υλικών που καθορίζουν την καταλυτική ενεργότητα και εκλεκτικότητα, όπως είναι η φύση, η φόρτιση και το μέγεθος των σωματιδίων της ενεργού μεταλλικής φάσης, καθώς και η φύση του φορέα. Τα αποτελέσματα αυτά είναι εξαιρετικής σημασίας και αποτέλεσαν τη βάση για τη βελτιστοποίηση των καταλυτών που χρησιμοποιήθηκαν στο ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Σημαντικό ρόλο στην απόδοση των καταλυτών παίζουν οι λειτουργικές συνθήκες αντίδρασης (θερμοκρασία, μοριακός λόγος H_2O/C , ταχύτητα χώρου), για αυτό και ο προσδιορισμός και η βελτιστοποίηση τους αποτελεί έναν από τους βασικούς στόχους του έργου. Η επίδραση των λειτουργικών παραμέτρων στην καταλυτική συμπεριφορά μελετήθηκε διεξοδικά σε επιλεγμένους καταλύτες και προσδιορίστηκαν οι βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας για την επίτευξη υψηλής ενεργότητας και εκλεκτικότητας. Παράλληλα οι βέλτιστοι καταλύτες υποβλήθηκαν σε μακροχρόνια πειράματα σταθερότητας για τον έλεγχο της πιθανής απενεργοποίησής τους, ενώ παράλληλα μελετήθηκε η δυναμική απόκριση επιλεγμένων καταλυτών σε απότομες αλλαγές των πειραματικών συνθηκών (π.χ. θερμοκρασία, σύσταση αντιδρώντος μείγματος). Τα αποτελέσματα που προέκυψαν οδήγησαν στον προσδιορισμό των βέλτιστων συνθηκών αντίδρασης, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στον σχεδιασμό της ολοκληρωμένης διεργασίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στα πλαίσια υλοποίησης του έργου πραγματοποιήθηκε χαρακτηρισμός φρέσκων και χρησιμοποιημένων καταλυτών με εφαρμογή προηγμένων τεχνικών, όπως ηλεκτρονική μικροσκοπία διέλευσης (TEM), θερμοπρογραμματισμένη εκρόφηση (TPD) και οξειδωση (TPO), με σκοπό την συσχέτιση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των υλικών με την καταλυτική τους συμπεριφορά. Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν προσδιορίστηκε η κρυσταλλική δομή επιλεγμένων καταλυτών πριν και μετά την αντίδραση, η ικανότητα ρόφησης/εκρόφησης ενδιάμεσων ειδών καθώς και η εναπόθεση άνθρακα στην καταλυτική επιφάνεια κατά την διάρκεια της αντίδρασης. Παράλληλα διερευνήθηκε ο μηχανισμός της αντίδρασης αναμόρφωσης του LPG με ατμό με τη χρήση φασματοσκοπικών μεθόδων (DRIFTS). Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν προσδιορίστηκαν τα πιθανά δραστικά και ενδιάμεσα είδη στην καταλυτική επιφάνεια, ενώ παράλληλα κατανοήθηκε η χημεία της αντίδρασης αναμόρφωσης και προσδιορίστηκαν τα επί μέρους βήματα που α) οδηγούν σε εκλεκτική παραγωγή H_2 και β) διασφαλίζουν την καταλυτική σταθερότητα.

Παράλληλα με την διεργασία αναμόρφωσης του LPG με ατμό, βασικός στόχος του έργου ήταν η ανάπτυξη συστοιχίας μεμβράνης ηλεκτροδίων, η οποία θα εφαρμοστεί σε μοναδιαίο κελί υδρογόνου τύπου PEM για την αποδοτική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από H_2 . Η βέλτιστη συστοιχία μεμβράνης ηλεκτροδίων προέκυψε μέσα από την ανάπτυξη, το χαρακτηρισμό και την αποτίμηση καινοτόμων ηλεκτροκαταλυτών για την οξειδωση του υδρογόνου (άνοδος) και την αναγωγή του οξυγόνου (κάθοδος). Στα πλαίσια αυτά, πραγματοποιήθηκε σύνθεση, (φυσικοχημικός & ηλεκτροχημικός) χαρακτηρισμός και μελέτη (σε μοναδιαίο κελί υδρογόνου) καινοτόμων ηλεκτροκαταλυτικών υλικών (ιεραρχημένης και τρισδιάστατης δομής), οι οποίοι χαρακτηρίζονται από α) χαμηλό κόστος (χαμηλή ή μηδενική περιεκτικότητα σε λευκόχρυσο), β) υψηλή απόδοση ως προς την οξειδωση του υδρογόνου (άνοδος) και την αναγωγή του οξυγόνου (κάθοδος) και γ) υψηλή αντοχή στην παρουσία προσμίξεων (δηλητηρίων). Παράλληλα αναπτύχθηκε συστοιχία μεμβράνης ηλεκτροδίων και πραγματοποιήθηκε μελέτη σε μοναδιαίο κελί υδρογόνου τύπου PEM εργαστηριακής κλίμακας (0.1 kW) για διαφορετικές συστάσεις τροφοδοσίας υδρογόνου, παρουσία προσμίξεων (CO , CH_4 , C_2H_2). Παράλληλα διερευνήθηκε η επίδραση των λειτουργικών παραμέτρων στην ηλεκτροχημική απόδοση και την αντοχή του κελιού, σε συνθήκες που προσομοιάζουν τις πραγματικές, με απώτερο στόχο τον προσδιορισμό των βέλτιστων συνθηκών λειτουργίας του.



Τέλος, πραγματοποιήθηκε σχεδιασμός και κατασκευή ενός ολοκληρωμένου επεξεργαστή καυσίμου (LPG), ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις επιμέρους διεργασίες για την παραγωγή ενός πλούσιου σε H₂ αερίου ρεύματος. Ο επεξεργαστής καυσίμου συνδέθηκε με κελί καυσίμου τύπου PEM, οδηγώντας σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, και πραγματοποιήθηκε επίδειξη λειτουργίας του.

Ας σημειωθεί ότι ανάμεσα στους στόχους του έργου συγκαταλέγεται η διάχυση και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων. Με σκοπό την επίτευξη του στόχου αυτού τα αποτελέσματα που προέκυψαν έχουν μέχρι στιγμής οδηγήσει στη δημοσίευση έντεκα (11) άρθρων σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά με αξιολόγηση, είκοσι ένα (21) εργασιών σε διεθνή συνέδρια με αξιολόγηση και επτά (7) εργασιών σε εθνικά συνέδρια με αξιολόγηση. Παράλληλα, έχουν ήδη υποβληθεί ή θα υποβληθούν τους προσεχείς μήνες επιπλέον άρθρα για δημοσίευση σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά με αξιολόγηση καθώς και εργασίες σε επιστημονικά συνέδρια.

2. Ενότητες Εργασίας:

EE1: Σύνθεση, χαρακτηρισμός και βελτιστοποίηση καταλυτών για την αντίδραση αναμόρφωσης του LPG με ατμό.

EE2: Πειράματα καταλυτικής ενεργότητας για την αντίδραση αναμόρφωσης του LPG με ατμό.

EE3: Θεμελιώδης και μηχανιστική μελέτη της αντίδρασης αναμόρφωσης του LPG με ατμό.

EE4: Σύνθεση και μελέτη δομημένων καταλυτών σε πραγματικές συνθήκες αντίδρασης αναμόρφωσης του LPG με ατμό.

EE5: Σύνθεση και μελέτη καταλυτών για την ανοδική και καθοδική αντίδραση κελιού υδρογόνου τύπου PEM.

EE6: Κατασκευή, μελέτη και εφαρμογή συστοιχίας μεμβράνης ηλεκτροδίων (membrane electrode assembly, MEA) σε μοναδιαίο κελί υδρογόνου τύπου PEM (εργαστηριακής κλίμακας) σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.

EE7: Κατασκευή και επίδειξη λειτουργίας ολοκληρωμένου συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 1kW.

3. Παραδοτέα:

P1: Έκθεση σχετικά με τη σύνθεση και το χαρακτηρισμό τουλάχιστον δεκαπέντε (15) καταλυτικών υλικών.

P2: Έκθεση σχετικά με τη συγκριτική μελέτη των καταλυτών και την επίδραση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους στην καταλυτική συμπεριφορά.



Π3: Έκθεση σχετικά με την επίδραση των λειτουργικών παραμέτρων στην καταλυτική συμπεριφορά.

Π4: Έκθεση σχετικά με τη σταθερότητα και τη δυναμική απόκριση των καταλυτικών υλικών σε αλλαγές των πειραματικών συνθηκών.

Π5: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές επιστημονικό περιοδικό με αξιολόγηση.

Π6: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές συνέδριο με αξιολόγηση.

Π7: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές συνέδριο με αξιολόγηση.

Π8: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές επιστημονικό περιοδικό με αξιολόγηση.

Π9: Έκθεση σχετικά με τον προηγμένο χαρακτηρισμό των φρέσκων και χρησιμοποιημένων δειγμάτων.

Π10: Έκθεση σχετικά με τον μηχανισμό της αντίδρασης.

Π11: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές συνέδριο με αξιολόγηση.

Π12: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές επιστημονικό περιοδικό με αξιολόγηση.

Π13: Έκθεση σχετικά με τη καταλυτική συμπεριφορά των δομημένων καταλυτών σε πραγματικές συνθήκες αντίδρασης.

Π14: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές συνέδριο με αξιολόγηση.

Π15: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές επιστημονικό περιοδικό με αξιολόγηση.

Π16: Έκθεση σχετικά με τη σύνθεση και το φυσικοχημικό χαρακτηρισμό των ηλεκτροκαταλυτών.

Π17: Έκθεση σχετικά με τον ηλεκτροχημικό χαρακτηρισμό των καταλυτών και μελέτη του μηχανισμού των ηλεκτροκαταλυτικών αντιδράσεων.

Π18: Έκθεση σχετικά με τη σύνθεση της συστοιχίας μεμβράνης ηλεκτροδίων.

Π19: Έκθεση σχετικά με την εφαρμογή της συστοιχίας μεμβράνης ηλεκτροδίων σε κελί υδρογόνου τύπου PEM.

Π20: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές συνέδριο με αξιολόγηση.

Π21: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές επιστημονικό περιοδικό με αξιολόγηση.

Π22: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές συνέδριο με αξιολόγηση.

Π23: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές επιστημονικό περιοδικό με αξιολόγηση.

Π24: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές συνέδριο με αξιολόγηση.

Π25: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές συνέδριο με αξιολόγηση.

Π26: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές επιστημονικό περιοδικό με αξιολόγηση.

Π27: Επιστημονική δημοσίευση σε διεθνές επιστημονικό περιοδικό με αξιολόγηση.

Π28: Έκθεση σχετικά με το σχεδιασμό της μονάδας παραγωγής H₂.



Π29: Κατασκευή μονάδας παραγωγής H₂.

Π30: Ολοκληρωμένη μονάδα παραγωγής ενέργειας-επίδειξη λειτουργίας.

Π31: Τελική έκθεση.

4. Δραστηριότητες Διάχυσης και Δημοσιότητας

Η διάχυση και δημοσιότητα των αποτελεσμάτων του έργου πραγματοποιήθηκε με την:

- (α) Δημοσίευση των αποτελεσμάτων σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά με κριτές.
- (β) Παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε εθνικά και διεθνή επιστημονικά συνέδρια.
- (γ) Προσκεκλημένη ομιλία της Επιστημονικά Υπεύθυνης του έργου από το Πανεπιστήμιο Πατρών που πραγματοποιήθηκε διαδικτυακά στις 9 Φεβρουαρίου 2022 με τίτλο «Παραγωγή υδρογόνου μέσω αναμόρφωσης του προπανίου και του υγροποιημένου αερίου του πετρελαίου (LPG) με ατμό».
<https://www.chemeng.upatras.gr/el/seminar-rooms/91/1847>

Όλες οι πληροφορίες σχετικά με τις δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

5. Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά – Συνέδρια με κριτές

Οι δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια με κριτές που προέκυψαν από την υλοποίηση του έργου ήταν σημαντικά περισσότερες σε αριθμό σε σχέση με εκείνες που είχαν προβλεφθεί και περιέχονται στο Τεχνικό Παράρτημα του έργου, και συνοψίζονται παρακάτω:

Επιστημονικά περιοδικά

1. A. W. Gong, Z. Jiang, R. Wu, Y. Liu, L. Huang, N. Hu, P. Tsiakaras, P.K. Shen, **Cross-double dumbbell-like Pt–Ni nanostructures with enhanced catalytic performance toward the reactions of oxygen reduction and methanol oxidation**, *Applied Catalysis B: Environmental* 246 (2019) 277–283.
<https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2019.01.061>
2. Z. Meng, S. Cai, R. Wang, H. Tang, S. Song, P. Tsiakaras, **Bimetallic–organic framework-derived hierarchically porous Co–Zn–N–C as efficient catalyst for acidic oxygen reduction reaction**, *Applied Catalysis B: Environmental* 244 (2019) 120–127.
<https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2018.11.037>
3. A. Kokka, A. Katsoni, I.V. Yentekakis, P. Panagiotopoulou, **Hydrogen production via steam reforming of propane over supported metal catalysts**, *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(29) (2020) 14849–14866.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.03.194>
4. A. Kokka, T. Ramantani, P. Panagiotopoulou, **Effect of operating conditions on the performance of Rh/TiO₂ catalyst for the reaction of LPG steam reforming**, *Catalysts*, 11 (03) (2021) pp.1-21, 374.



- <https://doi.org/10.3390/catal11030374>
5. A. Brouzgou, A. Seretis, P.K. Song, P. Shen, P. Tsiakaras, **CO tolerance and durability study of PtMe (Me = Ir or Pd) electrocatalysts for H₂-PEMFC application**, *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(26) (2021) 13865–13877.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.07.224>
 6. A. Kokka, A. Petala, P. Panagiotopoulou, **Support effects on the activity of Ni catalysts for the propane steam reforming reaction**, *Nanomaterials*, 11(8) (2021) 1931.
<https://doi.org/10.3390/nano11081931>
 7. T. Ramantani, G. Bampos, A. Vavatsikos, G. Vatskalis, D.I. Kondarides, **Propane Steam Reforming over Catalysts derived from Noble Metal (Ru, Rh)-substituted LaNiO₃ and La_{0.2}Sr_{0.8}NiO₃ Perovskite Precursors**, *Nanomaterials*, 11(8) (2021) 1948.
<https://doi.org/10.3390/nano11081948>
 8. C. Molochas, P. Tsiakaras. **Carbon Monoxide Tolerant Pt-Based Electrocatalysts for H₂-PEMFC Applications: Current Progress and Challenges**, *Catalysts* 11.9 (2021): 1127.
<https://doi.org/10.3390/catal11091127>
 9. T. Ramantani, V. Evangelizou, G. Kormentzas, D.I. Kondarides, **Hydrogen production by steam reforming of propane and LPG over supported metal catalysts**, *Applied Catalysis B: Environmental* 306 (2022) 121129.
<https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2022.121129>
 10. A. Kokka, T. Ramantani, I.V. Yentekakis, P. Panagiotopoulou, **Catalytic performance and *in situ* DRIFTS studies of propane and simulated LPG steam reforming reactions on Rh nanoparticles dispersed on composite M_xO_y-Al₂O₃ (M: Ti, Y, Zr, La, Ce, Nd, Gd) supports**, *Applied Catalysis B: Environmental* 316 (2022) 121668.
<https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2022.121668>
 11. Q. Chen, Z. Chen, A. Ali, Y. Luo, H. Feng, Y. Luo, P. Tsiakaras, P. Kang Shen, **Shell-thickness-dependent Pd@ PtNi core-shell nanosheets for efficient oxygen reduction reaction**, *Chemical Engineering Journal* 427 (2022): 131565.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131565>

Συνέδρια με κριτές

1. Α. Κόκκα, Π. Παναγιωτοπούλου, **Παραγωγή υδρογόνου μέσω της αντίδρασης αναμόρφωσης του προπανίου με ατμό σε υποστηριγμένους καταλύτες μετάλλων**, 12^ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής, Αθήνα, 29-31 Μαΐου, 2019.
2. Θ. Ραμαντάνη, Β. Ευαγγελίου, Γ. Κορμέντζας, Δ.Ι. Κονταρίδης, **Μελέτη της αντίδρασης αναμόρφωσης του προπανίου με ατμό σε καταλύτες**



ευγενών μετάλλων, 12^ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής, 29-31 Μαΐου 2019, Αθήνα.

3. T. Ramantani, V. Evangeliou, G. Kormentzas, and D.I. Kondarides, "**Propane steam reforming over supported noble metal catalysts**", 5th Workshop of Graduates & Post-Docs in Chemical Engineering Sciences, 6 November 2019, Patras, Greece.
4. A. Seretis, A. Brouzou and P. Tsiakaras, **Oxygen reduction reaction on novel carbon supported Pt-Ir and Pt-Pd electrocatalysts**, Proceedings of EFC2019 European Fuel Cell Technology & Applications Conference - PieroLunghi Conference, December 9-11, 2019, Naples, Italy.
5. J. Lu, L. Luo, S. Yin, S. Waqar Hasan, S. Kontou, A. Brouzou and P. Tsiakaras, **Oxygen reduction reaction on FeM@PtFe/C (M=Mo, V, W) core-shell electrocatalysts: The role of compressive strain effect of FeM core on PtFe shells**, Proceedings of EFC2019 European Fuel Cell Technology & Applications Conference - PieroLunghi Conference, December 9-11, 2019, Naples, Italy.
6. L. Huang, M. Wei, N. Hu, A. Brouzou, P. Tsiakaras, and P. Kang Shen, **Molybdenum-modified and vertex-reinforced quaternary hexapod nano-skeletons as efficient electrocatalysts for methanol oxidation and oxygen reduction reaction**, Proceedings of EFC2019 European Fuel Cell Technology & Applications Conference - PieroLunghi Conference December 9-11, 2019, Naples, Italy.
7. A. Kokka, P. Panagiotopoulou, **Hydrogen production via steam reforming of LPG over supported metal catalysts**, 14th European Congress on Catalysis, EuropaCat 2019, 18-23 August, 2019, Aachen, Germany.
8. A. Kokka, I.V. Yentekakis, P. Panagiotopoulou, **Effects of physicochemical properties of supported metal catalysts on their activity for the production of H₂ via steam reforming of propane**, 11th International Conference on Environmental Catalysis ICEC (On-line conference), 6-9 September 2020, Manchester, UK
9. A. Kokka, P. Panagiotopoulou, **Effect of operating conditions on the catalytic performance of supported Rh catalysts for the reaction of LPG steam reforming**, 11th International Conference on Environmental Catalysis ICEC (On-line conference, 6-9 September 2020, Manchester, UK.
10. T. Ramantani, V. Evangeliou, G. Kormentzas, D.I. Kondarides, **Hydrogen production by steam reforming of propane over supported noble metal catalysts**, 11th International Conference on Environmental Catalysis (On-line conference), ICEC 7-9 September 2020 Manchester, UK.
11. A. Κόκκα, Θ. Ραμαντάνη, Π. Παναγιωτοπούλου **Επίδραση των λειτουργικών παραμέτρων στην ενεργότητα και σταθερότητα καταλύτη 0.5%Rh/TiO₂ σε δομημένη ή μη μορφή για την αντίδραση αναμόρφωσης του LPG με ατμό**, 1^ο Διαδικτυακό Συνέδριο Νέων Επιστημόνων «Ορυκτοί Πόροι-Περιβάλλον-Χημική Μηχανική» Chemop, 26-28 Φεβρουαρίου 2021, Κοζάνη.



12. Θ. Ραμαντάνη, Γ. Μπάμπος, Δ.Ι. Κονταρίδης, **Μελέτη της αντίδρασης αναμόρφωσης του προπανίου με ατμό σε περοξοβασικά οξειδία βασισμένα σε Ni**, 1^ο Διαδουκτικακό Συνέδριο Νέων Επιστημόνων «Ορυκτοί Πόροι- Περιβάλλον- Χημική μηχανική», Chemop 26-28 Φεβρουαρίου 2021, Κοζάνη.
13. G. Balkourani, K. Molochas, A. Brouzgou, and P. Tsiakaras, **Favorable impact of EDTA-derived N in Me N-C (Me= Fe, Co) electrocatalysts for dopamine electrochemical detection**, Proceedings of 18th International Conference of Nanosciences & Nanotechnologies, 6-9 July 2021, Thessaloniki, Greece.
14. C. Molochas, P. Tsiakaras, **Current Progress on CO Tolerant Anode Electrocatalysts for H₂-PEMFCs**, Proceedings of 8th International Conference on Energy, Sustainability and Climate Crisis, August 30-September 3, 2021, Volos, Greece.
15. C. Molochas, A. Brouzgou, P. Tsiakaras, **Carbon supported ultra-low Pt (Pd Pt) electrocatalysts preparation, characterization and H₂-PEMFC performance**, Proceedings of 8th International Conference on Energy, Sustainability and Climate Crisis, August 30-September 3, 2021, Volos, Greece.
16. C. Molochas, G. Balkourani, A. Brouzgou, P. Tsiakaras, **Evaluation of CO tolerance of Pt-Pd anode by electrochemical impedance spectroscopy in a PEMFC**, Proceedings of 12th International Conference on Hydrogen Production (ICH2P-2021), September 19-23, 2021, Messina, Italy.
17. A. Kokka, T. Ramantani, I.V. Yentekakis and P. Panagiotopoulou, **A comparative study of propane and propane/butane steam reforming activity of Rh catalysts supported on composite M_xO_y-Al₂O₃ carriers**, 5th EuChemS Conference on Green and Sustainable Chemistry, 26th – 29th September 2021 Virtual Conference.
18. A. Kokka, T. Ramantani, I.V. Yentekakis and P. Panagiotopoulou **Effect of alkali promotion on the activity of Ru/TiO₂ catalysts for the production of H₂ via propane steam reforming** 12th International Conference on Hydrogen Production, Hydrogen for a green future (ICH2P-2021 – On-line conference), September 19-23, 2021.
19. C. Molochas, A. Brouzgou, F. Tzorbatzoglou, P. Tsiakaras, **Investigation of CO poisoning in a PEMFC via electrochemical impedance spectroscopy**, Proceedings of HYPOTHESIS XVI, November 8-10, 2021, Taipei.
20. T. Ramantani, G. Bampos, D.I.Kondarides, **“Noble metal-substituted La_{0.8}Sr_{0.2}Ni_xM_{1-x}O₃ (M: Ru, Rh) perovskite catalysts for propane steam reforming”**, World Sustainable Energy Days 2022, 5-8 April 2022, Wels, Austria.
21. Θ. Ραμαντάνη, Δ.Ι. Κονταρίδης, **“Αναμόρφωση του LPG με ατμό για παραγωγή υδρογόνου σε υποστηριγμένους καταλύτες Rh και Ru”**, 13^ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής, 2-4 Ιουνίου 2022, Πάτρα, Ελλάδα.



22. Α. Κόκκα, Α. Πεταλά, Π. Παναγιωτοπούλου, **Επίδραση της φύσης του φορέα στην ενεργότατα υποστηριγμένων καταλυτών Ni για την αντίδραση αναμόρφωσης του προπανίου με ατμό**, 13^ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής, Πάτρα, 2-4 Ιουνίου, 2022.
23. G. Bampos, S. Bebelis, **“Hydrogen oxidation reaction in alkaline medium over Pd-based electrocatalysts”**, ISE Regional Meeting, 15-19 August 2022, Prague, Czech Republic.
24. I.E.Bebelis, G. Bampos, D.I.Kondarides, **“Dry reforming of methane for syngas production over perovskite type oxides based on La and Ba”**, World Sustainable Energy Days 2022, 5-8 April 2022, Wels, Austria.
25. P. Mallis, G. Bampos, D.I.Kondarides, **“Dry reforming of methane for syngas production over Ru catalysts supported on mixed CeO₂-MO_x oxides (M: Mg, Ca, Sr, Ba)”**, World Sustainable Energy Days 2022, 5-8 April 2022, Wels, Austria.
26. C. Molochas, G. Balkourani, A. Brouzgou, S. Kontou, P. Tsiakaras, **Effect of CO, CO₂, and CH₄ in the hydrogen oxidation kinetics of Pt/C: An electrochemical PEMFC H₂-pump experiment**, mESC-IS 2022, Proceedings of 6th International Symposium on Materials for Energy Storage and Conversion, July 5-8, 2022, Bol, island of Brač, Croatia.
27. Costas Molochas, Georgia Balkourani, Huagen Liang, Zejia Gai, Fu Chen, Shengyu Jing, Wei Kan, Bing Zhao, Panagiotis Tsiakaras, **Oxygen reduction and oxygen evolution reaction electrocatalysis over Fe₃C decorated wood-derived integral N-doped C cathode used in rechargeable Li-O₂ batteries**, mESC-IS 2022, Proceedings of 6th International Symposium on Materials for Energy Storage and Conversion, July 5-8, 2022, Bol, island of Brač, Croatia.
28. G. Balkourani, C. Molochas, A. Brouzgou, and P. Tsiakaras, **Cost-effective Synthesis of Graphene (and its derivatives) Materials for Non Enzymatic Glucose Electrochemical Sensors: A Review**, Proceedings of 19th International Conference of Nanosciences & Nanotechnologies, 5-8 July 2022, Thessaloniki, Greece.

