



brinemining.eu



Με τη συγχρηματοδότηση
της Ευρωπαϊκής Ένωσης

LIFE18 ENV/GR000019

Life BRINE MINING

Layman's report

**Πιλοτική επεξεργασία λυμάτων (άλμεων)
ανθρακωρυχείων και ανάκτηση φυσικών
πόρων με εξελιγμένες τεχνικές**



Επισκόπηση του έργου LIFE BRINE MINING

Το LIFE BRINE-MINING είναι ένα Έργο που χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα LIFE της ΕΕ για δράσεις που αφορούν στο περιβάλλον και το κλίμα και συντονίζεται από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Υλοποιείται από μια κοινοπραξία που σχηματίζεται από 10 εταιρείες, συμπεριλαμβανομένων 2 πανεπιστημίων, 1 ερευνητικού ιδρυτού, 6 ΜΜΕ και 1 ανθρακωρυχείου από 3 χώρες της ΕΕ, συγκεκριμένα την Ελλάδα (GR), την Ολλανδία (NL), και την Πολωνία (PL) σε διάστημα 64 μηνών με

συνολικό προϋπολογισμό 6.383.847 € και συνεισφορά της ΕΕ ύψους 3.508.365 €.

Κύριος στόχος του Έργου είναι η παροχή μιας ολοκληρωμένης λύσης για τη διαχείριση λυμάτων ανθρακωρυχείων, συμπεριλαμβανομένης της ανάκτησης νερού και αλάτων υψηλής καθαρότητας και ποιότητας. Η μονάδα επίδειξης του Έργου εγκαταστάθηκε στην Πολωνία για την επεξεργασία αλατούχων λυμάτων που προέρχονται από δραστηριότητες εξόρυξης άνθρακα.

Χώρες εφαρμογής





Εταίροι του Έργου

Συντονιστής δικαιούχος



**Εθνικό
Μετσόβιο
Πολυτεχνείο**

Δικαιούχοι

Πολωνία



Ολλανδία



Ελλάδα



Η άλμη γενικά

Είναι ένα διάλυμα υψηλής αλατότητας που παράγεται από μονάδες αφαλάτωσης και βιομηχανικούς τομείς όπως η χημική βιομηχανία, η βιομηχανία τροφίμων, η κλωστοϋφαντουργία, και η εξορυκτική βιομηχανία που χαρακτηρίζεται από υψηλή συγκέντρωση χλωριούχων και θειικών

αλάτων. Τόνοι άλμης απορρίπτονται καθημερινά στη θάλασσα, στα επιφανειακά υδάτινα σώματα και στο έδαφος, δημιουργώντας σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα.

Η επίπτωση της απόρριψης άλμης στο περιβάλλον

- Η απόρριψη λυμάτων ανθρακωρυχείου στα επιφανειακά ύδατα, όπως τα ποτάμια, έχει ως αποτέλεσμα την εισροή μεγάλων ποσοτήτων χλωριούχων και θειικών αλάτων, προκαλώντας την υφαλμύριση τους και υποβαθμίζοντας την ποιότητά τους.
- Οι απορριπτόμενες άλμες διαταράσσουν την ευαίσθητη ισορροπία των υδάτινων οικοσυστημάτων, βλάπτοντας ή και εξαλείφοντας την υδρόβια χλωρίδα και πανίδα. Η αυξημένη αλατότητα καθιστά το νερό των ποταμών ακατάλληλο για γεωργική και δημοτική χρήση.
- Στον βιομηχανικό τομέα, το νερό με υψηλή αλατότητα προκαλεί διάβρωση σε σωλήνες, μηχανήματα και γενικότερα στον εξοπλισμό της βιομηχανίας.

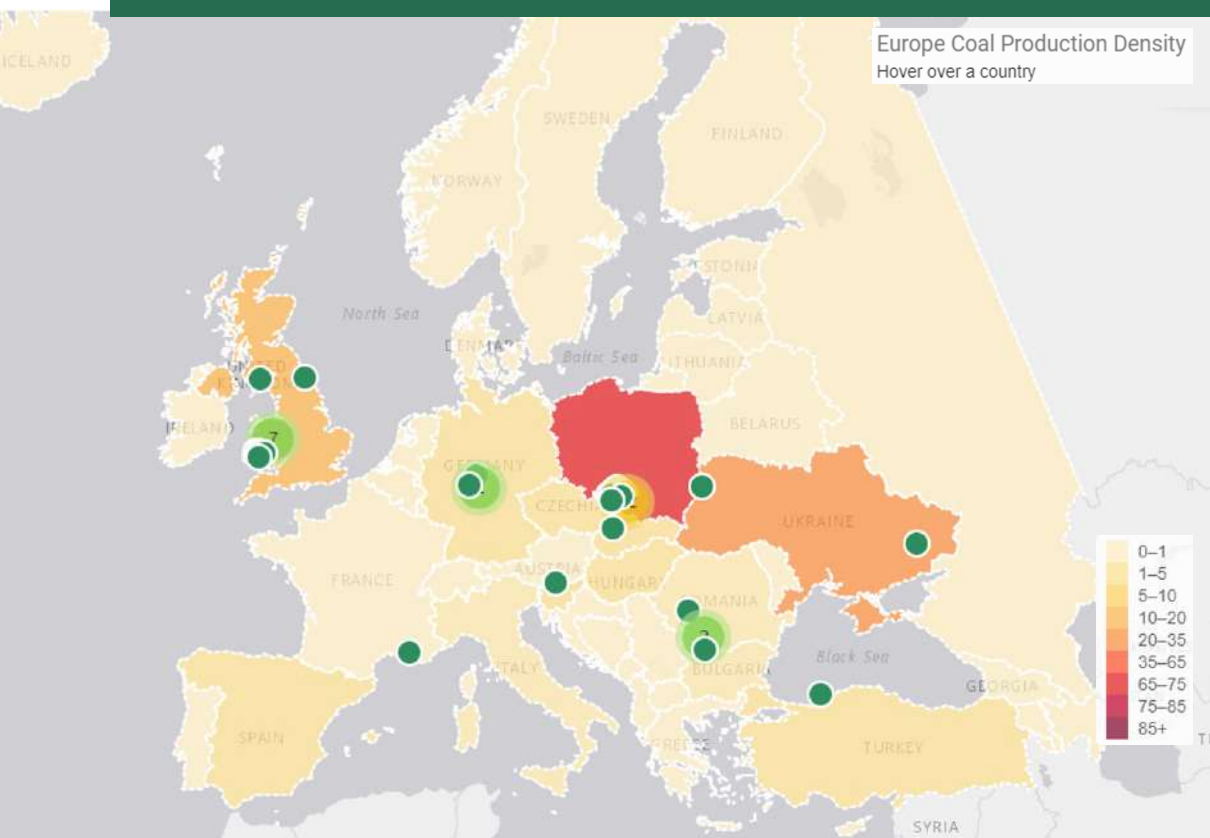
Η υφαλμύριση στην Ευρώπη, στον τομέα

των Ανθρακορυχείων - Πολωνία

Η Πολωνία είναι κυρίαρχος ευρωπαϊκός παραγωγός άνθρακα, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 97% της συνολικής παραγωγής της ΕΕ. Η εντατική εκμετάλλευση του άνθρακα, έχει ως αποτέλεσμα την εκτεταμένη αποστράγγιση της άλμης του ανθρακωρυχείου. Το 94% των κλωριδίων που βρίσκονται στον ποταμό Βιστούλα προέρχονται από τη δραστηριότητα εξόρυξης άνθρακα ενώ υψηλές οικονομικές

απώλειες προκύπτουν από την υφαλμύριση του. Παρά τη σαφή στροφή προς την καθαρή ενέργεια, η ΕΕ εξακολουθεί να βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις συμβατικές μορφές ενέργειας, καθώς με τη ρωσική εισβολή στην Ουκρανία, ο ενεργειακός τομέας της εισήλθε σε αχαρτογράφητο έδαφος, αναγκάζοντας την Ένωση να εξασφαλίσει επαρκή ενεργειακά αποθέματα.

Χάρτης συγκέντρωσης ανθρακωρυχείων στην Ευρώπη



Το έργο στοχεύει συνολικά να διευκολύνει:

την εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά (WFD) και του πακέτου κυκλικής οικονομίας, δίνοντας τη δυνατότητα στη βιομηχανία εξόρυξης άνθρακα να βελτιώσει τις τη διαχείριση των λυμάτων της με τρόπο που να είναι οικονομικά αποδοτικός, φιλικός προς το περιβάλλον, και σύμφωνος με τη νομοθεσία

μέσω:

Της ανάπτυξης και της εφαρμογής ενός

καινοτόμου συστήματος για την εξάλειψη της άλμης και την πλήρη ανάκτηση των υλικών που περιλαμβάνονται στα λύματα ανθρακωρυχείων

καθώς:

Το σύστημα που αναπτύχθηκε δύναται να επεξεργαστεί την άλμη και να ανακτήσει με άμεσο τρόπο τελικά προϊόντα (άλατα και νερό) υψηλής ποιότητας και καθαρότητας. Το Έργο υλοποιήθηκε στην Πολωνία.

Στόχοι του Έργου είναι:

- η επίτευξη ανάκτησης νερού > 90% από άλμεις ανθρακωρυχείων
- η προώθηση του μοντέλου κυκλικής οικονομίας για την επεξεργασία άλμης μέσω της ανάκτησης πολύτιμων τελικών προϊόντων.
- η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την ανεξέλεγκτη απόρριψη άλμης ανθρακωρυχείων.
- Η αποφυγή της υγειονομικής ταφής, καθώς τα υψηλής ποιότητας τελικά προϊόντα που ανακτώνται από τις άλμες, μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν.
- η μεταφορά των αποτελεσμάτων του έργου σε άλλους βιομηχανικούς τομείς/αγορές.
- η επικοινωνία και προώθηση του Έργου & των αποτελεσμάτων σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, σε αρχές, πανεπιστήμια και σε εταιρείες επεξεργασίας αλατωδών λυμάτων.
- Η παροχή συστάσεων πολιτικής στην ΕΕ, σχετικών με τα αποτελέσματα του έργου για τη βιομηχανική εξόρυξη άνθρακα.
- Το κοινωνικο-οικονομικό αντίκτυπο των προτεινόμενων δράσεων για τη δημιουργία αποτελεσματικής αξιακής αλυσίδας.

Το πρωτότυπο σύστημα LIFE Brine Mining

Πιλοτική εγκατάσταση

Το πρότυπο σύστημα εγκαταστάθηκε στο ανθρακωρυχείο Ziemowit, που ανήκει στον δικαιούχο του έργου, PGG. Το ορυχείο βρίσκεται στο Łędziny, στο Silesian Voivodeship, 310 χμ νοτιοδυτικά από την πολωνική πρωτεύουσα, τη Βαρσοβία. Το

Ziemowit αντιπροσωπεύει ένα από τα μεγαλύτερα ανθρακωρυχεία στην Πολωνία, έχοντας εκτιμώμενα αποθέματα 133 εκατομμυρίων τόνων άνθρακα. Η ετήσια παραγωγή άνθρακα του ορυχείου είναι περίπου 1,9 εκατομμύρια τόνοι.

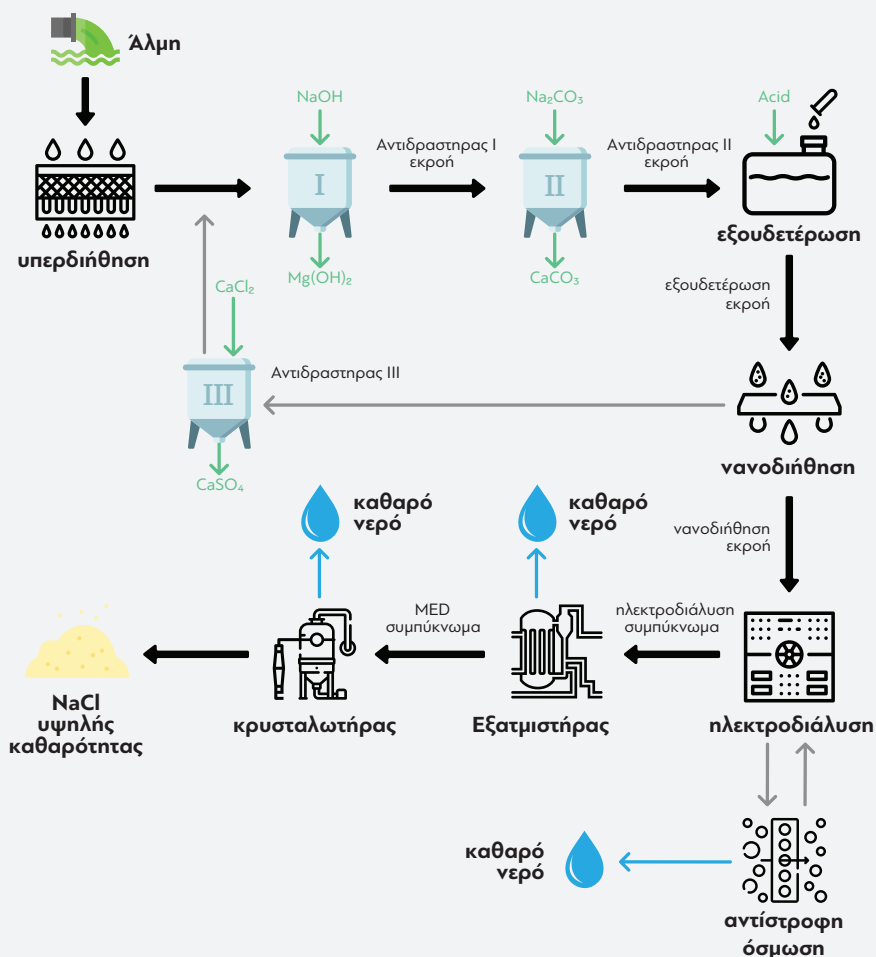
Η περιοχή του ανθρακωρυχείου Ziemowit και του πιλοτικού συστήματος



Διάγραμμα ροής διεργασίας του πιλοτικού συστήματος

Η 1^η μονάδα του συστήματος είναι η υπερδιήθηση, η οποία αφαιρεί τα αιωρούμενα στερεά από την εισερχόμενη άλμη. Η μονάδα μειώνει τη θολότητα της άλμης του ανθρακωρυχείου 1.000 φορές! Μετά την υπερδιήθηση, είναι τοποθετημένοι σε σειρά δύο αντιδραστήρες, στους οποίους κατακρημνίζεται με επιτυχία το μαγνήσιο ως υδροξείδιο του μαγνησίου ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) και το ασβέστιο ως ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3). Η ακόλουθη διαδικασία στο πιλοτικό σύστημα είναι η νανοδιήθηση, η οποία διαχωρίζει τα θειικά άλατα από την υπόλοιπη ροή του συστήματος

που περιέχει τα μονοσθενή ιόντα. Το πλούσιο ρεύμα σε θειικά, μετά τη νανοδιήθηση, ρέει στην 3^η δεξαμενή καθίζησης, στην οποία τα θειικά άλατα καταβυθίζονται ως θειικό ασβέστιο (CaSO_4). Οι υπόλοιπες τεχνολογίες του πιλοτικού συστήματος, αφαιρούν τα μονοσθενή ιόντα. Μετά τη νανοδιήθηση, η μονάδα ηλεκτροδιάλυσης λαμβάνει ένα ρεύμα πλούσιο σε ιόντα νατρίου (Na) και χλωριόντα (Cl) και τα συμπυκνώνει κατά 50-55%. Η επόμενη τεχνολογία είναι η Αντίστροφη Όσμωση, η οποία αφαιρώντας το 98%-99% όλων των ιόντων, παρέχει καθαρό νερό στο ορυχείο.



Όπως φαίνεται στο διάγραμμα ροής της διεργασίας, ο εξατμιστήρας που τοποθετείται μετά την ηλεκτροδιάλυση, δέχεται ένα ρεύμα πλούσιο σε ιόντα νατρίου (Na) και χλωρίοντα (Cl) και τα συμπυκνώνει. Ο εξατμιστήρας ανακτά καθαρό νερό και ένα πιο συμπυκνωμένο ρεύμα σε Na και Cl. Το συμπυκνωμένο ρεύμα που εξέρχε-

ται από τον εξατμιστήρα εισέρχεται στο τελευταίο τμήμα του πιλοτικού συστήματος, το οποίο αποτελείται από τον κρυσταλλωτήρα και τον στεγνωτήρα. Από τον συνδυασμό αυτών των δύο μονάδων, ανακτάται καθαρό αλάτι (NaCl) σε στερεή μορφή, καθώς και καθαρό νερό, κατάλληλο για άρδευση και καθαρισμό.

Λειτουργία των μονάδων του πιλοτικού συστήματος



Ποιότητα ανακτώμενου νερού από το πιλοτικό σύστημα BM

Ποιότητα νερού του πιλοτικού συστήματος BM		Πρότυπα πόσιμου νερού (Οδηγία ΕΕ 2020/2184)
Ιόντα	Συγκέντρωση (mg/L)	Συγκέντρωση (mg/L)
Na	90	200
K	0.75	12
Mg	2.64	-
Ca	2.37	-
Cl	165.37	250
SO ₄	2.98	250
B	0.02	1.5
Si	0.01	-
TDS	264.1	-
Cond. (μS/cm)	420	2.500

Καθαρότητα των αλάτων του πιλοτικού συστήματος BM

Mg(OH) ₂	84.1%
CaCO ₃	96%
CaSO ₄	97%
NaCl	99.9%

Πιλοτικό σύστημα του Έργου LIFE Brine-Mining





Δυνατότητα αναπαραγωγής του Έργου στον τομέα

εξόρυξης άνθρακα και δυνατότητα μεταφοράς σε άλλο

βιομηχανικό τομέα

Το πιλοτικό σύστημα Brine-Mining για την επεξεργασία άλλων λυμάτων



- Οι δράσεις του Έργου Brine-Mining επεκτάθηκαν πέρα από την επεξεργασία άλμης ανθρακωρυχείου με υψηλή αλατότητα. Η απόδοση του πιλοτικού συστήματος δοκιμάστηκε με επιτυχία στην επεξεργασία λυμάτων ανθρακωρυχείου με χαμηλή αλατότητα, αποδίδοντας εξαιρετικά αποτελέσματα! Αυτό απέδειξε την ευελιξία και την εφαρμοσιμότητα του συστήματος σε διάφορα επίπεδα αλατότητας στον τομέα εξόρυξης άνθρακα!
- Το Έργο στοχεύει στην άμβλυνση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε διάφορους τομείς. Ένας από τους τομείς στους οποίους επικεντρώθηκε το Έργο είναι ο τομέας εξόρυξης καλίου (ποτάσας). Η παγκόσμια βιομηχανία ποτάσας είναι ισχυρή παγκοσμίως, εξορύσσοντας περίπου 64,3 εκατομμύρια τόνους ποτάσας το 2023. Η εξόρυξη ποτάσας έχει

ως αποτέλεσμα και την απόρριψη άλμης που μολύνουν το νερό, βλάπτουν τα υδάτινα οικοσυστήματα και διαταράσσουν τους βιότοπους της άγριας ζωής. Η Ισπανία και η Γερμανία είναι οι κορυφαίοι παραγωγοί ποτάσας στην Ευρώπη σήμερα. Το πιλοτικό σύστημα έδειξε μεγάλη ευελιξία, επιτυγχάνοντας εξίσου καλά αποτελέσματα, όπως και στον τομέα εξόρυξης άνθρακα!

- Για την αξιολόγηση της ευρύτερης δυνατότητας εφαρμογής του πιλοτικού συστήματος του Έργου, οι προσπάθειες επεξεργασίας επεκτάθηκαν τόσο στον τομέα μεταποίησης άνθρακα σε χημικά προϊόντα όσο και στη βιομηχανία πετρελαίου. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την ευελιξία του συστήματος και τις δυνατότητες του για ευρεία εφαρμογή σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς.

Έννοια κυκλικής οικονομίας & δυνητικά οφέλη του έργου

Έννοια κυκλικής οικονομίας του έργου LIFE Brine-Mining: Το επιχειρηματικό μοντέλο που αναπτύχθηκε για την πλήρους κλίμακας εγκατάσταση στο ορυχείο Ziemowit, ενώ αυξάνει τα έσοδα από την εκμετάλλευση των αποβλήτων υδάτων του ανθρακωρυχείου, παρουσιάζει προ-

κλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Ωστόσο, οι μελέτες αναπαραγωγής δείχνουν ότι υπάρχουν σημαντικές ευκαιρίες εκμετάλλευσης στην επεξεργασία αλμυρών υδάτων που παράγονται από δραστηριότητες άλλων βιομηχανικών τομέων.



Δυνητικά Οφέλη του έργου



*Το επιχειρηματικό μοντέλο που αναπτύχθηκε για την πλήρους κλίμακας εγκατάσταση στο ορυχείο Ziemowit, ενώ αυξάνει τα έσοδα από την εκμετάλλευση των υδάτων αποβλήτων του ανθρακωρυχείου, δεν είναι οικονομικά βιώσιμο υπό τις τρέχουσες συνθήκες.

Δυνητικά περιβαλλοντικά οφέλη



Αποφυγή απόρριψης
άλμης σε επιφανειακά
ύδατα

Ανάκτηση καθαρού
νερού – κατάλληλου
για άρδευση και
βιομηχανική χρήση



Ανάκτηση αλάτων,
και άρα αποφυγή
χρήσης ορυκτών καυσίμων
που συνοδεύουν την
αντίστοιχη βιομηχανική
παραγωγή των αλάτων

Μείωση
εκπομπών
CO₂



Δυνητικά Οικονομικά Οφέλη



Ευκαιρίες απασχόλησης
σε νέους επαγγελματίες,
που θα απασχολούνται
στην επεξεργασία άλμης

Τα ανακτώσιμα υλικά
μπορούν να προωθηθούν
στη βιομηχανική αγορά,
ενισχύοντας τα έσοδα
της βιομηχανίας



Ταυτόχρονα οι τιμές
των ανακτώσιμων υλικών
δύνανται να είναι χαμηλότερες
από αυτές της αγοράς,
καθιστώντας τα ανακτιμένα
άλατα ελκυστικότερα
στην αγορά

Η βιομηχανία μπορεί
να εξοικονομήσει χρήματα
και μέσω της μείωσης των
προστίμων ή τελών στις
κυβερνήσεις, καθώς θα
μειωθεί η απόρριψη άλμης
στο υδάτινο περιβάλλον



Δυνητικά Κοινωνικά Οφέλη



Κίνητρα για τοπικές
ευκαιρίες απασχόλησης
στις βιομηχανίες

Το ανακτώσιμο
καθαρό νερό μπορεί να
χρησιμοποιηθεί για
δημοτικές χρήσεις π.χ.
παιδικές χαρές



Βελτίωση του
περιβαλλοντικού
προφίλ μιας
περιοχής

Υψηλότερο επίπεδο
προστασίας δημόσιας
υγείας



Εκδηλώσεις

Κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του έργου, οι δικαιούχοι του έργου οργάνωσαν και συμμετείχαν σε περισσότερες από 50 εκδηλώσεις, συμπεριλαμβανομένων συνεδριάσεων Εκτελεστικού Συμβουλίου, διμερείς συναντήσεις, εργαστήρια, συνέδρια κλπ. Οι επιτόπιες επισκέψεις προσέλκυσαν επενδυτές, εκπροσώπους ιδιοκτητών ΜΜΕ, εκπροσώπους ανθρακωρυχείων, υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, εκπροσώπους τοπικών και εθνικών αρχών και

φοιτητές που μπόρεσαν να δουν το σύστημα σε λειτουργία, και να αλληλεπιδράσουν με τους εκπροσώπους των εταιρών του έργου. Συνολικά 4 εκδηλώσεις με ενδιαφερόμενους φορείς διοργανώθηκαν στην Πολωνία, στις εγκαταστάσεις του εταιρού του Έργου GIG προσελκύοντας πάνω από 150 ενδιαφερόμενους φορείς, εκπροσώπους ανθρακωρυχείων, δημοσίων υπηρεσιών, του πολιτικού τομέα και του βιομηχανικού τομέα.



Επικοινωνία & Διάχυση Αποτελεσμάτων του έργου

Μέσω των δράσεων Επικοινωνίας και Διάχυσης, το Έργο Brine-Mining δημιούργησε μια εργαλειοθήκη πληροφοριακού και επικοινωνιακού υλικού, καθώς και πολλαπλά μέσα για την αποτελεσματική επικοινωνία και διάδοση των αποτελεσμάτων του.

Η ιστοσελίδα του Έργου βρίσκεται στη διεύθυνση: **brinemining.eu**, και επικαιροποιείται τακτικά ενθαρρύνοντας την ενεργό συμμετοχή των ενδιαφερομένων.

Οι σελίδες του έργου σε Facebook, LinkedIn, και X (Twitter) είναι εύκολα προσβάσιμες:

Facebook



LinkedIn



X (twitter)



Τα videos του έργου βρίσκονται στους εξής συνδέσμους:



Η βιωσιμότητα του Έργου και η συνέχεια του

- Ο ιστότοπος του έργου θα είναι ενεργός για 5 ακόμη χρόνια μετά το τέλος του Έργου, για να παρέχει στους επισκέπτες του πλήρη πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες, τις δραστηριότητες και τα αποτελέσματα του Έργου. Ο ιστότοπος θα περιλαμβάνει επίσης ερευνητικές εργασίες και τεχνικές δημοσιεύσεις από τα επιστημονικά αποτελέσματα του Έργου για την ανάδειξη των επιτευγμάτων του στην επιστημονική κοινότητα.
- Οι σχεδιαζόμενες δράσεις μετά τη χρηματοδότηση από το Πρόγραμμα LIFE περιλαμβάνουν:
- Οι πίνακες ανακοινώσεων του Έργου θα παραμείνουν στις εγκαταστάσεις των εταιρών για άλλα 2 χρόνια μετά τη λήξη του. Επομένως, μια συνοπτική

επισκόπηση της ιδέας του έργου που περιγράφει ότι το καινοτόμο σύστημα όχι μόνο επεξεργάζεται τα λύματα, αλλά δημιουργεί αξία από αυτά, θα είναι ορατή σε ένα ευρύ δίκτυο ινστιτούτων, πανεπιστημίων και βιομηχανιών που έχουν αναπτύξει οι εταίροι του Έργου.

- Θα συγκροτηθεί μια ομάδα εργασίας από τους δικαιούχους του Έργου για τη διάδοση των αποτελεσμάτων του και την ενίσχυση των συνδέσεων με εκπροσώπους από διάφορους βιομηχανικούς τομείς που παράγουν άλμη σε όλη την Ευρώπη.
- Το ΕΜΠ θα καθιερώσει ειδική ενότητα για την επεξεργασία άλμης στο πλαίσιο του ετησίου Διεθνούς Συνεδρίου για τη Βιώσιμη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων που διοργανώνει.



brinemining.eu



Με τη συγχρηματοδότηση
της Ευρωπαϊκής Ένωσης

LIFE18 ENV/GR/000019



Facebook



LinkedIn



X (twitter)



Συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ωστόσο, οι γνώμες και οι απόψεις που εκφράζονται είναι μόνο του/των συγγραφέα/ών και δεν αντικατοπτρίζουν απαραίτητα εκείνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή του Ευρωπαϊκού Εκτελεστικού Οργανισμού για το Κλίμα, τις Υποδομές και το Περιβάλλον (CINEA). Ούτε η Ευρωπαϊκή Ένωση ούτε η χορηγούσα αρχή μπορούν να θεωρηθούν υπεύθυνα.