

ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ ΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Στα υδατικά περιβάλλοντα η θερμοκρασία, το φως και η υδροδυναμική είναι οι παράγοντες που κυρίως επηρεάζουν τους ζώντες οργανισμούς και μαζί με τη διαθεσιμότητα των διαλυμένων στο νερό **θρεπτικών αλάτων**, αποτελούν τις κύριες περιβαλλοντικές επιδράσεις στη φυσιολογία και δυναμική των φωτοσυνθετικών υδρόβιων οργανισμών, όπως **του φυτοπλαγκτού**.

Το **φυτοπλαγκτό** αποτελείται από μικροσκοπικά μονοκύτταρα φυτά (μικροφύκη) που ζούν σε υδατικά περιβάλλοντα κυρίως στη στήλη του νερού. Το μέγεθος του φυτοπλαγκτού κυμαίνεται από 0.2 έως 200 μικρόμετρα, αλλά η πλειονότης των ειδών κυμαίνεται από 0.2-20 μικρόμετρα. (το ένα μικρόμετρο είναι το ένα χιλιοστό του χιλιοστού). Δεν έχουν δική τους κίνηση ή είναι πολύ ασθενής σε σχέση με τη κίνηση του νερού, γι' αυτό και παρασύρονται από το νερό – πλανώνται – (**πλαγκτόν** από το ελληνικό ρήμα πλάνημι). Υπάρχουν πολλά είδη φυτοπλαγκτού το Υπάρχουν περίπου 5000 είδη φυτοπλαγκτού (κάθε ένα με χαρακτηριστικό σχήμα), που διαιρούνται στις κύριες ομάδες: Διάτομα, Δινομαστιγωτά, Κοκκολιθοφόρα, Μαστιγωτά, Κυανοβακτήρια ή Κυανοφύκη Αφθονούν στις θάλασσες και αποτελούν τη βάση του θαλάσσιου τροφικού πλέγματος. Επειδή, η αύξηση του φυτοπλαγκτού στηρίζεται σε συγκεκριμένες συνθήκες αποτελεί καλό δείκτη των αλλαγών του θαλάσσιου περιβάλλοντος και της ποιότητας του.



Διάφορα είδη φυτοπλαγκτού, όπως φαίνονται στο μικροσκόπιο (<http://superfoodmarinephytoplankton.com/wp-content/uploads/2012/09/1-Phytoplankton5.jpg>)

Όπως τα φυτά της ξηράς το φυτοπλαγκτό φωτοσυνθέτει. Λόγω της αφθονίας του ηλιακού φωτός επί και κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας, το φυτοπλαγκτό παραμένει στα επιφανειακά στρώματα (κυρίως από επιφάνεια έως βάθη 100-150 μέτρων στις περισσότερο διαυγείς ανοικτές θάλασσες, όπως η Ανατολική Μεσόγειος). Επίσης, περιέχει φωτοσυνθετικές χρωστικές με επικρατούσα τη χλωροφύλλη, που χρησιμοποιείται από τα φυτά για τη φωτοσύνθεση, κατά την οποία το ηλιακό φως χρησιμοποιείται ως ενεργειακή πηγή, ώστε μόρια νερού και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) να σχηματίσουν υδρογονάνθρακες (τα δομικά στοιχεία της ζωής), ενώ συγχρόνως απελευθερώνεται οξυγόνο. Η ατμόσφαιρα είναι πλούσια σε CO_2 , ενώ τα θρεπτικά άλατα, Φωσφόρου (P), Αζώτου (N), Πυριτίου (Si), Σιδήρου (Fe), κ.α., που χρειάζεται

το φυτοπλαγκτό τα βρίσκει διαλυμένα στο νερό. Σε ιδανικές συνθήκες ένα κύτταρο φυτοπλαγκτού ζει μόνο 1-2 μέρες. Όταν πεθαίνει βυθίζεται στο πυθμένα. Συνεπώς στην διαδρομή του γεωλογικού χρόνου, ο ωκεανός έγινε η κύρια αποθήκη καταβύθισης του ατμοσφαιρικού CO_2 .

Είναι φανερό λοιπόν ότι το φυτοπλαγκτό με τη συμμετοχή του στις θαλάσσιες διεργασίες προσφέρει σημαντικά όχι μόνο στην υποστήριξη των θαλάσσιων τροφικών πλεγμάτων, αλλά και στο μετριασμό των επιπτώσεων του φαινομένου θερμοκηπίου με την απορρόφηση σχεδόν της μισής ποσότητας από το διοξείδιο του άνθρακα που ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από τα καύσιμα. Όμως, η πιο σημαντική προσφορά του φυτοπλαγκτού ίσως είναι η παραγωγή οξυγόνου: το 50% του ατμοσφαιρικού οξυγόνου προέρχεται από τη φωτοσυνθετική λειτουργία του.

Ωστόσο υπάρχει μία σημαντική διαταραχή στα υδατικά οικοσυστήματα που σχετίζεται με τα θρεπτικά άλατα και το φυτοπλαγκτό: ο ευτροφισμός.

ΤΙ ΕΙΝΑΙ Ο ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ:

Ευτροφισμός είναι η αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης των φυκών, που ακολουθεί έναν ταχύτερο ρυθμό παροχής θρεπτικών αλάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον και οι συνέπειες της (Steele 1976).

Ενας άλλος ορισμός αναφέρει ότι ευτροφισμός είναι η διεργασία κατά την οποία νερά που έχουν εμπλουτισθεί με θρεπτικά άλατα, κυρίως N και P, προάγουν την πρωτογενή παραγωγή υπό ευνοϊκές συνθήκες (Vollenweider 1981). Η UNEP (United Nations Environmental Programme) προτείνει ότι ο ευτροφισμός ορίζεται ως μία περιβαλλοντική διαταραχή που προκαλείται από περίσσεια στο ρυθμό παροχής οργανικού υλικού (UNEP(DEC)/MED WG.231/14, 2003).

Πιο αναλυτικά, το φαινόμενο του ευτροφισμού εμφανίζεται όταν η εισροή θρεπτικών αλάτων από αλλόχθονες πηγές σε μία υδάτινη μάζα γίνεται τόσο μεγάλη, ώστε η ισορροπημένη αφομοίωση (δηλαδή η κατανάλωση από τα φύκη) στο τοπικό οικοσύστημα να είναι ανέφικτη. Επομένως, κατά το φαινόμενο του ευτροφισμού εκτός από την αύξηση του ρυθμού της πρωτογενούς παραγωγής και εκ τούτου της βιομάζας των φυκών, παρατηρούνται αλλαγές στις πληθυσμιακές ισορροπίες των οργανισμών, και υποβάθμιση της ποιότητας του νερού. Είναι φανερό ότι οι συνέπειες του ευτροφισμού είναι ανεπιθύμητες εάν αισθητά υποβαθμίζουν την υγεία του οικοσυστήματος και/ή την βιώσιμη παροχή αγαθών και υπηρεσιών .

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ:

Παράγοντες που συμβάλλουν στην εμφάνιση του ευτροφισμού είναι: α) μία σχετικά ρηχή και προφυλαγμένη λεκάνη με μικρή ανταλλαγή υδάτινων μαζών και η οποία να υφίσταται στρωμάτωση θερμοκρασίας ή πυκνότητας και β) μία πηγή μαζικής εισροής θρεπτικών.

ΠΗΓΕΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟ:

Οι πηγές θρεπτικών αλάτων διακρίνονται σε: α) Σημειακές, όπως εισροές θρεπτικών από οικιακά ή βιομηχανικά απόβλητα, ποτάμια, β) Μη σημειακές ή διάσπαρτες, όπως εισροές/εκπλύσεις θρεπτικών από γεωργικές/κτηνοτροφικές δραστηριότητες (και υδατοκαλλιέργειες) ή την ατμόσφαιρα ή ιζήματα, ή υπέδαφος.

ΦΥΣΙΚΟΣ vs ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΟΥΣ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ:

Ο ευτροφισμός διακρίνεται σε φυσικό και ανθρωπογενή. Ο φυσικός ευτροφισμός είναι μία σχετικά βραδεία διαδικασία (τάξης μεγέθους 10^3 - 10^4 ετών) και έτσι επιτρέπει στο οικοσύστημα να εξελιχθεί και να προσαρμοσθεί στις καινούργιες τροφικές συνθήκες. Αντίθετα, ο ανθρωπογενής ευτροφισμός εισάγει αιφνίδιες αλλαγές (τάξης μεγέθους 10 ετών ή και λιγότερο) και καταλήγει σε διαταραχή της ισορροπίας του οικοσυστήματος, σε περιβάλλον υπό πίεση και πιθανό ουσιαστικό κίνδυνο του έμβιου παράγοντα (Stirn 1988).

ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΟΥ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΠΕΛΑΓΙΚΩΝ ΒΙΟΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ:

Οι συνέπειες του ευτροφισμού στη δομή των πελαγικών βιοκοινωνιών είναι: α) Επιλογή των πλέον ανθεκτικών ειδών μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών, β) Περισσότερο σημαντική πληθυσμιακή αύξηση για το φυτοπλαγκτό παρά για το ζωοπλαγκτό, η ενέργεια δεσμεύεται στους πρωτογενείς παραγωγούς και δεν "ρέει" προς τους καταναλωτές, γ) Μείωση της ποικιλότητας των ειδών και δ) Απουσία οργανισμών στα υψηλότερα επίπεδα της τροφικής πυραμίδας. Ωστόσο, οι πιο σοβαρές συνέπειες του ευτροφισμού είναι: επιβλαβείς ή/και τοξικές φυτοπλαγκτονικές ανθήσεις (HABs), αφρός, αύξηση ανάπτυξης βενθικών φυκών, εκτεταμένη ανάπτυξη υποθαλάσσιων και επιπλέοντων μακροφυκών, βακτηριακές εξάρσεις, μείωση οξυγόνου στα βαθειά νερά, θάνατοι ψαριών. Πολλά HABs αφορούν σε τοξικά είδη φυτοπλαγκτού και άλλα HABs σε είδη που δεν είναι τοξικά, αλλά είναι βλαβερά με άλλους τρόπους. Π.χ. τα πυκνά blooms («ανθήσεις» φυτοπλαγκτού, πληθυσμιακές εξάρσεις) σε επιφανειακά νερά μπορούν να εμποδίσουν το ηλιακό φως να φτάσει σε είδη που ζούν βαθύτερα, η αποσύνθεση των κυττάρων του bloom μπορεί να στερήσει άλλους οργανισμούς από οξυγόνο, blooms διατόμων με τα spines (απολήξεις) που έχουν αποφράσουν τα βράγχια των ψαριών.

ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΑΜΕΣΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ - ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ ΚΑΙ HABS:

Ας δούμε αναλυτικά τη σχέση ευτροφισμού και HABS. Μερικές «εξάρσεις» φυτοπλαγκτού είναι δυνατόν να είναι επιβλαβείς. Υπάρχουν ενδείξεις ότι ο ευτροφισμός αυξάνει τις πιθανότητες εμφάνισης τέτοιων επιβλαβών ανθήσεων. Υπάρχουν HABS που προκαλούνται από μη τοξικά είδη και έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή του χρώματος της θάλασσας. Αυτή είναι η πιο κοινή περίπτωση HAB που παρατηρείται στις ευτροφικές περιοχές. Τα φαινόμενα αυτά έχει επικρατήσει να ονομάζονται «ερυθρές παλίρροιας», αν και στη πραγματικότητα η τεράστια φυτοπλαγκτονική μάζα (δεκάδες ή και εκατοντάδες εκατομμύρια κύτταρα ανά λίτρο θαλασσινού νερού) μπορεί να πάρει διάφορα χρώματα από κόκκινο και καφέ ως κίτρινο και πράσινο, που εξαρτάται από το φυτοπλαγκτονικό είδος που επικρατεί. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις που ορισμένα φυτοπλαγκτονικά είδη μπορεί να είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο, όπως αναφέρθηκε.



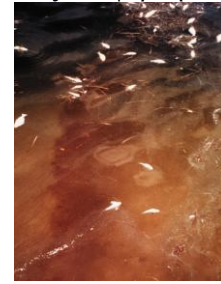
Ερυθρά παλίρροια

(http://oceanservice.noaa.gov/education/kits/pollution/media/pol010c_700.jpg)



Αφρός από HAB

<http://www.ecomare.nl/typo3temp/GB/600ef5c6c4.png>



Νεκρά ψάρια από τοξικό φυτοπλαγκτό
http://plaza.ufl.edu/eca_rsonb/rtdeadfish.jpg

Έτσι τις τελευταίες δεκαετίες πολλές χώρες, σε όλο τον κόσμο, βιώνουν την εμπειρία κλιμακούμενων και με ανησυχητικές τάσεις προβλημάτων, τα οποία σχετίζονται με ανθίσεις επιβλαβών και τοξικών φυτοπλαγκτονικών ειδών. Μερικά από αυτά τα επιβλαβή είδη σχηματίζουν εκτεταμένες γλοιώδεις μάζες κατά μήκος των ακτών. Η νυχτερινή αναπνοή αυτών των ιδιαίτερα αυξημένων συγκεντρώσεων κυττάρων μπορεί να καταναλώσει τα αποθέματα οξυγόνου στο θαλασσινό νερό και έτσι τα ψάρια να ασφυκτιούν. Συγχρόνως, η αντιαισθητική εμφάνιση αυτών των μαζών προκαλεί σημαντικές οικονομικές απώλειες στο τουρισμό. Αλλά επιβλαβή φυτοπλαγκτονικά είδη παράγουν τοξίνες. Μερικές από αυτές τις τοξίνες είναι θανατηφόρες για άγρια και καλλιεργούμενα ψάρια, έχουν ήδη σκοτώσει εκατομμύρια τόνους παγκοσμίως. Η συσσώρευση τοξινών μπορεί να επηρεάσει σοβαρά την υγεία των διθύρων, επειδή αυτά φιλτράρουν τα φυτοπλαγκτονικά κύτταρα από το νερό. Οξείες και χρόνιες ασθένειες σε ανθρώπους μπορεί να εμφανισθούν μετά από κατανάλωση διθύρων που έχουν μολυνθεί από τοξίνες. Έτσι ανθίσεις μερικών τοξικών ειδών μπορεί να οδηγήσουν σε απαγόρευση συλλογής διθύρων και μέγιστες οικονομικές απώλειες σε εμπορικές υδατοκαλλιέργειες. Να σημειωθεί ότι μόνο μερικά είδη φυτοπλαγκτού είναι τοξικά, αλλά προκαλούν μεγάλη ποικιλία «ασθενειών» και στον άνθρωπο, όπως PSP (Παραλυτικό Σύνδρομο), DSP (Διαρροϊκό Σύνδρομο), ASP (Αμνησιακό Σύνδρομο), κ.α. Από ~5000 φυτοπλαγκτονικά είδη, μόνο ~300 μπορούν να προκαλέσουν HABS και λιγότερα από 100 παράγουν τοξίνες. Ακόμη οι επιπτώσεις περιλαμβάνουν θανάτους θαλάσσιων θηλαστικών, πουλιών και άλλων ζώων και μεταβολές των θαλάσσιων οικοτόπων ή της δομής των τροφικών πλεγμάτων μέσω σκίασης, υπερανάπτυξης ή ανάδρομες επιδράσεις στα αναπτυξιακά στάδια των ψαριών και άλλων θαλάσσιων οργανισμών.

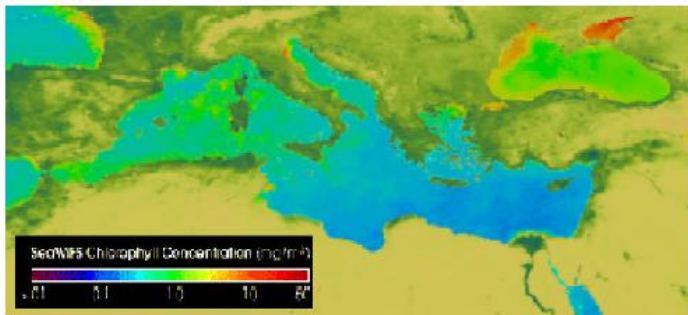
Πριν μερικές δεκαετίες σχετικά λίγες χώρες επηρεάζονταν από τα HABS, αλλά τώρα οι περισσότερες παράκτιες χώρες απειλούνται, στις περισσότερες περιπτώσεις σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές και από περισσότερα από ένα επιβλαβή ή/και τοξικά είδη (ECOHAB

1995, EUROHAB 1999, 2002), που καταλήγουν σε ακόμη περισσότερες επιπτώσεις και απώλειες στους πόρους. Υπάρχει μία μεγάλη συζήτηση για τις αιτίες που βρίσκονται πίσω από αυτή την εξάπλωση, με πιθανές εξηγήσεις που ποικίλουν από φυσικούς μηχανισμούς διασποράς ειδών μέχρι ανθρωπογενή φαινόμενα, όπως ο ευτροφισμός, κλιματικές αλλαγές ή μεταφορά φυτοπλακτονικών ειδών στο έρμα των πλοίων.

Οι τρέχουσες στρατηγικές διαχείρισης ορισμένων HABs περιλαμβάνουν καταγραφή της ποιοτικής και ποσοτικής σύνθεσης των φυτοπλακτονικών πληθυσμών και των συγκεντρώσεων τοξινών στα δίθυρα, περιορισμούς στη θήρευση και πώληση των διθύρων και μεταφορά των υδατοκαλλιεργειών ή των περιοχών εκμετάλλευσης διθύρων μακριά από τις περιοχές των HABs.

ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ:

Αν και η Μεσόγειος θεωρείται από τις πλέον oligοτροφικές θάλασσες του κόσμου (φτωχή σε θρεπτικά άλατα, υψηλή βιοποικιλότητα, διαυγής), τα φαινόμενα ευτροφισμού σε ορισμένες παράκτιες περιοχές είναι σημαντικά. Τέτοιες περιοχές είναι αυτές που δέχονται αστικά και γεωργικά κυρίως απόβλητα, τα οποία εισρέουν στη θάλασσα, δυστυχώς χωρίς να έχουν υποστεί επαρκή ή καθόλου επεξεργασία. Οι πλέον ευτροφικές περιοχές είναι περισσότερες στη Βόρεια ακτή της Μεσογείου (π.χ. Αδριατική), όπου υπάρχουν μεγάλα αστικά κέντρα ή εκβολές ποταμών, αλλά και περιοχές, όπως οι εκβολές του Νείλου, έχουν επίσης προβλήματα ευτροφισμού.

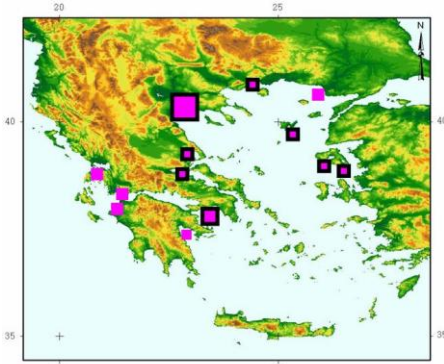


Κατανομή χλωροφύλλης (δείκτης βιομάζας φυτοπλακτού) στη Μεσόγειο, όπως εκτιμήθηκε από δορυφορικές φωτογραφίες SeaWiFS της περιόδου 1998-2000 (UNEP(DEC/MED WG 228/Inf.7, 2003). Χαμηλές τιμές μπλε χρώμα – υψηλές τιμές πράσινο έως κόκκινο χρώμα.

εκβάλλουν ποταμοί ή/και αστικά απόβλητα μεγάλων πόλεων ή/και γεωργικά λύματα. Τέτοιες περιοχές είναι: το βόρειο τμήμα του Σαρωνικού και κυρίως ο κόλπος της Ελευσίνας, το βόρειο τμήμα του Θερμαϊκού, ο Μαλιακός, το εσωτερικό τμήμα του Παγασητικού, ο Αμβρακικός κόλπος, η λιμνοθάλασσα του Αράξου, οι λιμνοθάλασσες του Μεσολογίου, οι κόλποι της Γέρας και Καλλονής, κλπ. Πρέπει να σημειωθεί ότι σποραδικά μπορούν να παρατηρηθούν ευτροφικά φαινόμενα και σε άλλους κόλπους, λόγω κάποιων έκτακτων φαινομένων.

HABs ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ, ΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ, ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ:

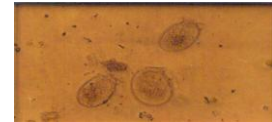
Η φύση των HABs είναι ποικίλη μεταξύ των Ευρωπαϊκών θαλασσών και πιθανά οφείλεται στα διαφορετικά φυτοπλακτονικά είδη που τα προκαλούν σε συνδιασμό με τις περιβαλλοντικές συνθήκες ανά περιοχή. Π.χ. η περίπτωση κάποιων ειδών κυανοβακτηρίων που παράγουν τοξίνες και συσσωρεύονται σε υψηλές βιομάζες και πού είναι μόνιμη απειλή για την Βαλτική θάλασσα. Ένας αριθμός μη τοξικών φυτοπλακτονικών ειδών μπορεί (i) να αλλάξει το χρώμα του θαλασσινού νερού σε πολλές παράκτιες περιοχές στην Ευρώπη, ή (ii) να παράξει τεράστιες ποσότητες δυσάρεστου αφρού (Βόρεια θάλασσα) ή (iii) αντιαισθητική γλοιώδη μάζα (Αδριατική θάλασσα) που επιπλέει και συγκεντρώνεται κατά μήκος των ακτών.



Παράκτιες περιοχές με φαινόμενα ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ και HABS στην Ελλάδα



Κηλίδες από «ερυθρά παλίρροια» στη παραλία της Θεσσαλονίκης, τον Φεβρουάριο 2002. Η «ερυθρά παλίρροια» προκλήθηκε από ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις του είδους *Noctiluca scintillans*. Φωτογραφία: Α. Σουπίλας / Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε.



Το τοξικό δινομαστιγωτό *Dinophysis cf. acuminata* σε δείγματα από τον Θερμαϊκό κόλπο, τον Ιανουάριο 2000. Φωτογραφία: Κ. Πάγκου-Α. Γιαννακούρου ΕΛΚΕΘΕ (ανάστροφο μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός, μεγέθυνση).

Στην Ελλάδα τα φαινόμενα HABS δεν είναι άγνωστα, ιδιαίτερα σε κλειστούς ευτροφικούς κόλπους, όπως ήταν παλαιότερα ο Σαρωνικός και όπως είναι ο Θερμαϊκός κόλπος. Συχνά λοιπόν καταγράφονται «ερυθρές παλίρροιας», ενώ ενδιαφέρον παράδειγμα είναι οι επαναλαμβανόμενες συνήθως κάθε άνοιξη (2000 – έως σήμερα) εμφανίσεις αυξημένων συγκεντρώσεων του δινομαστιγωτού *Dinophysis acuminata* στο Θερμαϊκό, που προκαλεί το Διαρροϊκό σύνδρομο (DSP) σε ανθρώπους που έχουν καταναλώσει δίθυρα της περιοχής, επειδή παράγει τη τοξίνη Οκαδαϊκό Οξύ (Reizoroulou *et al.*, 2008). Τα κύρια συμπτώματα του συνδρόμου είναι διάρροια, εμμετός, ναυτία, πόνοι που διαρκούν τουλάχιστον 3 ημέρες, η τοξίνη είναι ακόμη ηπατοτοξική και καρδιοτοξική, ενώ χρόνια έκθεση στη τοξίνη αυτή μπορεί να προκαλέσει τον σχηματισμό όγκων στο πεπτικό σύστημα. Στο Μαλιακό κόλπο τα τελευταία χρόνια, την περίοδο της άνοιξης έχει επίσης αναφερθεί η εμφάνιση του είδους *Dinophysis acuminata* (Πάγκου αδημοσίευτα δεδομένα). Επίσης στο Μαλιακό κόλπο ένα εκτεταμένο ιχθυοτοξικό bloom καταγράφηκε την άνοιξη 2009, που οφειλόταν στο τοξικό είδος φυτοπλαγκτού *Chattonella sp.* (Pagou *et al.*, 2010). Οι σημαντικές επιπτώσεις των HABS σε κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο γίνονται φανερές από τα παρακάτω στοιχεία που αφορούν στη περίπτωση του Θερμαϊκού κόλπου, όπου οι μυδοκαλλιέργειες αποτελούν το 85% της συνολικής ελληνικής παραγωγής, η οποία ξεπερνά τους 30000 τόνους κατ'έτος, ενώ 70-80% της παραγωγής εξάγεται. Κατά τις περιόδους εμφάνισης των HABS στις αρχές της δεκαετίας του 2000, τα μύδια τα οποία είχαν συσσωρεύσει τοξίνες DSP δεν προωθήθηκαν για πώληση. Μερικούς μήνες αργότερα όταν τα μύδια δεν ήταν πλέον τοξικά, η παραγωγή πωλήθηκε σε χαμηλότερες τιμές. Οι οικονομικές απώλειες υπολογίσθηκαν σε ~3000000 Ευρώ κατ'έτος (Karageorgis *et al.* 2005).

Ο ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ ΣΤΙΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ

Ο ευτροφισμός αποτελεί αντικείμενο διάφορων πολιτικών και οδηγιών της ΕΕ. Συγκεκριμένα, το φυτοπλαγκτό αποτελεί το ένα από τα τρία «Βιολογικά Στοιχεία Ποιότητας» (Biological Quality Elements: BQEs), που ορίζονται από την Οδηγία για τα Υδάτα (Water Framework Directive, WFD, 2000/60/EC) για τον προσδιορισμό της ποιότητας των επιφανειακών νερών. Στα πλαίσια εφαρμογής της WFD σε σχέση με το φυτοπλαγκτό μελετώνται: α) οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης (δείκτης βιομάζας φυτοπλαγκτού), ώστε να συγκριθούν με τιμές αναφοράς και κριτικές τιμές που ορίζουν τα όρια μεταξύ των 5 χαρακτηριστικών τάξεων ποιότητας (Υψηλή, Καλή, Μέτρια, Φτωχή, Κακή), τα οποία καθορίζει η WFD για τα διάφορα ευρωπαϊκά υδατικά περιβάλλοντα και συγκεκριμένα για την Ανατολική Μεσόγειο (Pagou 2008; MEDGIG report, June 2007). Επιπλέον, η σύνθεση των φυτοπλαγκτονικών πληθυσμών και συγκεκριμένα οι επικρατούσες λειτουργικές ομάδες (π.χ. διάτομα έναντι μαστιγωτών ή δινομαστιγωτών) ή η συχνότητα εμφάνισης τοξικών ειδών, είναι επίσης παράμετροι που χρειάζονται για την ολιστική

εκτίμηση του ευτροφισμού, όπως προτείνεται σύμφωνα με την καθοδήγηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EC 2009).

Το 2010 ψηφίστηκε από το Ευρωκοινοβούλιο η Οδηγία Πλαίσιο για τη Θάλασσα Στρατηγική (Marine Strategy Framework Directive 2010/477/EU, MSFD), η οποία έχει ενσωματωθεί στο Ελληνικό Δίκαιο (ΦΕΚ 2929/1-11-2012). Στα πλαίσια της MSFD εξετάζονται όχι μόνο (όπως στην WFD) τα παράκτια και μεταβατικά νερά, αλλά και οι ανοικτές θάλασσες. Σε αυτή την Οδηγία ορίζονται 11 Παράμετροι Ποιοτικής Περιγραφής (Descriptors), εκ των οποίων η Παράμετρος Ποιοτικής Περιγραφής 05 αφορά στον ευτροφισμό και ορίζει ότι για την επίτευξη καλής οικολογικής κατάστασης «Ο ανθρωπογενής ευτροφισμός ελαχιστοποιείται, και ιδίως οι δυσμενείς επιπτώσεις του, όπως απώλειες της βιοποικιλότητας, υποβάθμιση του οικοσυστήματος, η έξαρση επιβλαβούς φυτοπλαγκτού και η έλλειψη οξυγόνου στον βυθό των θαλασσών».

Σύμφωνα με την Οδηγία (2010/477/EU) και το ΦΕΚ 2929/1-11-2012, τίθενται περιβαλλοντικοί στόχοι και δείκτες σε σχέση με τον ευτροφισμό, ως ακολούθως:

α. Περιβαλλοντικοί στόχοι: 1) Μείωση του εισερχόμενου στο θαλάσσιο περιβάλλον οργανικού φορτίου και θρεπτικών συστατικών από σημειακές και μη σημειακές πηγές. 2) Μείωση της νιτρορρυπάνσης από γεωργικές δραστηριότητες προκειμένου να περιοριστούν τα φορτία θρεπτικών συστατικών που καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες.

β. Περιβαλλοντικοί δείκτες: 1) Συγκέντρωση χλωροφύλλης, 2) Παρουσία επιβλαβών ειδών φυκών. 3) Συγκέντρωση, παρουσία μακροφυκών.

Επίσης στα πλαίσια της MSFD τίθενται κριτήρια για την εκτίμηση του ευτροφισμού:

Κριτήριο 1. Επίπεδα Συγκεντρώσεων Θρεπτικών: Συγκεντρώσεις θρεπτικών στη στήλη του νερού, Αναλογίες θρεπτικών (Si, N, P), ανά περίπτωση

Κριτήριο 2. Αμεσες συνέπειες του εμπλουτισμού σε θρεπτικά: Συγκεντρώσεις χλωροφύλλης στη στήλη του νερού, Διαφάνεια του νερού σχετιζόμενη με τη αύξηση των αιωρούμενων φυκών, ανάλογα με την περίπτωση, Αφθονία των ευκαιριακών μακροφυκών, Αλλαγή στη σύνθεση της χλωρίδας όπως λόγος Διατόμων προς Μαστιγωτά, βενθικά προς πελαγικά, και επεισόδια ανθήσεων (bloom) επιβλαβών/τοξικών φυκών, λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων

Κριτήριο 3. Εμμεσες συνέπειες του εμπλουτισμού σε θρεπτικά: Αρνητικές επιπτώσεις στην αφθονία της πολυετούς θαλάσσιας βλάστησης (π.χ. φύκη οικογένειας Fucaceae, θαλάσσια αγγειόσπερμα γένους *Zostera* ή *Posidonia*) λόγω μειωμένης διαφάνειας του νερού, Διαλυμένο Οξυγόνο, όπως αλλαγές στις συγκεντρώσεις του, λόγω αυξημένης αποσύνθεσης οργανικής ύλης και επιφάνεια της περιοχής που αφορά.

Καθίσταται σαφές ότι για τη διατήρηση ή επίτευξη της καλής περιβαλλοντικής κατάστασης και τον περιορισμό εμφάνισης ευτροφικών επεισοδίων απαιτείται: α) η μείωση των εισερχόμενων στο θαλάσσιο περιβάλλον θρεπτικών συστατικών μέσω των ποτάμιων συστημάτων. β) η καθολική και ορθή λειτουργία των Κέντρων Επεξεργασίας Λυμάτων, προκειμένου να περιοριστεί ο εμπλουτισμός σε θρεπτικά συστατικά των παράκτιων περιοχών από τις εκροές αποβλήτων, γ) ο περιορισμός της χρήσης λιπασμάτων στις γεωργικές δραστηριότητες προκειμένου να περιοριστούν τα φορτία θρεπτικών συστατικών που προέρχονται από την απόπλυση εδαφών δ) η μελέτη των κύκλων αζώτου-φωσφόρου και η περιγραφή της χλωριδικής σύνθεσης και αφθονίας των ειδών στο θαλάσσιο περιβάλλον, με έμφαση στις επιβαρυνμένες παράκτιες περιοχές. Προφανώς, οι ιδιαίτερα επιβαρυνμένες περιοχές αποτελούν προτεραιότητα στην εφαρμογή των μέτρων.