

## **1. Σύντομη Περιγραφή Αντικειμένου Της Έρευνας**

### **1.1. Εισαγωγή**

Το πρόγραμμα υλοποιείται στα πλαίσια της δράσης ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ: ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΣΤΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑ (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Εκπαίδευση και Αρχική Επαγγελματική Κατάρτιση – ΕΠΕΑΕΚ II) και έχει ως θέμα την «Διερεύνηση και βελτιστοποίηση συστημάτων χρήσης φυσικών ζεολίθων και άλλων ορυκτών υλικών σε περιβαλλοντικές εφαρμογές».

### **1.2. Αντικείμενο Έρευνας**

Αντικείμενο του έργου είναι ο σχεδιασμός, ανάπτυξη και βελτιστοποίηση συστημάτων χρήσης φυσικών υλικών (κλινοπιλόλιθου, μπεντονίτη κ.λπ.) για τη δέσμευση βαρέων μετάλλων από:

- υγρά απόβλητα, με σκοπό την απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου (κυρίως βαρέων μετάλλων) και
- από στερεά απόβλητα τα οποία υπόκεινται σε διαδικασία βιολογικής επεξεργασίας για παραγωγή σταθεροποιημένου τελικού προϊόντος, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητάς του.

Στόχοι του έργου είναι η ανάπτυξη τεχνογνωσίας σε θέματα επεξεργασίας υγρών και στερεών αποβλήτων, η αξιοποίηση φυσικών υλικών που υπάρχουν σε αφθονία στην Ελλάδα και στο παρόν στάδιο, η χρήση τους είναι πολύ περιορισμένη καθώς και η επέκταση των αποτελεσμάτων για εφαρμογές ευρείας κλίμακας. Αναπτύσσεται πρωτότυπη έρευνα, με υψηλό βαθμό καινοτομίας από το ερευνητικό και τεχνικό προσωπικό του εργαστηρίου, με αξιοποίηση συνεργασιών με άλλες ερευνητικές ομάδες και χρησιμοποίηση της εργαστηριακής υποδομής και του εξοπλισμού που διαθέτει η Μονάδα.

## **2. Περιγραφή Της Ερευνητικής Ομάδας**

Η ερευνητική ομάδα αποτελείται από τα εξής μέλη:

Μαρία Λοϊζίδου (Καθηγήτρια Σχολής Χημικών Μηχανικών – επιστημονικός υπεύθυνος του έργου)

Αικατερίνη – Ιωάννα Χαραλάμπους (Αν. Καθηγήτρια Σχολής Χημικών Μηχανικών)

Βασίλειος Ιγγλεζάκης (Δρ. Χημικός Μηχανικός – Μεταδιδακτορικός ερευνητής)

Αχιλλέας Παπαδόπουλος (Δρ. Χημικός Μηχανικός – οικονομολόγος – ερευνητής)

Κωνσταντίνος Μουστάκας (Χημικός – Υποψήφιος Διδάκτορας)

Φώτιος Κουρμούσης (Περιβαλλοντολόγος – Υποψήφιος Διδάκτορας)

Μαρίνος Στυλιανού (χημικός μηχανικός – ερευνητής)

Ελένη Δουλάμη (χημικός μηχανικός – ερευνήτρια)

### **3. Αναλυτική Περιγραφή Αντικειμένου – Μεθοδολογία Υλοποίησης Του Έργου**

#### **3.1. Εισαγωγή**

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω αντικείμενο του έργου είναι η διερεύνηση και βελτιστοποίηση συστημάτων χρήσης φυσικών ορυκτών υλικών (κλινοπτιλόλιθου και μπεντονίτη), σε περιβαλλοντικές εφαρμογές και ειδικότερα για τη δέσμευση βαρέων μετάλλων από υγρά απόβλητα, με στόχο την απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου και από στερεά απόβλητα τα οποία υπόκεινται σε διαδικασία βιολογικής επεξεργασίας για παραγωγή σταθεροποιημένου τελικού προϊόντος, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητάς του.

Τα βαρέα μέταλλα θεωρούνται επικίνδυνα συστατικά τα οποία περιέχονται στα απόβλητα και συνεπώς η απομάκρυνσή τους είναι αναγκαία πριν την τελική διάθεση των αποβλήτων στους φυσικούς αποδέκτες ή τη χρησιμοποίησή τους σε άλλες εφαρμογές.

Η ιοντοεναλλαγή και η προσρόφιση είναι φυσικές διεργασίες οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως για την απομάκρυνση μετάλλων από υγρά και στερεά απόβλητα. Ειδικότερα, οι ζεόλιθοι όπως ο κλινοπτιλόλιθος καθώς και άλλα ορυκτά υλικά όπως ο μπεντονίτης παρουσιάζουν υψηλή εκλεκτικότητα για τη δέσμευση βαρέων μετάλλων, όπως δείχνει η εμπειρία από σχετικές μελέτες και έρευνες. Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά ειδικά των ζεολίθων είναι ότι περιέχουν εναλλάξιμα κατιόντα, τα οποία μπορούν να αντικατασταθούν με άλλα κατιόντα, όπως βαρέα μέταλλα με ιοντοεναλλαγή. Ταυτόχρονα, οι ζεόλιθοι όπως και ο μπεντονίτης

παρουσιάζουν ενεργή επιφάνεια και πορώδες στο οποίο μπορούν να προσροφηθούν κατιόντα και ανιόντα.

Σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία υπάρχει πληθώρα παραμέτρων οι οποίες επηρεάζουν τη δέσμευση των μετάλλων από διάφορα ορυκτά, όπως η θερμοκρασία, η παρουσία ανταγωνιστικών ανιόντων και κατιόντων, η οξύτητα του διαλύματος κ.α. Συνέπεια αυτού του γεγονότος είναι ότι η κατανόηση της συμπεριφοράς τέτοιων συστημάτων παρουσιάζει αυξημένη πολυπλοκότητα με αποτέλεσμα να υφίστανται μεγάλες προοπτικές για έρευνα τόσο πάνω στον υπολογισμό διαφόρων παραμέτρων ισορροπίας και κινητικής, όσο και στο σχεδιασμό συστημάτων επεξεργασίας.

Μία άλλη παράμετρος που χρήζει μελέτης είναι η δυνατότητα προεπεξεργασίας των ορυκτών πριν από τη χρήση τους με σκοπό τη βελτίωση των ιδιοτήτων τους, ερευνητική περιοχή που δεν έχει αναπτυχθεί σημαντικά.

Η μελέτη ζεολίθων και άλλων ορυκτών υλικών παρουσιάζει αυξημένο ενδιαφέρον τα τελευταία έτη, δεδομένου ότι πρόκειται για υλικά χαμηλού κόστους που απαντώνται στη φύση σε μεγάλες ποσότητες και έχουν ιδιαίτερα σημαντικές ιδιότητες που μπορούν να αξιοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές όπως:

- η επεξεργασία υγρών και στερεών αποβλήτων
- πρόσθετα για την παραγωγή δομικών υλικών
- εξευγενισμός αερίων
- πρόσθετα σε ζωοτροφές κ.λπ.

Η έρευνα που αφορά στα υλικά αυτά και στην πιθανή χρήση τους σε περιβαλλοντικές εφαρμογές βρίσκεται υπό διαρκή εξέλιξη, δεδομένου ότι οι τεχνολογικές εφαρμογές τους δεν έχουν αναπτυχθεί ευρέως επί του παρόντος, ενώ επιπλέον, οι φυσικοχημικές τους ιδιότητες παρέχουν τη δυνατότητα για περαιτέρω διερεύνηση και άλλων εφαρμογών.

Η πρωτοτυπία της έρευνας έγκειται ακόμη και στο γεγονός ότι διερευνώνται περιβαλλοντικά προβλήματα σε πραγματικές συνθήκες (υγρά και στερεά απόβλητα), μέσω ανάπτυξης κατάλληλων πιλοτικών – επιδεικτικών συστημάτων που δεν έχουν μελετηθεί εκτενώς και επισταμένως μέχρι σήμερα (π.χ. συστήματα σταθερής κλίνης)

και επιπλέον θα χρησιμοποιηθούν φυσικά υλικά, ιδιαίτερου ελληνικού ενδιαφέροντος.

Το έργο αποτελεί συνέχεια και επέκταση έρευνας που αναπτύσσεται από την ερευνητική ομάδα και η οποία αφορά στην ανάπτυξη μεθόδων και συστημάτων για την επεξεργασία υγρών, στερεών και επικινδύνων αποβλήτων. Ειδικά σε σχέση με θέματα παρεμφερή με το αντικείμενο του προτεινόμενου έργου, η ερευνητική ομάδα έχει αναπτύξει και συνεχίζει να έχει στενή συνεργασία με άλλες ερευνητικές ομάδες εκτός ΕΜΠ (Ελληνικά, Ευρωπαϊκά και διεθνή, Πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα και ινστιτούτα.

### **3.2. Μεθοδολογία Υλοποίησης του Έργου**

Η μεθοδολογία υλοποίησης του έργου περιλαμβάνει 6 Πακέτα Εργασίας ως εξής:

#### **Π.Ε.1:Επισκόπηση και μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας**

Αφορά σε επισκόπηση και μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας στο θέμα της επεξεργασίας υγρών και στερεών αποβλήτων με τη χρήση φυσικών ορυκτών. Με αυτό το τρόπο θα συμπληρωθεί η βιβλιοθήκη του εργαστηρίου με όλο το απαραίτητο βιβλιογραφικό υλικό και θα καταστεί δυνατός ο λεπτομερής σχεδιασμός και η ανάπτυξη της έρευνας. Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στα υλικά κλινοπιλόλιθος και μπεντονίτης, τα οποία απαντώνται σε σημαντικά φυσικά αποθέματα στην Ελλάδα και είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην παρούσα έρευνα.

#### **Π.Ε.2: Μελέτη των ιδιοτήτων των προς χρήση υλικών – Ανάπτυξη τεχνικών προεπεξεργασίας τους**

Πλήρης μελέτη των ιδιοτήτων των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν (κλινοπιλόλιθος και μπεντονίτης), με διενέργεια αναλύσεων όπως: κρυσταλλογραφική ανάλυση (XRD) – ταυτοποίηση των υλικών, υπολογισμός ειδικής επιφάνειας, μεγέθους, όγκου και κατανομής πόρων (BET), ανάλυση με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο με ταυτόχρονη χημική ανάλυση (SEM/EDS) για προσδιορισμό της ακριβούς σύστασης των υλικών και θερμική ανάλυση (TG/DTA) για έλεγχο της αντοχής των υλικών σε διάφορες θερμοκρασίες, για προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας κ.λπ. Επίσης, διερεύνηση τεχνικών προεπεξεργασίας των φυσικών υλικών, όπου απαιτείται, με

σκοπό τη βελτίωση των προσροφητικών και ιοντοεναλλακτικών τους ιδιοτήτων. Οι τεχνικές αφορούν σε προεπεξεργασία με χρήση διαφόρων χημικών μέσων όπως βασικών και όξινων διαλυμάτων, διαλυμάτων αλκαλίων και αλκαλικών γαιών, για διαφορετικές θερμοκρασιακές περιοχές κ.λπ. Με την ολοκλήρωση του Π.Ε. επιτυγχάνεται πλήρης προσδιορισμός, καταγραφή και αξιολόγηση των ιδιοτήτων των προς χρήση υλικών. Επιπλέον, θα παραχθούν τροποποιημένα ορυκτά υλικά με βελτιωμένες ιδιότητες.

### **Π.Ε.3: Ανάπτυξη και βελτιστοποίηση συστημάτων δέσμευσης βαρέων μετάλλων από υγρά απόβλητα**

Ανάπτυξη συστημάτων διαλείποντος έργου και σταθερών κλινών και μελέτη τόσο των φυσικών ορυκτών ως έχουν, όσο και των βελτιωμένων υλικών (Π.Ε. 2). Στα συστήματα διαλείποντος έργου μελετάται η ισορροπία και η κινητική των συστημάτων ορυκτών/μετάλλων. Επίσης μελετάται η επίδραση της οξύτητας, της θερμοκρασίας και της παρουσίας ανταγωνιστικών συστατικών στην απομάκρυνση του κυρίως συστατικού. Στα συστήματα σταθερών κλινών διερευνάται η επίδραση των λειτουργικών παραμέτρων της διεργασίας στην απομάκρυνση των συστατικών από την υγρή φάση. Οι λειτουργικές παράμετροι που εξετάζονται είναι η ογκομετρική παροχή, ο χρόνος παραμονής, η αρχική συγκέντρωση του διαλύματος εισόδου και η κοκκομετρία των υλικών. Επίσης μελετώνται και ειδικά συστήματα κλινών, όπως κλίνες σε παράλληλη και σε σειρά σύνδεση και συστήματα κλειστού βρόχου. Τέλος, διερευνάται ο μηχανισμός εκχύλισης των ροφημένων μετάλλων από τη στερεά φάση υπό διαφορετικές συνθήκες, έτσι ώστε τα χρησιμοποιημένα ορυκτά να μπορούν είτε να αποτεθούν σε ειδικούς χώρους με ασφάλεια είτε να χρησιμοποιηθούν σε άλλες διεργασίες (εξέταση δυνατότητας εκχύλισης των μετάλλων, υπό συνθήκες οι οποίες μπορούν να απαντηθούν στη φύση, όπως όξινη βροχή και έκπλυση από φυσικά νερά). Τονίζεται ότι για την ανάπτυξη της έρευνας θα χρησιμοποιούνται τόσο διαλύματα των οποίων η σύσταση προσομοιάζει με αυτή των υγρών αποβλήτων που παράγονται από βιομηχανικές διαδικασίες όσο και πραγματικά υγρά βιομηχανικά απόβλητα από επιλεγμένους κλάδους.

### **Π.Ε.4: Ανάπτυξη και βελτιστοποίηση συστημάτων δέσμευσης βαρέων μετάλλων από σταθεροποιημένα στερεά απόβλητα**

Μελετάται η επίδραση των υλικών στην διαδικασία βιολογικής σταθεροποίησης - κομποστοποίησης του οργανικού υλικού στερεών αποβλήτων (π.χ. ιλύος). Η μελέτη θα πραγματοποιηθεί με το σχεδιασμό και την κατασκευή κατάλληλων βιοαντιδραστήρων, όπου θα αναπτυχθεί η τεχνική της κομποστοποίησης των στερεών αποβλήτων με ταυτόχρονη προσθήκη των προς εξέταση υλικών (διαφορετικές πειραματικές σειρές, με πρωτογενή και τροποποιημένα υλικά). Εξετάζεται για κάθε πειραματική σειρά, η απόδοση κάθε ορυκτού, η επίδραση της αναλογίας αποβλήτου/ορυκτού, της κοκκομετρίας των ορυκτών, της οξύτητας και υγρασίας του μίγματος και του χρόνου επεξεργασίας. Ακόμη, διερευνάται η εκχύλιση των ροφημένων μετάλλων από το κομποστοποιημένο προϊόν υπό διαφορετικές συνθήκες, έτσι ώστε το προϊόν να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές (π.χ. αγροτικές καλλιέργειες).

#### **Π.Ε.5: Αξιολόγηση αποτελεσμάτων – Εισηγήσεις**

Μετά την ολοκλήρωση της πειραματικής έρευνας, θα πραγματοποιηθούν τα εξής:

- Αξιολόγηση και επεξεργασία των συνολικών αποτελεσμάτων - σύγκριση των εναλλακτικών συστημάτων (συστήματα προεπεξεργασίας, συστήματα δέσμευσης των μετάλλων από υγρά και στερεά απόβλητα)
- Επιλογή των βέλτιστων συνθηκών εφαρμογής του καθενός από τα συστήματα που θα αναπτυχθούν
- Εισηγήσεις για την επέκταση και χρήση των αποτελεσμάτων σε ευρεία κλίμακα (ανάπτυξη συστημάτων βιομηχανικής κλίμακας)

#### **Π.Ε.6: Προβολή – Δημοσιοποίηση**

Καθόλη τη διάρκεια του έργου διενεργούνται εργασίες προβολής, δημοσιοποίησης και διάχυσης των αποτελεσμάτων του, μέσω ετοιμασίας και διανομής ενημερωτικού υλικού, δημιουργίας και συνεχούς ενημέρωσης σελίδας στο διαδίκτυο, διοργάνωσης επιστημονικής ημερίδας με πρακτικά και διενέργειας επιστημονικών συναντήσεων. Η διοργάνωση της επιστημονικής ημερίδας θα πραγματοποιηθεί κατά τα τελευταία στάδια του έργου και σε αυτή θα προσκληθούν για να συμμετάσχουν Διδακτικό και ερευνητικό προσωπικό από ΑΕΙ και ΤΕΙ καθώς και προσωπικό από ερευνητικά Κέντρα, Ινστιτούτα και άλλους φορείς που δραστηριοποιούνται στην ανάπτυξη έρευνας σε περιβαλλοντικά θέματα.



**4. Χρονοδιάγραμμα Υλοποίησης έργου**

ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΓΟΥ														
Τίτλος	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ	ΕΤΟΣ									ΕΝΑΡΞΗ	ΛΗΞΗ	
			2004			2005			2006					
<b>Π. Ε. 1</b>	Επισκόπηση και μελέτη διεθνούς βιβλιογραφίας	Τεχνική έκθεση βιβλιογραφικής επισκόπησης											1/3/2004	30/4/2004
<b>Π.Ε.2</b>	Μελέτη ιδιοτήτων των προς χρήση υλικών – Ανάπτυξη τεχνικών προεπεξεργασίας τους	Τεχνική έκθεση πλήρους καταγραφής ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών των υλικών  Τεχνική έκθεση περιγραφής τεχνικών προεπεξεργασίας των πρωτογενών υλικών  Τροποποιημένα υλικά βελτιωμένων ιδιοτήτων											1/4/2004	31/8/2004
<b>Π.Ε.3</b>	Ανάπτυξη –βελτιστοποίηση συστημάτων δέσμευσης βαρέων μετάλλων από υγρά απόβλητα	Συστήματα διαλείποντος έργου  Συστήματα κλινών  Τεχνική έκθεση περιγραφής μεθοδολογίας, τεχνικών και αποτελεσμάτων											1/9/2004	31/5/2005

<p><b>Π.Ε.4</b></p>	<p>Ανάπτυξη –βελτιστοποίηση συστημάτων δέσμευσης βαρέων μετάλλων από στερεά απόβλητα</p>	<p>Βιοαντιδραστήρες κομποστοποίησης στερεών αποβλήτων με προσθήκη ορυκτών υλικών</p> <p>Τεχνική έκθεση περιγραφής μεθοδολογίας, τεχνικών και αποτελεσμάτων</p>														<p>1/6/2005</p>	<p>30/4/2006</p>
<p><b>Π.Ε.5</b></p>	<p>Αξιολόγηση αποτελεσμάτων – Εισηγήσεις</p>	<p>Έκθεση συγκριτικής αξιολόγησης αποτελεσμάτων</p> <p>Έκθεση εισηγήσεων – προδιαγραφές για εφαρμογές ευρείας κλίμακας</p> <p>Τελική έκθεση</p>														<p>1/5/2006</p>	<p>31/8/2006</p>
<p><b>Π.Ε.6</b></p>	<p>Προβολή - Δημοσιοποίηση</p>	<p>Έντυπο ενημερωτικό υλικό</p> <p>Επιστημονικές δημοσιεύσεις και ανακοινώσεις</p> <p>Πρόγραμμα και πρακτικά ημερίδας</p> <p>Σελίδα στο διαδίκτυο (website)</p>														<p>1/3/2004</p>	<p>31/8/2004</p>

## **5. Εργασίες που υλοποιήθηκαν μέχρι 31.12.2005**

### **5.1. Εισαγωγή**

Στην Ενότητα που ακολουθεί περιγράφονται οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2005. Όπως φαίνεται και από το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου, μέχρι την ημερομηνία αυτή έχουν ολοκληρωθεί τα δύο πρώτα πακέτα εργασίας [Π.Ε.1.Επισκόπηση και μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας, Π.Ε.2. Μελέτη των ιδιοτήτων των προς χρήση υλικών – Ανάπτυξη τεχνικών προεπεξεργασίας τους] τα οποία παραδόθηκαν με την ετήσια έκθεση προόδου για το 2004 (Παραρτήματα 1,2 και 3). Το τρίτο πακέτο εργασίας [Π.Ε.3: Ανάπτυξη και βελτιστοποίηση συστημάτων δέσμευσης βαρέων μετάλλων από υγρά απόβλητα] ολοκληρώθηκε και είναι σε εξέλιξη το τέταρτο πακέτο εργασίας [Π.Ε.4: Ανάπτυξη – Βελτιστοποίηση συστημάτων δέσμευσης βαρέων μετάλλων από στερεά απόβλητα], όπως και το έκτο πακέτο εργασίας [ Π.Ε.6: Προβολή – Δημοσιοποίηση ].

### **5.2. Εργασίες - Πακέτα Εργασίας που ολοκληρώθηκαν**

#### **Π.Ε.1:Επισκόπηση και μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας**

Πραγματοποιήθηκε επισκόπηση και μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας σε όλα τα θέματα που άπτονται της έρευνας για το συγκεκριμένο έργο και ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στα υλικά κλινοπιτλόλιθος και μπεντονίτης καθώς και στον βερμικουλίτη που είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην παρούσα έρευνα. Στη συνέχεια έγινε αναφορά στο φαινόμενο της ιοντοεναλλαγής που βρίσκει εφαρμογή στην επεξεργασία των υγρών και στερεών αποβλήτων με τη χρήση των φυσικών ορυκτών. Το παραδοτέο του Π.Ε.1 είναι η Τεχνική Έκθεση Βιβλιογραφικής Επισκόπησης [Παράρτημα 1 – Ετήσια έκθεση προόδου 2004]

#### **Π.Ε.2: Μελέτη των ιδιοτήτων των προς χρήση υλικών – Ανάπτυξη τεχνικών προεπεξεργασίας τους**

Έχει γίνει πλήρης μελέτη των ιδιοτήτων των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, με διενέργεια αναλύσεων. Με την ολοκλήρωση του Π.Ε. επιτεύχθηκε πλήρης

προσδιορισμός, καταγραφή και αξιολόγηση των ιδιοτήτων των προς χρήση υλικών. [Παράρτημα 2 - Παράρτημα 3, ετήσιας έκθεσης προόδου 2004].

### **Π.Ε.3: Ανάπτυξη και βελτιστοποίηση συστημάτων δέσμευσης βαρέων μετάλλων από υγρά απόβλητα**

Το Π.Ε.3, όπως φαίνεται και από το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου είχε διάρκεια από 1/9/2004 μέχρι 31/5/2005. Στο παρόν στάδιο έχουν ολοκληρωθεί οι εργασίες που αφορούν στο συγκεκριμένο Π.Ε. και ειδικότερα:

- Αναπτύχθηκε μελέτη ισορροπίας και κινητικής των συστημάτων ορυκτών/μετάλλων, σε συστήματα διαλείποντος έργου. Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση της οξύτητας, της θερμοκρασίας και της παρουσίας ανταγωνιστικών συστατικών στην απομάκρυνση του κυρίως συστατικού από τα διαλύματα.
- Διερευνήθηκε η επίδραση των λειτουργικών παραμέτρων της διεργασίας στην απομάκρυνση των συστατικών από την υγρή φάση σε συστήματα σταθερών κλινών όπως: ογκομετρική παροχή, χρόνος παραμονής, αρχική συγκέντρωση του διαλύματος εισόδου κ.λπ.

Με την ολοκλήρωση του Π.Ε. ετοιμάστηκε τεχνική έκθεση που περιλαμβάνει τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε, τις τεχνικές που εφαρμόστηκαν καθώς και τα αποτελέσματα της έρευνας (Παράρτημα I της παρούσας ετήσιας έκθεσης προόδου)

### **Π.Ε.6: Προβολή – Δημοσιοποίηση**

Για τη προβολή και τη δημοσιοποίηση του περιεχομένου και των αποτελεσμάτων του έργου, υποβλήθηκε άρθρο με τίτλο "Removal of Pb(II) From Aqueous Solutions By Using Clinoptilolite And Bentonite As An Adsorbent" το οποίο παρουσιάστηκε σε συνέδριο που διοργανώθηκε στη Ρόδο [9<sup>th</sup> Conference On Environmental Science And Technology, Rhodes Island, Greece September 1<sup>st</sup> - 3<sup>rd</sup>, 2005] [Παράρτημα II της παρούσας ετήσιας έκθεσης προόδου].

Επιπλέον, με την υποβολή της παρούσας ετήσιας έκθεσης θα καταχωρηθούν όλα τα πληροφοριακά στοιχεία που αφορούν στο πρόγραμμα, στην σελίδα του διαδικτύου

---

που αναπτύχθηκε από τη Μονάδα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος, ειδικά για το συγκεκριμένο πρόγραμμα ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ [[www.uest.gr/Pythagoras](http://www.uest.gr/Pythagoras)].

Τέλος, έχει ετοιμασθεί και διανεμηθεί ενημερωτικό υλικό (2 leaflets) που περιγράφει το πρόγραμμα (Παράρτημα II της παρούσας ετήσιας έκθεσης προόδου)