

## ΠΩΣ ΤΑ ΜΥΔΙΑ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΜΕΤΡΗΣΟΥΝ ΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥΣ ΚΟΛΠΟΥΣ

**Αθανάσιος Βαλαβανίδης, Θωμαΐς Βλαχογιάννη**

Τμήμα Χημείας, Εργ. Χημείας Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αθηνών

E-mail : [valavanidis@chem.uoa.gr](mailto:valavanidis@chem.uoa.gr), [thvlach@chem.uoa.gr](mailto:thvlach@chem.uoa.gr)

Η θαλάσσια ρύπανση στο Σαρωνικό τις προηγούμενες δεκαετίες ήταν ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα της Ελλάδας και αποτέλεσμα της υπέρμετρης ανάπτυξης του Πειραιά και της Αθήνας. Συγχρόνως στον κόλπο της Ελευσίνας που είναι τμήμα του Σαρωνικού βρίσκονται οι περισσότερες και μεγαλύτερες βιομηχανίες της Αττικής (διυλιστήρια πετρελαίου, ναυπηγεία, χυτήρια, βιομηχανίες τσιμέντου, κ.λπ). Τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα της Αττικής επιβάρυναν σημαντικά το θαλάσσιο περιβάλλον του Σαρωνικού καθώς και η διακίνηση πλοίων, οι εργασίες επιχωμάτωσης, η ατμοσφαιρική ρύπανση και το ρεύμα του Αγ. Γεωργίου που μετέφερε υγρά απόβλητα βυρσοδεψείων, βιομηχανιών χάρτου και στραγγίσματα του χώρου ταφής απορριμμάτων των Άνω Λιοσίων.

Ο Κόλπος του Σαρωνικού έχει έκταση 2900 km<sup>2</sup> και μέγιστο βάθος 428 m , μέση θερμοκρασία 13-16 °C και αλατότητα 38-39 ‰. Στο Σαρωνικό δεν εκβάλλουν ποτάμια και η κυκλοφορία των υδάτων εξαρτάται σε μεγάλο ποσοστό από τους τοπικούς ανέμους. Η υπερβολική ρύπανση των περασμένων δεκαετιών στο Σαρωνικό ήταν αποτέλεσμα των τεράστιων ποσοτήτων αστικών υγρών αποβλήτων των δύο πόλεων με αποτέλεσμα να έχει σχηματισθεί ένα παχύ στρώμα «νεκρής» ύλης στον πυθμένα με υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, οργανικούς πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες και ανόργανα ιζήματα.



Τα λύματα, που υπολογίσθηκαν σε 800.000 κυβικά μέτρα την ημέρα κατέληγαν χωρίς επεξεργασία και στην περιοχή του Ακροκεράμου σχημάτισαν ένα παχύ στρώμα 8 μέτρων, που εμπόδιζε την ανάπτυξη και την επιβίωση των θαλάσσιων μικροοργανισμών (φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν) και κατά καιρούς οδήγησε σε θάνατο ή εξαφάνιση πολλών ψαριών. Όταν στη δεκαετία 1980 οι Ευρωπαϊκές χώρες είχαν 70-80% βιολογικό καθαρισμό των λυμάτων τους, η Ελλάδα δεν είχε ούτε ένα σταθμό.



Το Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών έκανε συστηματικές έρευνες όλα αυτά τα χρόνια και δειγματοληψίες σε 16 διαφορετικά σημεία στην περιοχή για βαρέα μέταλλα και άλλους ρύπους και στις εκθέσεις του υπογράμμισε στους αρμόδιους την τραγική κατάσταση του Κόλπου του Σαρωνικού και τον κίνδυνο να νεκρωθεί από ζωή. Συγχρόνως, το Εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος κατέγραφαν με συστηματικό τρόπο από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 την κατανομή των μετάλλων, στην αιωρούμενη, υδατική και ιζηματογενή φάση, καθώς και την περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα και ανθρακικών αλάτων (Πρόγραμμα ελέγχου Ρύπανσης του Σαρωνικού Κόλπου). Οι μετρήσεις αυτές έδειχναν ανησυχητικά επίπεδα ρύπων και μεγάλους κινδύνους για το οικοσύστημα του κόλπου. Με την έναρξη του έργου επεξεργασίας στην Ψυτάλλεια τα επίπεδα βαρέων μετάλλων σε όλες τις περιοχές του Σαρωνικού μειώθηκαν σημαντικά. Αλλά και άλλες παράμετροι ρύπανσης στο Σαρωνικό έδειξαν σημαντική πτώση.

### **Το Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων του Σαρωνικού στην Ψυτάλλεια**

Οι πρώτες ενέργειες για το έργο και το ξεκίνημα έγινε το 1983. Το έργο υπολογίστηκε ότι стоίχισε συνολικά 70 δισεκατομμύρια δραχμές και είναι ένα από τα μεγαλύτερα στην Ευρώπη.. Το έργο αποτελείται από την Μηχανική Επεξεργασία των λυμάτων στο Ακροκέραμο (Κερασίσι), τον δίδυμο υποθαλάσσιο αγωγό από το Ακροκέραμο στο νησί της Ψυτάλλειας, όπου βρίσκονται οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μέχρι και το βιολογικό καθαρισμό και συλλογή της λάσπης.

Στην πρώτη φάση (ξεκίνησε το 1994, 32 δισεκατομμύρια δρχ κόστος) γίνονταν η εσχάρωση-εξάμμωση των λυμάτων και μόνο πρωτοβάθμια καθίζηση στην Ψυτάλλεια και μετά διαχέονταν στο Σαρωνικό σε μεγάλο βάθος. Έτσι περιορίστηκε το ρυπαντικό φορτίο κατά 35-40%. Αμέσως η διαφάνεια των νερών βελτιώθηκε στο Σαρωνικό (από 6 στα 14 μέτρα). Αλλά η ρύπανση συνεχίστηκε. Στη δεύτερη φάση (1999) με συμπλήρωση και επέκταση υπαρχόντων εγκαταστάσεων, έγινε δυνατή η μείωση του φορτίου των αιωρούμενων και των οργανικών φορτίων κατά 90%. Τελικά, με τη λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού (2005) τα λύματα είναι τελείως καθαρά και με τελικά απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία ειστρέφουν στο Κόλπο. Βέβαια παραμένει το πρόβλημα της συσσώρευσης λυματολάσπης που συγκεντρώνεται στο νησί (25.000 τόνοι, πρόσφατα γίνεται προσπάθεια με προκήρυξη διαγωνισμού για διάθεσή της) και του αποβαλομένου νερού (20.000 κυβικά μέτρα ημερησίως), το οποίο μπορεί επίσης να διατεθεί για πότισμα (μία σκέψη είναι για το Ποικίλο Όρος). Παράλληλα στην Ψυτάλλεια λειτουργεί μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με την καύση βιοαερίου και καλύπτουν τις ανάγκες του Κέντρου Επεξεργασίας.



Η συνολική λειτουργία του Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυτάλλειας (ΚΕΛΨ) έχει αδειοδοτηθεί περιβαλλοντικά (ΚΥΑ Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων 140774/11-06-2009), σύμφωνα με την οποία «η ξηραμένη ιλύς μπορεί να διατίθεται σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις ως καύσιμο σε τσιμεντοβιομηχανίες, σε θερμοηλεκτρικά εργοστάσια, ...για αποκαταστάσεις εδαφών,...», ενώ τα παραπροϊόντα (εσχαρίσματα και άμμος) μεταφέρονται και διατίθενται καθημερινά στον ΧΥΤΑ Φυλής του ΕΣΚΔΝΑ, βάσει σχετικής δεκαετούς σύμβασης.

Οι Μετρήσεις των ρύπων δείχνουν ότι ο Σαρωνικός έχει βελτιωθεί σημαντικά και η θαλάσσια ζωή ξαναγυρίζει στην αρχική κατάσταση

Από την εποχή που η Ψυτάλλεια άρχισε να λειτουργεί (1994) και με το πέρασμα του ετών η ποιότητα της θαλάσσιας ζωής και των νερών του Σαρωνικού έχει βελτιωθεί. Οι ψαράδες του Σαρωνικού βρίσκουν στα δίχτυα τους γόπες, σαρδέλες και γαύρους. Εκτός όμως από τα βαρέα μέταλλα στο Σαρωνικό ελέγχεται εδώ και χρόνια η συγκέντρωση οργανοχλωριωμένων ενώσεων σε μύδια *Mytilus gallonprovincialis* (1993-97) χαμηλές συγκεντρώσεις.

Διάφορες έρευνες στο Σαρωνικό έδειξαν ότι ο πληθυσμός των ψαριών που ζούσαν πριν από πολλά χρόνια άρχισαν να επανέρχονται. Ως δείκτη για την ποιότητα των νερών οι ερευνητές κατέγραψαν είδη όπως σκορπιός, σαλούβαρδος, μπαρμπούνι, στύρα, λείτσες, ροφοί, μπακαλιάροι, λυθρίνια, κουτσομούρες, κλπ.. Ψαρότοποι στον Σαρωνικό υπάρχουν πολλοί, ένας από τους πιο σημαντικούς είναι το νησάκι του Αγίου Γεωργίου ανοιχτά της Βουλιαγμένης στο οποίο γύρω από αυτό είναι γεμάτο πάγκους μέσα στη θάλασσα που μαζεύουν και πολλά ψάρια, όπως στείρες, σφυρίδες, ροφούς, ακόμα και μικρούς ξιφίες.

### **Βιοδείκτες Οξειδωτικού Stress στα μύδια μπορούν να προσδιορίσουν τη ρύπανση**

Τα τελευταία χρόνια, έχει δοθεί αυξημένη έμφαση στη χρήση μοριακών βιοδεικτών ως μέσο παρακολούθησης της ποιότητας του περιβάλλοντος και της φυσικής κατάστασης των οργανισμών που διαμένουν σε αυτό. Τα δίθυρα και ιδιαίτερα τα μύδια χρησιμοποιούνται ευρύτατα ως βιολογικοί δείκτες σε προγράμματα παρακολούθησης της ρύπανσης των υδάτινων συστημάτων (προγραμμα mussel watch στις χώρες της Μεσογείου ξεκίνησε από 2002 και αρχικά μετράει συγκεντρώσεις ραδιενεργά στοιχεία, όπως Cs-137, αλλά τα τελευταία χρόνια γίνεται συλλογή δεδομένων για διάφορους ρύπους).

Τα μύδια επειδή είναι προσκολλημένοι σε κάποιο σταθερό υπόστρωμα και διαθέτουν την ικανότητα να φιλτράρουν μεγάλες ποσότητες ύδατος βιοσυσσωρεύουν βαρέα μέταλλα και οργανικές ενώσεις στους ιστούς τους (βράγχια, μανδύα, πεπτικό αδένες).



Φωτογραφία πειραματικής διάταξης πειραμάτων οικολογίας με μύδια (Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών)

Στο Εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος (Πανεπιστήμιο Αθηνών) μελετήθηκε η χρησιμότητα των μυδιών για μελέτες θαλάσσιας ρύπανσης σε 3 περιοχές του Σαρωνικού (ιδιαίτερα στον Κόλπο της Ελευσίνας και ανοικτά της Αίγινας) αντιοξειδωτικών δεικτών στο βιολογικό σύστημα. Υπάρχει διεθνώς καθιερωμένα πειράματα και πολυάριθμα αποτελέσματα στη διεθνή βιβλιογραφία για τη χρήση μυδιών για να μελετηθούν βιοδείκτες έκθεσης σε τοξικές ενώσεις (μέταλλα, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ), PCBs, κλπ) και τοξικών επιδράσεων στον θαλάσσιο οργανισμό *Mytilus galloprovincialis*.

Στο μανδύα και στα βράγχια μυδιών (από διάφορες περιοχές) προσδιορίστηκαν αρχικά οι συγκεντρώσεις μετάλλων και ΠΑΥ. Μετά προσδιορίστηκαν οι δραστηριότητες των ενζύμων Καταλάση και Υπεροξειδική δισμουτάση, καθώς και τα επίπεδα λιπιδικής υπεροξειδωσης, είτε μετά από έκθεση των μυδιών σε μέταλλα (όπως κάδμιο, χαλκός, μόλυβδος, κ.λπ) είτε σε μελέτη πεδίου σε μύδια από τον κόλπο του Σαρωνικού, σε σχέση με ρύπους όπως τα μέταλλα και αρωματικοί ΠΑΥ, οι οποίοι έχουν οξειδωτικό δυναμικό και δύνανται να προκαλέσουν οξειδωτικό stress στους υδρόβιους οργανισμούς.

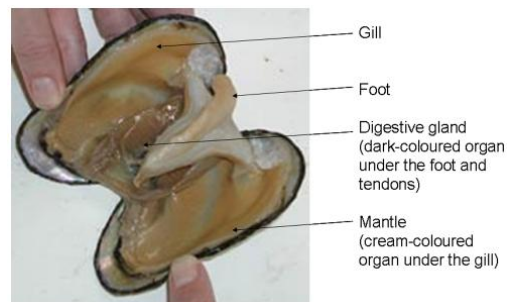


Τα αποτελέσματα ήταν αρκετά ικανοποιητικά και έδειξαν ότι μέσα από τα επίπεδα των αντιοξειδωτικών ενζύμων μπορεί να γίνει εκτίμηση των επιπέδων ρύπανσης με ικανοποιητική προσέγγιση και σε σύγκριση με έρευνες σε «καθαρές» περιοχές. Τέτοια πειράματα μπορούν να διεξαχθούν σε διάφορες θάλασσες και θαλάσσιους Κόλπους. Εάν υπάρχουν αυτόχθονα μύδια τότε μπορούν να συλλεγούν κατά εποχές και να μεταφερθούν στο εργαστήριο για περαιτέρω μελέτες και αναλύσεις. Εάν δεν υπάρχουν μύδια, τότε είναι εφικτό να συγκεντρωθούν από μυδοκαλλιέργειες και να βυθισθούν στην υπό μελέτη περιοχή για 2-3 εβδομάδες. Μετά μεταφέρονται στο εργαστήριο και αναλύονται. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια για τη μελέτη τη ρύπανσης του κόλπου της Βενετίας.

Πρόσφατα, το Εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος ξεκίνησε μία δεύτερη σειρά πειραμάτων με μύδια για τη μέτρηση της θαλάσσιας ρύπανσης (Ηράκλειτος II).

1. Vlachogianni Th, Dassenakis M, Scoullou MJ, Valavanidis A. Integrated use of biomarkers (superoxide dismutase, catalase and lipid peroxidation) In mussels *Mytilus galloprovincialis* for assessing heavy metals' pollution in coastal areas from the Saronikos Gulf of Greece. *Marine Pollution Bulletin* 54: 1361-1371, 2007.
2. Valavanidis A, Vlachogianni Th, Triantafyllaki S, Dassenakis M, Androutsos F, Scoullou M. Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface seawater and in indigenous mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from coastal areas of Saronikos Gulf (Greece). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 79:733-739, 2008.

### 3. Τοξικολογία-Οικοτοξικολογία [www.chem-tox-ecotox.org](http://www.chem-tox-ecotox.org)



Στο Εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος μελετήθηκε η πιθανή χρησιμότητα των αντιοξειδωτικών παραμέτρων ως βιοδείκτες έκθεσης σε τοξικές ενώσεις και τοξικών επιδράσεων στον θαλάσσιο οργανισμό *Mytilus galloprovincialis*. Στο μανδύα και στα βράγχια μυδιών προσδιορίστηκαν οι δραστηριότητες των ενζύμων καταλάση και υπεροξειδική δισμουτάση, καθώς και τα επίπεδα λιπιδικής υπεροξειδωσης, είτε μετά από έκθεση των μυδιών σε μέταλλα όπως το κάδμιο, ο χαλκός, ο μόλυβδος και ο σίδηρος, είτε σε μελέτη πεδίου σε μύδια από τον κόλπο του Σαρωνικού, σε σχέση με ρύπους όπως τα μέταλλα και οι αρωματικοί πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες, οι οποίοι έχουν οξειδωτικό δυναμικό και δύνανται να προκαλέσουν οξειδωτικό stress στους υδρόβιους οργανισμούς.