Α΄ Αρσάκειο Λύκειο Ψυχικού

Η ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
ΦΙΛΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ
Α΄ ΑΡΣΑΚΕΙΟ ΓΕΝΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ ΨΥΧΙΚΟΥ
Διευθύντρια: Αμαλία Μαυροειδή (Φιλόλογος)

Πόλεις και κλιματική αλλαγή: ανάπτυξη, αειφορία, περιβάλλον

Υδρογόνο: το καύσιμο του μέλλοντος

Αγγελική Παπαματθαίου,
Α΄ Αρσάκειο Λύκειο Ψυχικού, τάξη Α΄

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Ευδοκία Πατσιλινάκου (χημικός PhD)
Σύμβουλος καθηγητής: Νικόλαος Καντεράκης (μαθηματικός)

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Building Participatory Urban Learning Community Hubs through Research and Activation - PULCHRA

(Pulchra σημαίνει όμορφο στα λατινικά)

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Η ομάδα

	Εταίρος	Χώρα
1 (Συντονιστής)	Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (NKUA)	Ελλάδα
2	University of Cologne – The Institute of Geography (UC)	Γερμανία
3	NARODOWA FUNDACJA OCHRONY SRODOWISKA Environmental Information Centre UNEP/GRID (GRID)	Πολωνία
4	TEREZA Vzdelavaci Centrum Zu (TEREZA)	Τσεχία
5	Charles University (CUNI)	Τσεχία
6	Institute of Educational Sciences (ISE)	Ρουμανία
7	Universita Degli Studi di Udine (UNIUD)	Ιταλία
8	Bernu Vides Skola (BVS)	Λετονία
9	Ερευνητικό Κέντρο "ΑΘΗΝΑ", (CORALLIA)	Ελλάδα
10	Kungliga Tekniska Hoegskolan (Royal Institute of Technology) (KTH)	Σουηδία
11	Open University of Cyprus (OUC)	Κύπρος
12	An Taisce, The National Trust of Ireland (NTI)	Ιρλανδία

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ PULCHRA

Building Participatory Urban Learning Community Hubs through Research and Activation – PULCHRA

«Επιστήμη μαζί και για την Κοινωνία»

Συντονιστής έργου:

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο ΑθηνώνΤμήμα Φυσικής, Τομέας Φυσικής Περιβάλλοντος & Μετεωρολογίας

Καθηγητής: Κων/νος Καρτάλης

Αναστάσιος Πολύδωρος, Φυσικός

Θάλεια Μαυράκου, Φυσικός

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Υδρογόνο: το καύσιμο του μέλλοντος

Αγγελική Παπαματθαίου
Εργασία για το πρόγραμμα PULCHRA 2022

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Ευδοκία Πατσιλινάκου (χημικός PhD)
Σύμβουλος καθηγητής: Νικόλαος Καντεράκης (μαθηματικός)

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Περιεχόμενα

- **Περίληψη**
- **Λίγα λόγια για το χημικό στοιχείο Υδρογόνο**
- **Το υδρογόνο ως καύσιμο**
- **Πλεονεκτήματα υδρογόνου έναντι συμβατικών καυσίμων**
- **Τρόποι παραγωγής υδρογόνου**
- **Μειονεκτήματα υδρογόνου συγκριτικά με τα συμβατικά καύσιμα**
- **Δημόκριτος**
- **Πηγές**

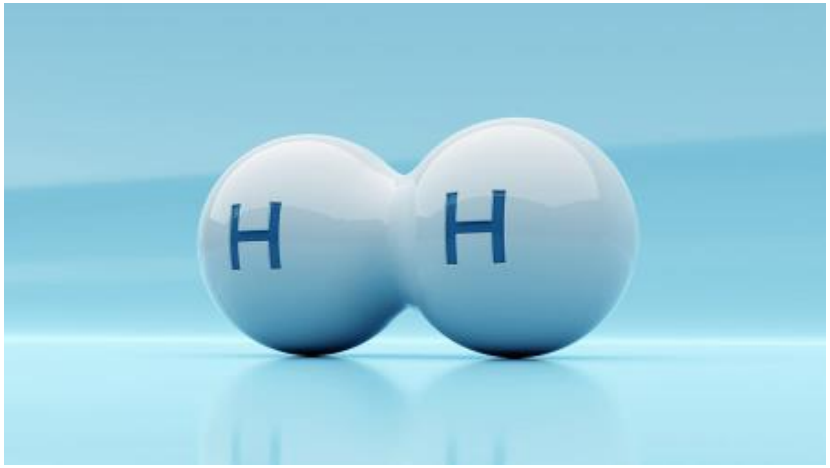
This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Περίληψη

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται τις δυνατότητες του υγρού υδρογόνου ως εναλλακτικού «πράσινου» καυσίμου κυρίως στον τομέα των μεταφορών. Στόχος είναι η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, ιδίως CO_2, μέσω της καύσης του υδρογόνου και όχι των μέσω των ορυκτών καυσίμων, για την παραγωγή ενέργειας για οποιοδήποτε σκοπό επιθυμούμε. Ζήτημα είναι η παραγωγή του ίδιου του υδρογόνου δεδομένου ότι αυτό δεν απαντάται ελεύθερο στη φύση σε μεγάλες ποσότητες αλλά πρέπει να παραχθεί με κάποια χημική διαδικασία για την οποία απαιτείται δαπάνη ενέργειας και συνεπώς έκλυση CO_2, ενώ έχει ως αποτέλεσμα και παραγωγή λοιπών ρυπογόνων υποπροϊόντων όπως είναι ο άνθρακας. Ζητούμενο είναι η παραγωγή υδρογόνου με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ηλεκτρόλυση του νερού. Πρόκειται για το λεγόμενο «πράσινο» υδρογόνο το οποίο δεν επιβαρύνει το περιβάλλον και παρέχει άφθονη ενέργεια.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

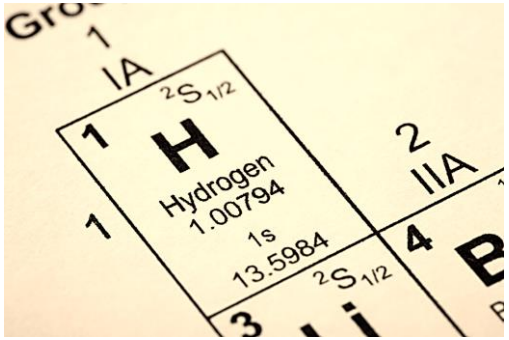
Λίγα λόγια για το χημικό στοιχείο Υδρογόνο



- **Το υδρογόνο είναι το αμέταλλο χημικό στοιχείο με χημικό σύμβολο Η και ατομικό αριθμό 1. Με ατομική μάζα 1,00794 amu, το υδρογόνο είναι το ελαφρύτερο χημικό στοιχείο του περιοδικού πίνακα. Το μόριο του υδρογόνου είναι διατομικό και απαντάται στη φύση ως H2.**
- **Είναι άφθονο στη φύση, συνιστώντας το 75 % της συμπαντικής μάζας.**
- **Είναι αέριο, άχρωμο και άοσμο.**
- **Είναι το τρίτο σε αφθονία στοιχείο στη Γη, παρόλο που έχει τη μικρότερη πυκνότητα από όλα τα χημικά στοιχεία και βρίσκεται κυρίως υπό τη μορφή του οξειδίου του, που είναι το νερό. Επιπλέον βρίσκεται σε αφθονία στους υδρογονάνθρακες. Απαντάται στα φυτά και γενικά στη βιομάζα.**

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Λίγα λόγια για το χημικό στοιχείο Υδρογόνο



- Ως καθαρό στοιχείο βρίσκεται σε πολύ μικρές ποσότητες στην ατμόσφαιρα καθώς λόγω της ελαφρότητάς του έχει την τάση να ανεβαίνει γρήγορα ψηλά και να διαφεύγει από την βαρύτητα της γης προς το διάστημα. Ως αέριο έχει πυκνότητα 0,0899 g/l (14,4 φορές μικρότερη από την πυκνότητα του αέρα), και το σημείο ζέσης του είναι -257,77°C. Για να αποθηκευτεί σε μεγάλες ποσότητες πρέπει να υγροποιηθεί και συνεπώς πρέπει να συμπιεστεί σε αρκετά μεγάλη πίεση.
- Το υδρογόνο έχει την υψηλότερη αναλογία ενέργειας προς μάζα από όλα τα καύσιμα. 1kg υδρογόνου κατά την καύση του παράγει 119,972 kJ, δηλαδή παρέχει κατά την καύση του την ίδια ποσότητα ενέργειας με εκείνη που παράγεται κατά την καύση 2,1kg φυσικού αερίου ή 2,8kg βενζίνης.
- Η παραγωγή του βασίζεται σε βιομηχανικές μεθόδους, κυρίως με την «αναμόρφωση» του φυσικού αερίου, και λιγότερο συχνά με την ιδιαίτερα ενεργειακά δαπανηρή μέθοδο της ηλεκτρόλυσης νερού.
- Επίσης είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Το υδρογόνο ως καύσιμο

- Το υδρογόνο μπορεί να χαρακτηριστεί σαν το απόλυτο καύσιμο, διότι δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Κατά την καύση του υδρογόνου παράγεται μόνο νερό και καθόλου ρύποι. Έτσι μπορεί να χαρακτηριστεί ως το πλέον καθαρό και φιλικό προς το περιβάλλον καύσιμο.
- Ο 21ος αιώνας, εν αντιθέσει με τον 20ο αιώνα, που εισήχθησαν τα ορυκτά καύσιμα, θα είναι ο αιώνας του υδρογόνου, ενός μηδενικής εκπομπής ρύπων καυσίμου και ο αιώνας της σταδιακής εγκατάλειψης των ορυκτών καυσίμων και των προβλημάτων που συσσώρευσαν στο περιβάλλον μας. Ενδεικτικά, η Ισλανδία, προσβλέπει σε μία υποδομή πλήρως βασισμένη στο υδρογόνο μέχρι το 2030-2040, ενώ μέχρι το 2030 στόχος του υπουργείου ενέργειας των Η.Π.Α. είναι η αντικατάσταση του 10% της ενεργειακής κατανάλωσης από ενέργεια υδρογόνου.
- Το υδρογόνο διαθέτει, σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα με βάση τη μάζα του, κάτι που θεωρητικά εξασφαλίζει μεγαλύτερη αυτονομία, εντούτοις για τη μεταφορά ικανής ποσότητας υδρογόνου μέσα σε ένα ρεζερβουάρ θα χρειαστεί να συμπιεστεί σε πολύ υψηλή πίεση.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Πλεονεκτήματα του υδρογόνου έναντι των συμβατικών καυσίμων

1. Έχει το υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα μάζας, από οποιοδήποτε άλλο γνωστό καύσιμο (119,972 kJ/kg), περίπου τρεις φορές μεγαλύτερο από αυτό της συμβατικής βενζίνης.
2. Πραγματοποιείται «καθαρή» καύση. Όταν καίγεται με οξυγόνο παράγεται μόνο νερό και θερμότητα. Όταν καίγεται με ατμοσφαιρικό αέρα, παράγονται και ορισμένα οξείδια του αζώτου, όμως σε πολύ μικρό ποσοστό.
3. Περιορίζει την εξάρτηση της παραγωγής ενέργειας από την καύση του πετρελαίου και των προϊόντων αυτού.
4. Η λειτουργία ενός κινητήρα με υδρογόνο είναι πιο αθόρυβη σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα.
5. Χρειάζεται 5 λεπτά τροφοδοσίας για να διανύσει το όχημα πάνω από 500 χιλιόμετρα.
6. Συντελεί στην ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων. Ο ηλεκτρισμός θα παράγεται σε πραγματικό χρόνο στο όχημα, συνδυάζοντας υδρογόνο και οξυγόνο σε μια κυψέλη καυσίμου. Τα ηλεκτρικά οχήματα με υδρογόνο έχουν εύρος 2-3 φορές μεγαλύτερο από τα ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία και θα μπορούν να ανεφοδιάζονται σε λίγο χρόνο.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Τρόποι παραγωγής υδρογόνου

- Η παραγωγή υδρογόνου στηρίζεται κυρίως στην ηλεκτρόλυση του νερού, το οποίο διαχωρίζεται στα συστατικά του, οξυγόνο και υδρογόνο. Για την ηλεκτρόλυση απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια. Όταν αυτή η ενέργεια προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τότε έχουμε το «πράσινο» υδρογόνο.
- Η ηλεκτρολυτική διαδικασία γίνεται με χαμηλή τάση και στηρίζεται στην ηλεκτρόλυση διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH).
- Σήμερα για το 99% του παραγόμενου υδρογόνου χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα και η βιομηχανία φυσικού αερίου, η οποία μακροπρόθεσμα απειλείται από τη νέα τεχνολογία, υποστηρίζει ότι πρέπει να δοθούν κίνητρα και για το «γκρι» υδρογόνο, που παράγεται με φυσικό αέριο. Το μεγαλύτερο μέρος του υδρογόνου για βιομηχανική χρήση είναι είτε «καφέ» που παράγεται από αεριοποίηση άνθρακα ή λιγνίτη, είτε «γκρι» που παράγεται από την αναμόρφωση ατμού μεθανίου με καταλύτη νικέλιο (Ni)
- Εναλλακτική μέθοδος που εξελίσσεται στα πλαίσια της παραγωγής «γκρι» υδρογόνου είναι η μερική οξείδωση που είναι ουσιαστικά ατελής καύση του μεθανίου, με πλεονέκτημα ότι είναι εξώθερμη διαδικασία και δεν καταναλώνει ενέργεια. Βελτίωση της μεθόδου αυτής είναι η καταλυτική μερική οξείδωση που μειώνει περαιτέρω το παραγόμενο CO_2.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Τρόποι παραγωγής υδρογόνου

- **Καμία από τις διαδικασίες που περιγράψαμε προηγουμένως, δεν είναι τελείως φιλική προς το περιβάλλον.**
- **Σχεδιάζεται η δημιουργία μιας πανευρωπαϊκής αγοράς υδρογόνου μέχρι το 2030 που θα περιλαμβάνει το λεγόμενο «μπλε» και το «γαλάζιο» ή «τυρκουάζ» υδρογόνο. Το «μπλε» υδρογόνο είναι η καθαρότερη επιλογή και παράγεται με αναμόρφωση ατμού μεθανίου, αλλά οι εκπομπές περιορίζονται με τη δέσμευση και αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). Αυτή η διαδικασία θα μπορούσε να μειώσει κατά 50% την ποσότητα του CO_2.**
- **Το «γαλάζιο» ή «τυρκουάζ» υδρογόνο παράγεται με πυρόλυση (δηλαδή με θερμική διάσπαση του μεθανίου σε υδρογόνο και στερεό άνθρακα) που μπορεί να θάβεται ή να χρησιμοποιείται στη βιομηχανία. Η διαδικασία αυτή γίνεται με απουσία οξυγόνου στους 1400°C και είναι ενεργειακά πολύ δαπανηρή.**

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Μπλε υδρογόνο

https://www.el.gr/nea-taxh/to-peirama-to-proto-chorio-ydrogonoy-sti/

Το πρώτο μεγάλης κλίμακας «πείραμα» για την αστική χρήση του υδρογόνου μπαίνει σύντομα σε εφαρμογή στη Δυτική Μακεδονία.

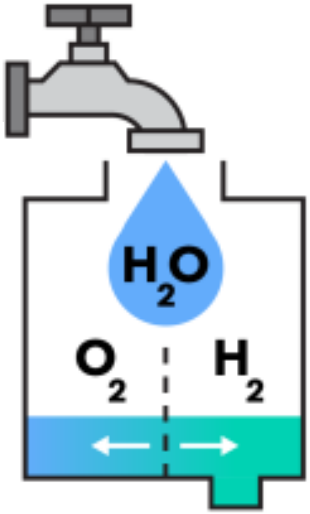
This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

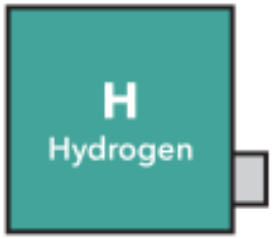
Πράσινο υδρογόνο

Τα στάδια παραγωγής του πράσινου Υδρογόνου

1. Παράγεται ανανεώσιμη ενέργεια από τον ήλιο και την ισχύ του ανέμου.

2. Η παραγόμενη ενέργεια χρησιμοποιείται για ηλεκτρόλυση νερού, προς παραγωγή H_2 και O_2.





4. Το H_2 μεταφέρεται στον προορισμό του, όπου χρησιμοποιείται ως καύσιμο.

3. Το παραγόμενο H_2 αποθηκεύεται είτε σε αέρια μορφή είτε σε υγρή μορφή, αφού υγροποιηθεί υπό αυξημένη πίεση.

Source: solarthermalworld.org

Bloomberg Law

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Μειονεκτήματα υδρογόνου συγκριτικά με τα συμβατικά καύσιμα

- **Υπάρχει δυσκολία στην αποθήκευσή του καθώς καταλαμβάνει μεγάλο όγκο και η υγροποίησή του απαιτεί πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.**
- **Η υποδομή σταθμών ανεφοδιασμού είναι μηδενική.**
- **Επειδή είναι υπερβολικά εύφλεκτο, τείνει να γίνει ιδιαίτερα επικίνδυνο σε περιπτώσεις ελλιπούς τήρησης των μέτρων ασφαλείας.**

Ο πρώτος σταθμός ανεφοδιασμού Η2 στην Ελλάδα στο Ερευνητικό Κέντρο «Δημόκριτος» (https://www.carandmotor.gr/nea/stathmos-anefodiasmoy-ohimaton-ydrogonoy-stin-ellada).

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Δημόκριτος: το πρώτο πρατήριο ανεφοδιασμού υδρογόνου

- **Το πρώτο πρατήριο ανεφοδιασμού με υδρογόνο στην Ελλάδα λειτουργεί στο ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος».**
- **Η εγκατάσταση περιλαμβάνει μονάδα παραγωγής «πράσινου» υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης νερού με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά, με καινοτόμο συμπιεστή υδρογόνου στα 200 bar, με δεξαμενές αποθήκευσης υδρογόνου σε υψηλή πίεση και με σύστημα ανεφοδιασμού των μικρο - οχημάτων με καύσιμο υδρογόνο.**
- **Ο Διευθυντής του ΙΠΡΕΤΕΑ ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», Θάνος Στούμπος, δήλωσε: «Ο Δημόκριτος έχει δημιουργήσει το πρώτο πρατήριο ανεφοδιασμού μικρών οχημάτων με υδρογόνο, βασισμένο σε ελληνική τεχνογνωσία στο μεγαλύτερο μέρος. Είναι καθετοποιημένο, ξεκινάει από την παραγωγή του υδρογόνου μέχρι την τελική χρήση και αποτελεί την πρώτη προσπάθεια στη χώρα για να προχωρήσει η χρήση του υδρογόνου ως καύσιμο στις μεταφορές».**

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Δημόκριτος: το πρώτο πρατήριο ανεφοδιασμού υδρογόνου

Το πρατήριο ανεφοδιασμού υδρογόνου, στον Δημόκριτο.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Σταθμοί ανεφοδιασμού υδρογόνου

156 σταθμοί ανεφοδιασμού υδρογόνου λειτουργούν σήμερα στην Ευρώπη: Οι 92 από αυτούς βρίσκονται στη Γερμανία. Ακολουθεί η Γαλλία με 26 πρατήρια υδρογόνου.

Δεδομένου ότι η χώρα μας είναι πλέον η 6η στην Ευρώπη σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και εφόσον υπάρχει άμεση επαφή με θαλάσσιο χώρο, θα πρέπει αμέσως να γίνουν επενδύσεις για τη δημιουργία σταθμών παραγωγής πράσινου υδρογόνου με τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης, λαμβάνοντας υπόψη και την παγκόσμια αναγκαιότητα απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, όχι μόνο για περιβαλλοντικούς, αλλά και για γεωπολιτικούς λόγους (π.χ. εμπόλεμη κατάσταση).

Πρωτότυπο όχημα της εταιρείας Mercedes, το οποίο κινείται με H_2.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Πηγές

1. https://www.4troxoi.gr/perivallon/periballon-eidiseis/ydrogono/
2. https://carbonoff.gr/index.php/ksekapnisma/to-ydrogono
3. https://energypress.gr/news/ydrogono-os-kaysimo-ti-simainei-i-polyhromia-poy-haraktirizei
4. https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe/recovery-coronavirus-success-stories/environment-and-climate/hydrogen-drive-eus-green-recovery_el
5. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%8C%CE%BD%CE%BF
6. https://www.4troxoi.gr/epikairotita/ellada/to-proto-pratirio-anefodiasmoy-me-ydrogono-leitoyrgei-sto-ekefe-dimokritos/
7. Σχολικό βιβλίο Φυσικής και βιβλίο Χημείας Α λυκείου

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466

Η ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
ΦΙΛΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ
Α΄ ΑΡΣΑΚΕΙΟ ΓΕΝΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ ΨΥΧΙΚΟΥ
Διευθύντρια: Αμαλία Μαυροειδή (Φιλόλογος)

Πόλεις και κλιματική αλλαγή: ανάπτυξη, αειφορία, περιβάλλον

Υδρογόνο: το καύσιμο του μέλλοντος

Αγγελική Παπαματθαίου,
Α΄ Αρσάκειο Λύκειο Ψυχικού, τάξη Α΄

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Ευδοκία Πατσιλινάκου (χημικός PhD)
Σύμβουλος καθηγητής: Νικόλαος Καντεράκης (μαθηματικός)

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 824466