



Ακρωνύμιο: CoCCUS | Acronym: CoCCUS

**ΔΡΑΣΗ ΕΘΝΙΚΗΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ: «ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ – Β' Κύκλος»**

Ανάπτυξη τεχνολογίας δέσμευσης CO<sub>2</sub> από καυσαέρια ενεργοβόρων βιομηχανιών με τη χρήση υδατικού διαλύματος K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> και νέων ενζυμικών καταλυτών για την αξιοποίηση του στην παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας

**“RESEARCH CREATE-INNOVATE”**

Cost-effective CO<sub>2</sub> Capture and Utilization from magnesite/lime industry using enzyme boosted K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solvents



**ΕΠΑνεΚ 2014-2020**  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

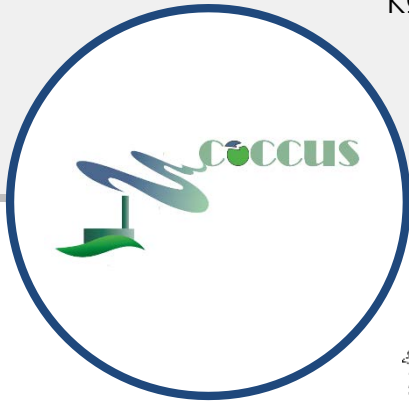
## ΔΡΑΣΗ ΕΘΝΙΚΗΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ: «ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ»

Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητα Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία (ΕΥΔ ΕΠΑνΕΚ) Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης και Εφαρμογής Δράσεων στους τομείς Έρευνας, Τεχνολογικής Ανάπτυξης και Καινοτομίας (ΕΥΔΕ ΕΤΑΚ)

ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ: II. Συμπράξεις Επιχειρήσεων με Ερευνητικούς Οργανισμούς  
ΤΟΜΕΑΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ: 4-ΠΒΑ: **Περιβάλλον και Βιώσιμη Ανάπτυξη**  
ΠΕΡΙΟΧΗ: 4.8 **Ατμοσφαιρική ρύπανση**  
ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ Horizon 2020: 31049394  
MIS (ΟΠΣ): 5134532  
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΡΓΟΥ: Τ2ΕΔΚ-02899 (Κωδικός Ενέργειας: 2230863)

Ημερομηνία έναρξης: 30/9/2021, Ημερομηνία λήξης: 29/11/2023

Προϋπολογισμός: **996.932,75€**



**ΕΚΕΤΑ**  
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ  
ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ  
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



## Δικαιούχοι φορείς

(**Συντονιστής**) ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ/ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ) (Ε.Υ. & Συντονιστής Έργου Δρ. Π. Γραμμέλης)

ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΡΕΥΝΩΝ, Ινστιτούτο Χημικής Βιολογίας (ΕΙΕ-ΙΧΒ) (Ε.Υ. Δρ. Γ. Σκρέτας)

ΣΟΛΜΕΓΙΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε. (SOLM) (Ε.Υ. Β. Στενός)

ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ ΑΝΩΝΥΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ & ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ (GM) (Ε.Υ. Χ. Γιαννουλάκης)

ΑΝΩΝΥΜΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ ΗΡΑΚΛΗΣ (ΑΓΕΤ) (Ε.Υ. Χ. Κουρής)

CaO HELLAS ΘΕΣΣΑΛΙΚΗ ΑΣΒΕΣΤΟΠΟΙΙΑ ΑΒΕΕ (CaO) (Ε.Υ. Γ. Δημητριάδης)



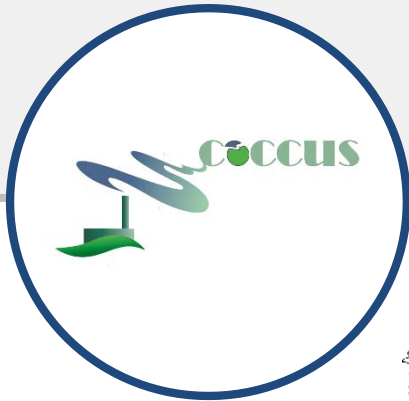
## RESEARCH-CREATE-INNOVATE

Ministry of Economy & Development, Special Secretary For ERDF & CF Managing Authority  
Of EPAnEK, EPAnEK 2014-2020 Operational Programme Competitiveness –  
Entrepreneurship – Innovation (EYDE-ETAK)

INTERVENTION: II. Business Partnerships with Research Organizations  
PRIORITY AREA: 4: Environment and Sustainable Development  
AREA: 4.8 Air pollution  
Horizon 2020 CATEGORY: 31049394, MIS: 5134532,  
PROJECT CODE: T2EDK-02899

Start Date: 90/9/2021 End Date: 29/11/2023

Budget: 996.932,75€



## Beneficiaries



**ΕΚΕΤΑ**  
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ  
ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ  
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

(Coordinator) NATIONAL CENTER FOR RESEARCH AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT/ INSTITUTE OF CHEMICAL PROCESSES AND ENERGY RESOURCES (EKETA/IDEP) (E.Y. & Project Coordinator Dr. P. Grammelis)



NATIONAL HELLENIC RESEARCH INSTITUTE, Institute of Chemical Biology (EIE-IXB) (E.Y. Dr. G. Skretas)

SOLMEGIA MONOPROSOPI I.K.E. (SOLM) (E.Y. V. Stenos)

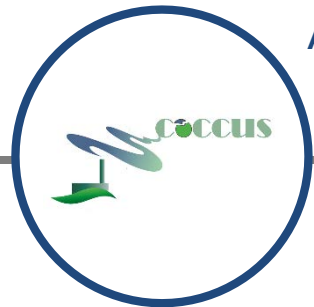


GREEK WHITE STONES ANONYMOUS MINING, INDUSTRIAL & SHIPPING COMPANY (GM) (E.Y. Ch. Giannoulakis)

HERACLES CEMENT COMPANY ANONYMOUS (AGET) (E.Y. H. Kouris)



CaO HELLAS THESSALIKI ASVESTOPOIΙΑ ABEE (CaO) (E.Y. G. Dimitriadis)



## Ανάπτυξη τεχνολογίας δέσμευσης CO<sub>2</sub> από καυσαέρια ενεργοβόρων βιομηχανιών με τη χρήση υδατικού διαλύματος K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> και νέων ενζυμικών καταλυτών για την αξιοποίηση του στην παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας

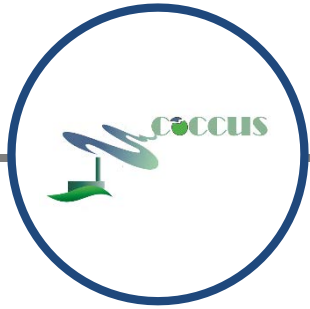
### Αντικείμενο του έργου

Το 2014, η ΕΕ συμφώνησε να μειώσει τουλάχιστον κατά 40% τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2030, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, σε όλους τους τομείς της οικονομίας. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε τη βάση της δέσμευσης της ΕΕ στο πλαίσιο της Συμφωνίας του Παρισιού για την κλιματική αλλαγή. Η συγκεκριμένη συνθήκη θέτει στόχους για διάφορους ενεργοβόρους κλάδους που συνεισφέρουν σημαντικά στις εκπομπές CO<sub>2</sub>. Ένας από αυτούς είναι οι βιομηχανίες που εκπέμπουν ορυκτολογικής προέλευσης CO<sub>2</sub> το οποίο εκλύεται κατά την παραγωγή του προϊόντος. Για αυτές τις περιπτώσεις κρίνεται αναγκαία η ανάπτυξη τεχνο-οικονομικά ελκυστικών τεχνολογιών δέσμευσης και αξιοποίησης του CO<sub>2</sub> έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία τους και η μείωση του περιβαλλοντολογικού τους αποτυπώματος.

Στο CoCCUS, αντικείμενο είναι η ανάπτυξη τεχνολογίας δέσμευσης CO<sub>2</sub> από καυσαέρια ενεργοβόρων βιομηχανιών με εγγενείς εκπομπές CO<sub>2</sub> που προέρχονται από την επιτελούμενη διεργασία, με χρήση διαλύματος K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> και νέων ενζύμων καρβονικών ανυδρασών (KA) με σκοπό την αξιοποίηση του καθαρού CO<sub>2</sub> για την παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας. Από τις διάφορες επιλογές για την αξιοποίηση του CO<sub>2</sub>, το έργο επικεντρώνεται στη μετατροπή του σε πρωτεΐνες χρήσιμες για την παραγωγή τροφίμων.

Με τη σύμπραξη δύο εξειδικευμένων ερευνητικών οργανισμών, του ΕΚΕΤΑ και του ΕΙΕ, οι οποίοι έχουν σημαντική εμπειρία στην εκτέλεση ερευνητικών έργων με σκοπό την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών, θα επιτευχθεί η ανακάλυψη και ο χαρακτηρισμός θερμοανθεκτικών ενζύμων KA, που αποτελούν τον καταλύτη τη δέσμευσης CO<sub>2</sub> (ΕΙΕ). Στη συνέχεια αυτά θα δοκιμαστούν στην πιλοτική μονάδα δέσμευσης του ΕΚΕΤΑ. Οι βιομηχανικοί εταίροι του έργου, CaO Hellas, Ελληνικοί Λευκόλιθοι ΑΕ, ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ, θα αναλάβουν να αναλύσουν τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις/προσαρμογές των μονάδων τους έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η ενσωμάτωση στην παραγωγική τους διαδικασία της τεχνολογίας δέσμευσης του CO<sub>2</sub>, ενώ η εταιρεία Solmeya θα αναλάβει την καλλιέργεια και παραγωγή ενός οργανικού μακρομορίου (μαγιάς) με σκοπό την διερεύνηση της δυνατότητας παροχής μιας περιβαλλοντικής βιώσιμης λύσης για την παραγωγή βρώσιμων προϊόντων. Όλα αυτά θα γίνουν με την Απώτερος στόχος του έργου είναι να επιτύχει μείωση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου μονάδων παραγωγής μαγνησίας/CaO/τσιμέντου, και την εκκίνηση της οικονομίας του CO<sub>2</sub> με την διερεύνηση καινοτόμων χαμηλού κόστους (<25 € / tCO<sub>2</sub>) τεχνολογιών δέσμευσης αλλά και αξιοποίησής του.



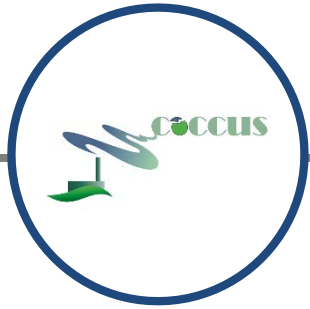


## Ανάπτυξη τεχνολογίας δέσμευσης CO<sub>2</sub> από καυσαέρια ενεργοβόρων βιομηχανιών με τη χρήση υδατικού διαλύματος K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> και νέων ενζυμικών καταλυτών για την αξιοποίηση του στην παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας

### Στόχοι του έργου

- ✓ Εφαρμογή τεχνολογίας δέσμευσης CO<sub>2</sub> χαμηλού κόστους (<25 € / tCO<sub>2</sub>) που θα παράγει ένα υψηλής καθαρότητας ρεύμα CO<sub>2</sub> (>99%) έτσι ώστε να είναι εύκολη η αξιοποίηση του με καθόλου ή ελάχιστες ανάγκες για περαιτέρω καθαρισμό
- ✓ Επίτευξη εργαστηριακού βαθμού απόδοσης δέσμευσης CO<sub>2</sub> >90%
- ✓ Διερεύνηση τρόπου βελτιστοποίησης της τεχνολογίας δέσμευσης καθώς και της καταλυτικής διεργασίας μέσω της ανακάλυψης νέων ενζύμων KA με στόχο την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης τόσο του ενζύμου/καταλύτη όσο και του διαλύτη (ανθρακικό κάλιο, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Να ανακαλυφθεί ένζυμο KA με αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες (75 με 85°C) και μηχανική αντοχή που να ελαχιστοποιεί τις ανάγκες σε αναπλήρωση. Το ένζυμο θα μπορεί να παραχθεί σε βιομηχανική κλίμακα με κόστος που να είναι ανταγωνιστικό στις διαθέσιμες τεχνολογίες.
- ✓ Αξιοποίηση CO<sub>2</sub> σε συνδυασμό με υδρογόνο από ηλεκτρόλυση μέσω ΑΠΕ για την παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας (π.χ. πράσινη μεθανόλη) και θα επικυρωθεί (proof of concept) η παραγωγή πειραματικών επιβεβαιωμένων ασφαλών καταναλισκόμενων πρωτεϊνών.
- ✓ Διερεύνηση εναλλακτικών τεχνολογιών αξιοποίησης του παραγόμενου καθαρού CO<sub>2</sub>.

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων θα συμβάλει σημαντικά στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος μονάδων αβεστοποιίας/παραγωγής μαγνησίας/τσιμεντοβιομηχανίας, και την εκκίνηση της οικονομίας του CO<sub>2</sub> με την διερεύνηση καινοτόμων τεχνολογιών αξιοποίησής του



## Cost-effective CO<sub>2</sub> Capture and Utilization from magnesite/lime industry using enzyme boosted K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Solvents

### Brief description of the project

In 2014, the EU agreed to reduce greenhouse gas emissions by at least 40% by 2030 compared to 1990 levels in all sectors of the economy. This was the basis of the EU commitment under the Paris Agreement on climate change. This treaty sets targets for various energy-intensive sectors that significantly contribute to CO<sub>2</sub> emissions.

There are cases of industries that emit “process” CO<sub>2</sub> of mineralogical origin that cannot be avoided, such as cement, lime and magnesite production. For these cases it is necessary to develop techno-economically attractive CO<sub>2</sub> capture and utilization technologies to minimize their environmental footprint and reduce their exposure to potential large CO<sub>2</sub> emissions prices.

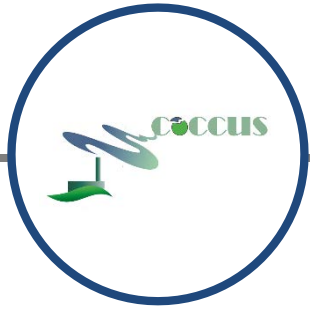
The CoCCUS project develops a novel CO<sub>2</sub> capture system tailored to the flue-gasses of energy intensive industries with process CO<sub>2</sub> emissions, using a K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution and novel Carbonic Anhydrase (CA) enzymes. The pure CO<sub>2</sub> will be used to produce high added-value products, such as proteins useful for food production.

CERTH and NHRF research institutes will also contribute in order to achieve the ambitious goals of CoCCUS as they have significant experience in the implementation of research projects aimed at developing innovative technologies. NHRF is responsible for the discovery and characterization of thermostable carbonic anhydrases, which are the biocatalyst of the CO<sub>2</sub> capture technology. CERTH will test the new enzymes in pilot scale bioreactors. The industrial partners of the project, CaO Hellas, Grecian Magnesite, AGET HERACLES, will analyze the specifications and the requirements / adjustments of their units in order to enable the CO<sub>2</sub> capture technology to be integrated in their plants. Solmeya will undertake the cultivation and production of an organic macromolecule (yeast) using CO<sub>2</sub> and ammonia, in order to investigate the possibility of providing an environmentally sustainable solution for the production of edible products.

The ultimate goal of the project is to reduce the environmental impact of magnesia / CaO / cement production plants and to kick-off the CO<sub>2</sub> economy in Greece by exploring innovative low cost (<25 € / tCO<sub>2</sub>) CO<sub>2</sub> capture and utilization technologies.



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



## Cost-effective CO<sub>2</sub> Capture and Utilization from magnesite/lime industry using enzyme boosted K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Solvents

### Main objectives of the project

- ✓ Demonstrate a low-cost CO<sub>2</sub> capture technology (25 €/tCO<sub>2</sub>) that will produce a high purity CO<sub>2</sub> stream (>99%) so that it can be easily exploited with little or no need for further purification.
- ✓ Achieve a laboratory CO<sub>2</sub> capture efficiency of >90%.
- ✓ Investigate ways to optimize the capture technology and the catalytic process through the discovery of new CA enzymes. The aim is to minimize the consumption of both the enzyme/catalyst and the solvent (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>).
- ✓ To produce a CA enzyme with high-temperature resistance (75 – 85oC) and mechanical strength that minimizes the need for replenishment. The enzyme should be able to be produced on an industrial scale at a cost competitive with available technologies.
- ✓ Utilize CO<sub>2</sub> for the production of high value-added products (e.g. green methanol) and validate (proof of concept) the production of experimentally confirmed safely consumed proteins.
- ✓ Consider alternative technologies for utilizing the net CO<sub>2</sub> produced.