



ΠΑΝΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Τμήμα Διεθνών, Ευρωπαϊκών και Περιφερειακών Σπουδών
ΠΜΣ Περιβαλλοντική Διακυβέρνηση και Βιώσιμη Ανάπτυξη
Πρόγραμμα Jean Monnet

Διπλωματική Έρευνα

*Θέμα «Θεσμικές & Πολιτικές Προκλήσεις του φαινομένου της
Οξίνισης των Ωκεανών»*

Επιβλέπων Διδάσκων: **Καθηγητής Γρηγόριος Ι. Τσάλτας**

Επιμέλεια έρευνας:

Κωνσταντίνος Κονδύλης

Ωκεανογράφος ~ Ιχθυολόγος

M.Sc Energy & Environmental Management

B.Sc in Oceanography

Αθήνα, Δεκέμβριος 2017

Ευχαριστίες

Πριν την αναλυτική παρουσίαση αυτής της έρευνας αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Διεθνούς Δικαίου, Γρηγόριο Τσάλτα, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε δίνοντας μου την ευκαιρία να εκπονήσω την διπλωματική μου έρευνα σε ένα αντικείμενο αιχμής για την θαλάσσια επιστήμη και το Διεθνές Δίκαιο, καθώς και για την άρτια επιστημονική του καθοδήγηση που μου παρείχε από τις πρώτες στιγμές του Μεταπτυχιακού αυτού διπλώματος και καθ' όλη την διάρκεια της έρευνας μου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζω στον ερευνητή του Ευρωπαϊκού Κέντρου Περιβαλλοντικής Έρευνας και Κατάρτισης (ΕΚεΠΕΚ) Δρ. Τηλέμαχο Μπούρτζη για τις πολύτιμες επιστημονικές του συμβουλές και υποδείξεις του καθώς και για τις επικοδομητικές συζητήσεις σε σχέση με το αντικείμενο της μελέτης μου.

Τον Δρ. Γεράσιμο Ροδοθεάτο ερευνητή του ΕΚεΠΕΚ ευχαριστώ θερμά, για τις πρόσθετες συμβουλές, αναλύσεις και συζητήσεις για την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ εκφράζω στην οικογένεια μου για τη συμπαράσταση και τη βοήθεια που με κάθε τρόπο μου προσέφεραν.

Κωστής Κονδύλης,
Αθήνα, Δεκέμβριος 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | Σελ |
|---|-----|
| | · |
| <i>Ευχαριστίες</i> | i |
| Περιεχόμενα..... | ii |
| Συντμήσεις..... | iii |
| Πίνακας Σχημάτων..... | iv |
| Περίληψη..... | 1 |
| Εισαγωγή..... | 2 |
| <i>Μέρος 1^ο</i> | |
| Κεφάλαιο 1 ^ο Φαινόμενο της οξίνισης των ωκεανών (Ocean Acidification)..... | 4 |
| 1.1. Η ιστορία και ο ορισμός του φαινομένου..... | 4 |
| 1.2. Η χημεία του CO ₂ στο πεδίο των ωκεανών..... | 10 |
| 1.3. Κλιματική αλλαγή, οι εκπομπές CO ₂ και η οξίνιση των ωκεανών..... | 15 |
| Κεφάλαιο 2 ^ο Επιπτώσεις του φαινομένου της οξίνισης των ωκεανών..... | 17 |
| 2.1. Θαλάσσια βιοποικιλότητα και οικοσυστημικές υπηρεσίες..... | 17 |
| 2.1.1. Οργανισμοί και ο ρόλος της οξίνισης..... | 19 |
| 2.1.2. Οξίνιση των ωκεανών στα ενδιαίτηματα..... | 20 |
| 2.2. Η οικονομική και κοινωνική αξιολόγηση της οξίνισης των ωκεανών..... | 23 |
| 2.2.1. Αλιεία, υδατοκαλλιέργειες, διατροφική ασφάλεια και οικοσυστημικές υπηρεσίες των κοραλλιογενών υφάλων..... | 26 |
| 2.3. Επιπτώσεις της οξίνισης των ωκεανών στις παγκόσμιες θαλάσσιες περιφέρειες..... | 28 |
| <i>Μέρος 2^ο</i> | |
| Κεφάλαιο 1 ^ο Η οξίνιση του ωκεανού: Συμβάσεις – Πλαίσια & Πολιτικά κείμενα..... | 36 |
| 1.1. Συμβάσεις – Πλαίσια..... | 37 |
| 1.2. Διαδικασίες πολιτικής & Πολιτικά κείμενα..... | 43 |
| Κεφάλαιο 2 ^ο Οι νέες προκλήσεις της ανθρωπότητας. Μετριασμός και προσαρμογή..... | 47 |
| 2.1. Μετριασμός..... | 49 |
| 2.2. Προσαρμογή..... | 50 |
| <i>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ~ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ</i> | |
| <i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</i> | |
| <i>Ελληνική</i> | |
| <i>Ξενόγλωσση</i> | |

Συντμήσεις

UNCLOS ~ United Nations Convention on the Law of the Sea

UNFCCC ~ United Nations Framework Convention on Climate Change

CBD ~ Convention on Biological Diversity

SBSTA ~ Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice

COP ~ Conference of the Parties

MOP ~ Meeting of the Parties

FAO ~ Food and Agriculture Organization of the United Nations

IPCC ~ Intergovernmental Panel on Climate Change

UNICPOLOS ~ United Nations Open-ended Informal Consultative Process on Oceans
and the Law of the Sea

MEAs ~ Multilateral Environmental Agreements

MDGs ~ Millennium Development Goals

SDGs ~ Sustainable Development Goals

OHE ~ Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών

ΜΚΟ ~ Μη Κυβερνητική Οργάνωση

ΗΠΑ ~ Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

Πίνακας Σχημάτων

| Σχήμα | Σελ. |
|---|------|
| Σχήμα 1 Διακυμάνσεις στο pH του ωκεανού κατά τα τελευταία 25 εκατομμύρια χρόνια..... | 5 |
| Σχήμα 2 Απεικόνιση της επίπτωσης του αυξημένου CO ₂ της ατμόσφαιρας στις ισορροπίες του συστήματος..... | 7 |
| Σχήμα 3 Διαχρονική εξέλιξη του CO ₂ και του pH μετά την Βιομηχανική Επανάσταση..... | 8 |
| Σχήμα 4 Χρονοσειρές ατμοσφαιρικού CO ₂ στο σταθμό του Mauna Loa στην επιφάνεια του ωκεανού, από τον ωκεάνιο σταθμό ALOHA στον υποτροπικό Βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό..... | 9 |
| Σχήμα 5 Χρονοσειρά της επιφανειακής πίεσης του CO ₂ , του pH και των ιόντων άνθρακα..... | 14 |
| Σχήμα 6 Διαδρομή της οξίνισης των ωκεανών..... | 17 |
| Σχήμα 7 Εκπομπές CO ₂ από τη χρήση ορυκτών καυσίμων και την παραγωγή 5 χωρών και της Ευρωπαϊκής Ένωσης..... | 48 |
| Σχήμα 8 Εκπομπές CO ₂ από τη χρήση ορυκτών καυσίμων και την παραγωγή 5 χωρών και της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανά κάτοικο..... | 48 |

Περίληψη

Η οξίνιση των ωκεανών αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για το περιβάλλον και τις κοινότητες ως ένα κακό δίδυμο της κλιματικής αλλαγής. Η αυξανόμενη συγκέντρωση CO₂ που προέρχεται από την ατμόσφαιρα και προκαλείται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες επιδρά καταλυτικά στη χημεία των ωκεανών και προκαλεί επιπτώσεις στους τέσσερις πυλώνες της Βιώσιμης Ανάπτυξης. Η δυσκολία παρουσιάζεται στη διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσουμε ώστε να κατανοήσουμε πώς μια χημική αντίδραση στη στήλη των ωκεανών μπορεί να επηρεάσει, εκτός από το περιβάλλον, την οικονομία, την κοινωνία και την πολιτική. Επιπρόσθετα, εντοπίζεται ένα νομικό και θεσμικό κενό αναφορικά με την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της οξίνισης των ωκεανών.

Τα ερωτήματα που θα καλυφθούν στην ανάλυση της έρευνας εγείρονται από την ύπαρξη του προαναφερθέντος κενού. Ορισμένα αφορούν το θαλάσσιο περιβάλλον όπως: Αποτελεί το φαινόμενο μια επιπλέον επίπτωση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στο περιβάλλον; Το φαινόμενο της οξίνισης μπορεί να αντιμετωπιστεί σε εθνικό ή τοπικό επίπεδο, ή αποτελεί ένα σαφές παράδειγμα παγκόσμιας ολιστικής προσέγγισης;

Παράλληλα, άλλα αφορούν τον άνθρωπο και τις κοινωνίες, όπως: Η επιρροή του φαινομένου στον κύκλο ζωής των θαλάσσιων οργανισμών έχει βαρύνουσα σημασία στη διατροφική ασφάλεια του ανθρώπου; Ο βιοπορισμός κοινοτήτων νησιωτικών κρατών ή παράκτιων περιοχών επηρεάζεται από το φαινόμενο;

Τέλος, επισημαίνονται τα θεσμικά ερωτήματα, όπως: Ποιό το νομικό πλαίσιο για το φαινόμενο; Θεωρείται επιτακτική η ανάγκη διαμόρφωσης ενός συμβατικού κειμένου, το οποίο θα θεραπεύει αποκλειστικά το φαινόμενο της οξίνισης των ωκεανών; Θα υπάρξει προσαρμογή του ανθρώπου και των δραστηριοτήτων του στις νέες συνθήκες της οξίνισης των ωκεανών; Η ενσωμάτωση του φαινομένου σε πολυμερείς περιβαλλοντικές συμφωνίες θα αποτελέσει ολιστική προσέγγιση του σε διεθνή επίπεδο;

Εισαγωγή

Τα τελευταία 15 χρόνια η οξίνιση των ωκεανών έχει υπάρξει ερευνητική προτεραιότητα για την επιστήμη της θάλασσας και έχει κερδίσει την προβολή της στις πολιτικές ατζέντες. Αν και η ιστορία του φαινομένου είναι σύντομη, η οξίνιση των ωκεανών ενεργοποιήθηκε, όπως και η υπερθέρμανση, από τη βιομηχανική επανάσταση εδώ και 200 χρόνια. Από το 1800 οι ωκεανοί έχουν απορροφήσει περίπου το ένα τρίτο του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Χωρίς αυτή την ικανότητα του ωκεανού να απορροφά τις αέριες ουσίες, τα ατμοσφαιρικά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα θα ήταν υψηλότερα, με αποτέλεσμα οι επιπτώσεις στο κλίμα να ήταν πιο έντονες. Καθώς, η οξίνιση των ωκεανών αυξάνεται είναι πλέον όλο και πιο έντονες οι επιπτώσεις της στους οργανισμούς και τα οικοσυστήματα, δημιουργώντας την ανάγκη για άμεση αντιμετώπιση από τη διεθνή κοινότητα.

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα δεν σέβονται εθνικά σύνορα και το εργαλείο αντιμετώπισης τους είναι η συνεργασία και το διεθνές περιβαλλοντικό δίκαιο. Από τα μέσα του 1980 η ατζέντα του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών για τους ωκεανούς έχει αναπτυχθεί μέσα από διεθνείς συμβάσεις-πλαίσια και περιφερειακές συμφωνίες, όπως η Σύμβαση για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS), η Σύμβαση Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή και η Σύμβαση (UNFCCC) για τη Βιολογική Ποικιλότητα (CBD), δημιουργώντας ένα περιβαλλοντικό καθεστώς που επιχειρεί να προστατεύσει και να διαχειριστεί του πόρους του ωκεανού. Ωστόσο, η αρχική μορφή αυτών των κειμένων δεν εμπεριέχουν νέες απειλές όπως η οξίνιση, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας κ.α..

Οι επιπτώσεις της οξίνισης των ωκεανών επιφέρουν σοβαρές συνέπειες για τη βιοποικιλότητα, τον άνθρωπο, τις κοινότητες και την οικονομία. Επομένως, η υιοθέτηση μέτρων για την προσαρμογή των κοινοτήτων και την ανθεκτικότητα του οικοσυστήματος είναι απαραίτητη.

Οι λύσεις για την οξίνιση των ωκεανών συνδέονται με τη διεθνή δράση για το κλίμα και με τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, ώστε η τροφική αλυσίδα στους ωκεανούς να παραμείνει ανεπηρέαστη και να μην απειλείται ο βιοπορισμός του ανθρώπου. Έτσι, δημιουργείται η ανάγκη για εύρεση λύσεων στο πεδίο του περιβαλλοντικού δικαίου και της διακυβέρνησης. Η αντιμετώπιση του νομοθετικού κενού που υπάρχει μέσα από ένα ήδη υπάρχον καθεστώς ή τη δημιουργία κάποιου νέου αποτελεί ακαδημαϊκό ερώτημα και πεδίο διερεύνησης για τη παρούσα μελέτη.

Η ανάγκη που δημιουργείται από τις κοινότητες που απειλούνται οδηγεί σε συνέργειες με σκοπό την διάχυση της γνώσης, την παρακολούθηση της οξίνισης και την συμμετοχή των κοινοτήτων σε πολιτικές διαβουλεύσεις και δράσεις για τον μετριασμό του φαινομένου με στόχο τη Βιώσιμη Ανάπτυξη.

Μέρος 1^ο

Κεφάλαιο 1^ο

Φαινόμενο της Οξίνισης των Ωκεανών (Ocean Acidification)

1.1. Η ιστορία και ο ορισμός του φαινομένου.

Η σχέση μεταξύ του ανθρώπου και της φύσης αλληλοεπηρεάζεται και αλληλοεπηρεάζει τις συχνές, και σε εκτεταμένη περίοδο, σχέσεις του ωκεανού με την ατμόσφαιρα. Οι υψηλές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα οι οποίες δημιουργούν χημικές αντιδράσεις στην διεπιφάνεια της θάλασσας με τον αέρα καθώς και στη στήλη του νερού αποτελούν κατεξοχήν ερευνητικό πεδίο, τόσο θετικών επιστημόνων ως προς την φυσιολογία του περιβάλλοντος, όσο και κοινωνικο-πολιτικούς ερευνητές για τον αντίκτυπο αυτών στις κοινότητες, οι οποίες απολαμβάνουν τις οικοσυστημικές υπηρεσίες που τους παρέχονται.

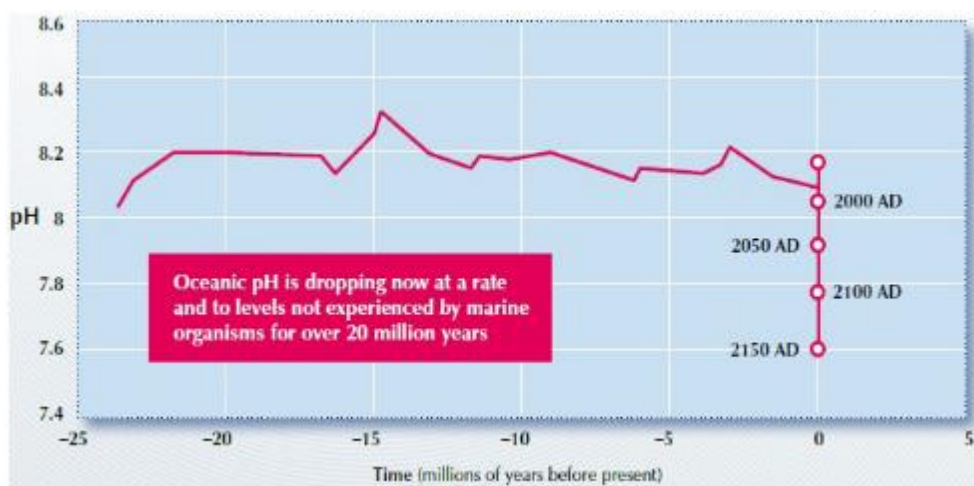
Τις τελευταίες δεκαετίες η άνθιση της έρευνας ως προς τις επιπτώσεις του περιβάλλοντος στις κοινωνίες είναι άμεσος στόχος των θεσμικών οργάνων και των κρατών. Πέραν της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, της αύξησης της θερμοκρασίας οι μελετητές επικεντρώθηκαν και στο φαινόμενο της οξίνισης των ωκεανών, το οποίο έχει όλα τα ανωτέρω χαρακτηριστικά.

Αναγνωρίζοντας ότι οι ωκεανοί καταλαμβάνουν το 70% της επιφάνειας της γης και αποτελούν τις μεγαλύτερες δεξαμενές απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα καθώς και άλλων αερίων, όπως SO_x και NO_x , η διατάραξη των ισορροπιών αυτών των αερίων στην διεπιφάνεια επιφέρουν αρνητικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα¹. Η αυξημένη απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα διαλύεται στην επιφάνεια του ωκεανού, καθώς αντιδρά με το θαλασσινό νερό, συμβαίνουν διάφορες χημικές μεταβολές που είναι γνωστές ως “οξίνιση των ωκεανών” ή ως το “άλλο πρόβλημα του CO_2 ” ή και ως “το κακό δίδυμο της κλιματικής αλλαγής”. Η οξίνιση των ωκεανών είναι ένα αδιαμφισβήτητο γεγονός και οι επιπτώσεις της μπορεί να είναι πολύ μεγάλες και

¹ Βλ. Abbasi T. & Abbasi S. A., Ocean Acidification: The Newest Threat to the Global Environment, publ. Taylor & Francis Group, LLC, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, Vol 41: 1601-1663, 2011, p. 1602-1606.

καταστροφικές σε συνδυασμό με την παρατηρούμενη παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της αλλαγής του κλίματος. Ο ωκεανός δεσμεύει σήμερα το ένα τέταρτο των εκπομπών CO₂ διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες².

Ενώ η κλιματική αλλαγή μπορεί να είναι διάχυτη και δύσκολο να παρακολουθηθεί, η οξίνιση των ωκεανών είναι μετρήσιμο μέγεθος, προβλέψιμο και προοδευτικό. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η τρέχουσα πρόσληψη του CO₂ από τα επιφανειακά ύδατα του ωκεανού - και επομένως η προκαλούμενη μείωση του pH (οξίνιση) του ωκεανού είναι εκατό φορές πιο γρήγορη σε σύγκριση με αντίστοιχες αλλαγές οι οποίες έχουν συμβεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20-25 εκατομμυρίων ετών (Σχήμα 1).



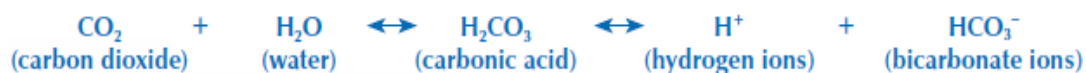
Σχήμα 1. Διακυμάνσεις στο pH του ωκεανού κατά τα τελευταία 25 εκατομμύρια χρόνια (Ocean Acidification Reference User Group, 2010).

Στην περίπτωση αμειώτων εκπομπών CO₂ το επίπεδο της ωκεάνιας οξίνισης θα αυξηθεί κατά τρεις φορές σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα μέχρι το τέλος αυτού του αιώνα, με πιθανολογούμενο χρόνο αποκατάστασης δεκάδες χιλιάδες χρόνια.

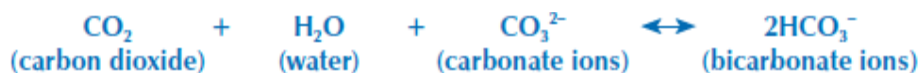
Ως *ocean acidification* ορίζεται η αλλαγή των συνθηκών στον ωκεανό και η μετάβασή του προς πιο όξινες (ή λιγότερο βασικές) συνθήκες λόγω της όλο και μεγαλύτερης αύξησης του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Καθώς το CO₂ της ατμόσφαιρας αυξάνει, εννοείται θερμοδυναμικά αλλά και μέσω των ανταλλαγών του αερίου στη διεπιφάνεια ατμόσφαιρας-θάλασσας η διείσδυση μέρους αυτής της πλεονάζουσας ποσότητας CO₂

² Βλ. Laffoley D. d' A. & Baxter J. M., Ocean Acidification: Questions Answered., Ocean Acidification Reference User Group, European Project on Ocean Acidification (EPOCA), 2010, p. 24.

στα επιφανειακά νερά του ωκεανού προκαλώντας σημαντική μετατόπιση της ισορροπίας οξέων-βάσεων του ωκεανού και μεταβολές στις σχετικές αναλογίες των χημικών μορφών του μεγάλου αποθέματος του διαλυμένου ανόργανου άνθρακα. Επομένως, όσο πιο γρήγορα αυξάνεται το CO₂ στην ατμόσφαιρα τόσο πιο γρήγορα γίνεται η οξίνιση των ωκεανών, η οποία ουσιαστικά αντικατοπτρίζει την επίδραση που ασκεί το CO₂ στον ωκεανό καθώς απορροφάται από το θαλασσίνο νερό και επιπλέον συνοψίζει το σύνολο των διεργασιών που συμβαίνουν όταν αντιδρά με το θαλασσίνο νερό. Δύο αντιδράσεις είναι πολύ σημαντικές, η πρώτη αφορά τον σχηματισμό του ανθρακικού οξέος που στη συνέχεια δίσταται απελευθερώνοντας ιόντα υδρογόνου, αυξάνοντας την οξύτητα και μειώνοντας έτσι το pH:

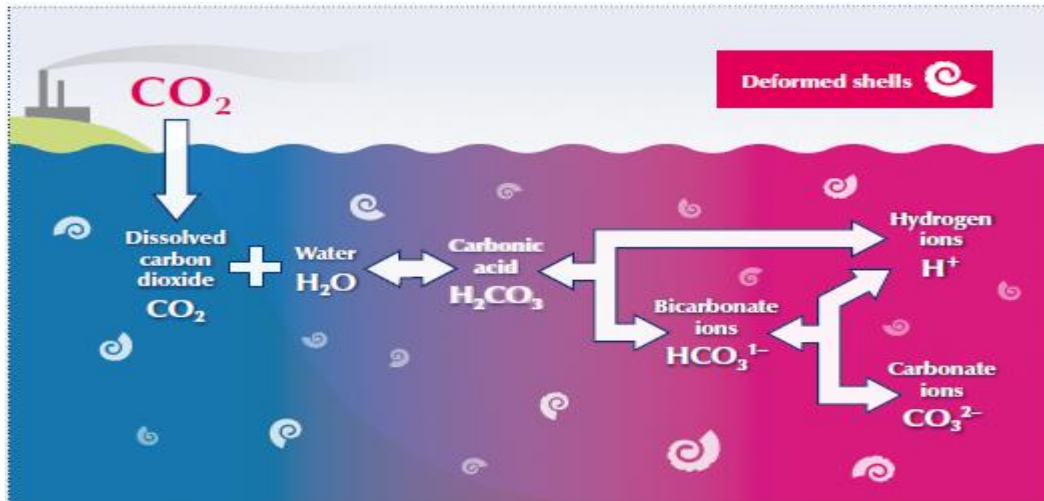


Η δεύτερη αντίδραση συντελείται μεταξύ ανθρακικών ιόντων, διοξειδίου του άνθρακα και νερού και παράγονται όξινα ανθρακικά ιόντα:



Το συνδυασμένο αποτέλεσμα των δύο αυτών αντιδράσεων οδηγεί όχι μόνο στην αύξηση της οξύτητας, αλλά και στην μείωση της διαθεσιμότητας των ανθρακικών ιόντων. Τα ανθρακικά ιόντα απαιτούνται για την ασβεστοποίηση, διαδικασία με την οποία περιγράφεται η παραγωγή ασβεστολιθικών κελυφών και σκελετών (Σχήμα 2)³.

³ Βλ. Laffoley D. d' A. & Baxter J. M., 2010, op. cit.

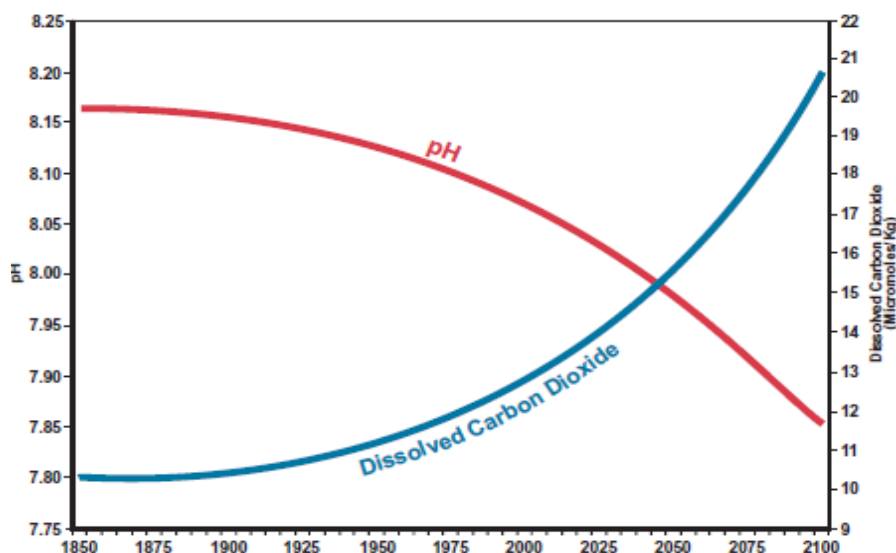


Σχήμα 2. Απεικόνιση της επίπτωσης του αυξημένου CO₂ της ατμόσφαιρα στις ισορροπίες του συστήματος (Πηγή: Ocean Acidification Reference User Group, 2010).

Η μείωση της συγκέντρωσης των ανθρακικών ιόντων έχει μεγάλη βιολογική σημασία, αφού μπορεί να επηρεάσει το ρυθμό με τον οποίο οι θαλάσσιοι οργανισμοί, όπως τα κοράλλια, τα μαλάκια, τα καρκινοειδή, οι αχινοί και ορισμένα φύκια, κατασκευάζουν τα ασβεστολιθικά κελύφη ή σκελετούς τους. Σε συνθήκες με χαμηλό pH (υψηλή οξύτητα) τα ανθρακικά ιόντα είναι λιγότερο διαθέσιμα και επομένως η ασβεστοποίηση είναι δυσκολότερο να επιτευχθεί ή μπορεί να ανασταλεί πλήρως ως και καθόλου.

Αυτή η συνέπεια της οξίνισης των ωκεανών μπορεί να έχει ως εκ τούτου δυνητικά καταστροφικές συνέπειες για τη ζωή στον ωκεανό και για πολλά είδη οικονομικής σημασίας. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι στα ωκεάνια επιφανειακά νερά το pH έχει ήδη μειωθεί κατά 0.1 μονάδα σε σχέση με την προ- Βιομηχανικής Επανάστασης περίοδο, περίπου 200 χρόνια πριν, και είναι πιθανό να μειωθεί κατά 0.4 μονάδες έως το 2100. Στο ωκεάνιο σύστημα δεν έχει συμβεί καμία απότομη και μεγάλη αλλαγή στο pH για τουλάχιστον 650.000 χρόνια και πολλοί θαλάσσιοι οργανισμοί απαιτούν σταθερές συνθήκες για να επιβιώσουν (Σχήμα 3)⁴.

⁴ Βλ. Feely R. A., Sabine C. L., Fabry V. J., Carbon dioxide and our ocean legacy, 2006, www.oceanlegacy.org.



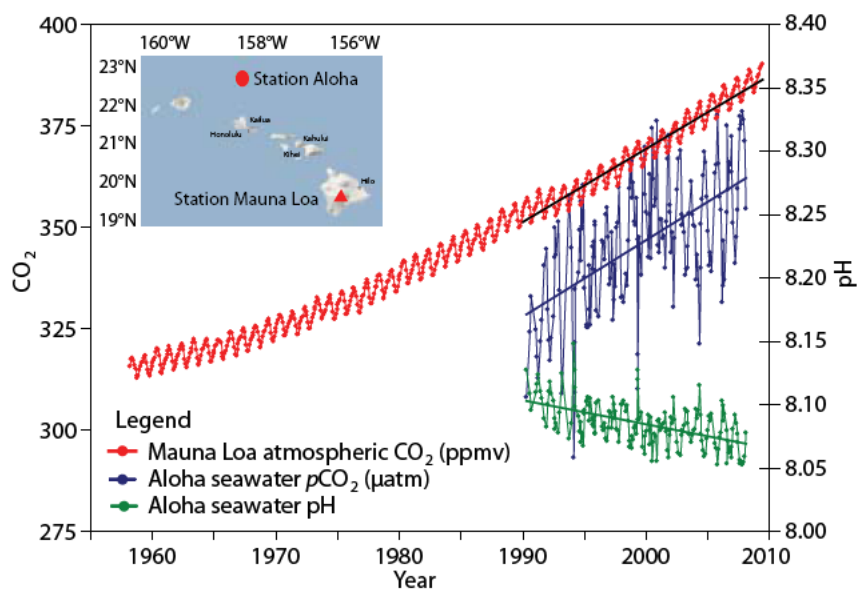
Σχήμα 3. Διαχρονική εξέλιξη του CO₂ και του pH μετά την Βιομηχανική Επανάσταση, συνδυασμός μετρήσεων και προσομοιώσεων. (Feely et al., 2006).

Στην πρόσφατη ιστορία της Γης η ισορροπία οξέων-βάσεων στους ωκεανούς ήταν σχετικά σταθερή. Αυτή η πληροφορία προέρχεται από την έμμεση μέτρηση του pH των ωκεανών και τον υπολογισμό του από τις παγιδευμένες φυσαλίδες αέρα στον πάγο αλλά και από την εξέταση και ανάλυση των παλαιό-συνθηκών χρησιμοποιώντας “αρχεία” τα οποία διατηρούνται σε παγετώνες και σε ιζήματα της Γης.

Έτσι οι καταγραφές από πυρήνες πάγου δείχνουν ότι κατά τη διάρκεια των τελευταίων 800.000 ετών και μέχρι τα μέσα του 19ου αιώνα, τα ατμοσφαιρικά επίπεδα του CO₂ δεν ήταν ποτέ περισσότερο από 280ppmv, διαμορφώνοντας το pH του θαλασσινού νερού περίπου στην τιμή του 8.2. Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι η χημεία του θαλασσινού νερού αλλάζει λόγω της αύξησης του ατμοσφαιρικού CO₂ και ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι η γενεσιουργός αιτία. Η πιο ισχυρή ένδειξη προκύπτει από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορες περιοχές του παγκοσμίου ωκεανού, όπως για παράδειγμα η 20-ετής χρονοσειρά του Ειρηνικού (στα ανοικτά της Χαβάης) που φαίνεται στην (Σχήμα 4)⁵. Αν και υπάρχει έντονη εποχική διακύμανση, φαίνεται πολύ καθαρά η αυξητική τάση της συγκέντρωσης του CO₂ στα επιφανειακά νερά του ωκεανού και η παράλληλη μείωση του pH. Αυτές οι τάσεις ακολουθούν απόλυτα την αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Δεδομένου ότι η κλίμακα

⁵ Βλ. Doney S. C., Balch W. M., Fabry V. J., Feely R. A., Ocean Acidification: a critical emerging problem for the ocean sciences, Oceanography, 2009, Vol 22, p. 16-25.

του pH είναι λογαριθμική η παρατηρούμενη σχετικά μικρή μείωση του pH κατά 0.1 σε σχέση με την προ-βιομηχανική περίοδο, αντιστοιχεί σε αύξηση των ιόντων υδρογόνου (και κατ' επέκταση και της οξύτητας) κατά 30%.



Σχήμα 4. Χρονοσειρές ατμοσφαιρικού διοξειδίου στο σταθμό του Mauna Loa (σε μέρη ανά εκατομμύριο όγκου, ppmv, κόκκινο χρώμα), της μερικής πίεσης του CO₂ (pCO₂) (μatm, μπλε χρώμα) και του pH (πράσινο χρώμα) στην επιφάνεια του ωκεανού από τον ωκεάνιο σταθμό ALOHA στον υποτροπικό Βόρειο Ειρηνικό ωκεανό⁶.

Το pH των επιφανειακών υδάτων αναμένεται στα επόμενα χρόνια να εξακολουθήσει να βαίνει μειούμενο ακόμη και αν ληφθούν δραστικά μέτρα περιορισμού των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂.

⁶ Ibid.

1.2. Η χημεία του CO₂, στο πεδίο των ωκεανών.

Η κατανόηση και η αναγνώριση των χημικών αντιδράσεων στο πεδίο των ωκεανών παρέχουν τη βάση για την επεξήγηση των εννοιών, των επιπτώσεων και της δομής της οξίνισης των ωκεανών ως προς την χημική τους υπόσταση. Η αναφορά των στοιχείων που οικοδομούν την έννοια της οξίνισης κατευθύνουν την πορεία που ακολουθούν οι ερευνητές για τον καθορισμό των επιπτώσεων τους και εν τέλη τις επιπτώσεις της οξίνισης στο περιβάλλον.

Το σύστημα των ανθρακικών ορίζεται από τέσσερις κύριες μεταβλητές, τον ολικό διαλυτό ανόργανο άνθρακα (DIC), την ολική αλκαλικότητα (TA), τη μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα στον αέρα (pCO₂) και το pH⁷.

Εκτός των χημικών παραμέτρων, απαραίτητα είναι επίσης και δύο φυσικά μεγέθη: η αλατότητα και η θερμοκρασία. Η αλατότητα επηρεάζει την ιονική ισχύ του θαλάσσιου περιβάλλοντος και κατά συνέπεια τους συντελεστές ενεργότητας. Η θερμοκρασία επηρεάζει τις φαινόμενες σταθερές διάστασης του ανθρακικού οξέος. Και οι δύο παράμετροι επηρεάζουν τον συντελεστή διαλυτότητας του διοξειδίου του άνθρακα.

Διάφορες αναλυτικές τεχνικές και μεθοδολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση των παραμέτρων του συστήματος του CO₂ στο θαλασσινό νερό, οι οποίες είναι διαθέσιμες στην επιστημονική κοινότητα που μελετά τον κύκλο του άνθρακα μέσω του εγχειρίδιου *Guide to Best Practices for Ocean CO₂ Measurements*⁸ που περιγράφει τις σύγχρονες τεχνικές μέτρησης κάθε μιας από τις παραμέτρους του συστήματος του CO₂.

Ολικός διαλυτός ανόργανος άνθρακας

Πρόκειται για όλες τις ανόργανες μορφές άνθρακα που βρίσκονται σε διαλυμένη μορφή στο θαλασσινό νερό. Μπορεί να μετρηθεί άμεσα με την οξίνιση του δείγματος, ώστε να εξαχθεί και εν συνεχεία να ποσοτικοποιηθεί το παραγόμενο μη ιονισμένο

⁷ Βλ. Blackford J. C., Predicting the impacts of ocean acidification: Challenges from an ecosystem perspective., *Journal of Marine Systems*, 2010, Vol 81, p. 14.

⁸ Βλ. Dickson A. G., Sabine C. L., Christian J. R., *Guide to best practices for ocean CO₂ measurements*, PICES Special Publication 3, 2007, p. 1-191.

διοξείδιο του άνθρακα. Το αποτέλεσμα εκφράζεται σε moles per kilogram του δείγματος και είναι ανεξάρτητο από την θερμοκρασία και την πίεση του δείγματος⁹.

$$\text{DIC} = [\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

Ολική αλκαλικότητα

Η ολική αλκαλικότητα ενός δείγματος θαλασσινού νερού αποτελεί έκφραση της διατήρησης της μάζας του ιόντος υδρογόνου σε σχέση με μία επιλεγμένη μηδενική τιμή αναφοράς. Στον ανοιχτό ωκεανό για τα επιφανειακά νερά μπορεί να προσεγγισθεί από την έκφραση:

$$A_T \approx [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{B}(\text{OH}_4^-)] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+]$$

Η ολική αλκαλικότητα ενός δείγματος θαλασσινού νερού προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας οξύμετρία, δηλαδή μέσω της μέτρησης της περιεκτικότητας του δείγματος σε βάσεις με τιτλοδότηση με πρότυπο διάλυμα οξέος. Επίσης, το αποτέλεσμα εκφράζεται σε moles per kilogram του διαλύματος και είναι ανεξάρτητο από την θερμοκρασία και την πίεση του δείγματος. Έτσι, παρόλο που η συγκέντρωση του καθενός από τα επιμέρους μεγέθη επιφέρει αλλαγές στην αλκαλικότητα όταν αλλάζει η θερμοκρασία και η πίεση, ο συγκεκριμένος γραμμικός συνδυασμός αυτών των συγκεντρώσεων που δίνονται στην παραπάνω εξίσωση παραμένει σταθερός¹⁰.

Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου

Η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου στο θαλασσινό νερό αναφέρεται ως pH και εκφράζεται:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

όπου $\lg x = \log_{10} x$.

⁹ Βλ. Thompson A., Taylor B. N., Guide for the use of the International System of Units (SI). NIST Special Publication, 2008, Vol 811, p. 1-85.

¹⁰ Ibid.

Το pH ενός δείγματος θαλασσινού νερού μπορεί να μετρηθεί με δύο αναλυτικές τεχνικές: ποτενσιομετρικά, χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδιο το οποίο είναι ευαίσθητο στα ιόντα υδρογόνου σε συνδυασμό με ένα κατάλληλο ηλεκτρόδιο αναφοράς και φασματοφωτομετρικά, χρησιμοποιώντας κατάλληλο έγχρωμο πρωτολυτικό δείκτη (π.χ. m-cresol) που προστίθεται στο δείγμα και από το φάσμα απορρόφησης της όξινης και της βασικής μορφής του δείκτη προκύπτει το pH. Να σημειωθεί ότι το pH ενός συγκεκριμένου δείγματος θαλασσινού νερού εξαρτάται άμεσα από την θερμοκρασία και την πίεση του οπότε εάν μία από αυτές τις παραμέτρους αλλάξει, τότε θα αλλάξει και το pH¹¹.

Η μέτρηση του pH περιπλέκεται λόγω των ιδιαίτερων χημικών ιδιοτήτων του θαλασσινού νερού και για αυτό τον λόγο υπάρχουν διαφορετικές κλίμακες pH στην χημική ωκεανογραφία.

Μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα (pCO₂)

Η μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα στον αέρα, σε κατάσταση ισορροπίας με ένα δείγμα θαλασσινού νερού (σε συγκεκριμένη θερμοκρασία), είναι ένα μέτρο του βαθμού κορεσμού του δείγματος σε αέριο CO₂. Η pCO₂ ενός συγκεκριμένου δείγματος θαλασσινού νερού εξαρτάται σημαντικά από τη θερμοκρασία και αλλάζει περίπου κατά 4.2% ανά °Kelvin. Η μερική πίεση ενός αερίου σε ένα μείγμα δίνεται από την έκφραση:

$$p(\text{CO}_2) = \chi(\text{CO}_2)p$$

όπου $\chi(\text{CO}_2)$ είναι το γραμμομοριακό κλάσμα του CO₂ στην αέρια φάση (αέρας) και p είναι η συνολική πίεση¹².

Η ανωτέρω αναφορά των στοιχείων που μελετούνται για την οξίνιση των ωκεανών αποτελούν μια θεωρητική επιστημονική βάση, όπως έχει προαναφερθεί, και προέρχονται από την επικρατέστερη αιτία από την οποία προκαλείται το φαινόμενο, τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μέσω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Η αύξηση του ποσοστού των εκπομπών τις τελευταίες δεκαετίες

¹¹ Ibid.

¹² Ibid.

μαρτυρούν την επιβάρυνση που επιδέχεται το περιβάλλον από την βιομηχανική εποχή μέχρι τις μέρες μας, το ποσοστό αυτό είναι περίπου ένα εκατομμύριο μετρικούς τόνους διοξειδίου ανά ώρα και ισοδυναμεί με το 25% των συσσωρευμένων εκπομπών¹³. Ταυτόχρονα, χωρίς την απορρόφηση διοξειδίου από την επιφάνεια των ωκεανών η συγκέντρωση των ανθρακικών στην ατμόσφαιρα θα ήταν περίπου 450 ppm, περίπου 60 ppm υψηλότερα από τις σημερινές τιμές.

Έτσι, το πολύπλοκο σύστημα της διεπιφάνειας, ωκεανού και ατμόσφαιρας, για την απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα επιδέχεται σοβαρές επιπτώσεις εκφραζόμενες μέσω της χημείας του ωκεανού, έχοντας πάντα ως επιπλέον βάρος την αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος.

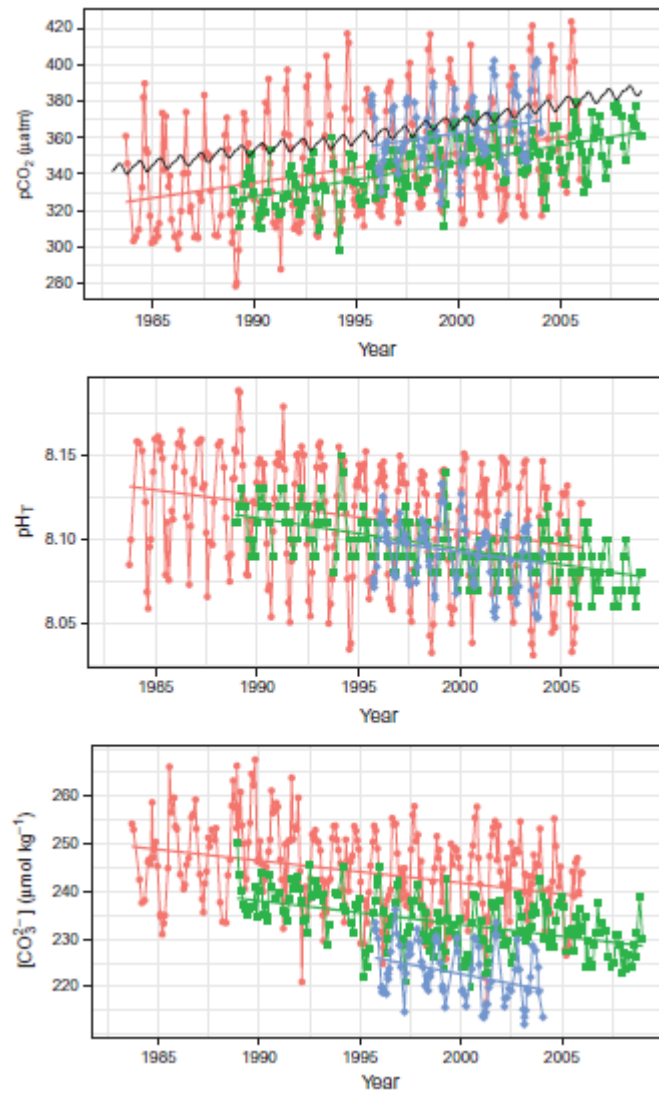
Σημαντικός παράγοντας για τις εκπομπές του διοξειδίου, είναι ο χρόνος. Αρχικά, για τη διανομή των εκπομπών σε όλη την ατμόσφαιρα απαιτείται περίπου ένας χρόνος, όπως επίσης ο ίδιος χρόνος για τις αντιδράσεις στην στήλη του θαλασσινού νερού. Ωστόσο, οι πρώτες αντιδράσεις στην διεπιφάνεια λαμβάνουν χώρα στιγμιαία, σε αντίθεση με τις χημικές δραστηριότητες στο βυθό οι οποίες μετρούν ως και χίλια χρόνια, δέκα χιλιάδες ή/και εκατό χιλιάδες χρόνια στις περιπτώσεις μέλετης ωκεάνιων ανθρακικών ιζημάτων¹⁴.

Όπως έχει προαναφερθεί υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, του pH των ωκεανών και της συγκέντρωσης ιόντων άνθρακα. Για τον Ειρηνικό ωκεανό και τον Ατλαντικό, με την χρήση μοντέλου χρονοσειράς εντοπίζεται μείωση του pH, το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα βρίσκεται σε ένα εύρος από 280 ppm ως 400 ppm (Σχήμα 5)¹⁵.

¹³ Βλ. Turley C., Ocean Acidification, In Noone K. J., Sumaila U. R., Diaz R. J., Managing Ocean Environments in a Changing Climate: Sustainability and Economic Perspectives, Elsevier Inc, Oxford, 2013, Chapter 2, p. 15-25.

¹⁴ Βλ. Archer D., Fate of fossil fuel CO₂ in geologic time, Journal of Geophysical Research, 2005, Vol 110, p. 1-6.

¹⁵ Βλ. Orr J. C., Resent and Future Changes in Ocean Carbonate Chemistry. In Gattuso J. P., Hansson L., Ocean Acidification, Oxford University Press, Oxford, 2011, Chapter 3, p. 41-66.



Σχήμα 5: Χρονοσειρά της επιφανειακής πίεσης διοξειδίου του άνθρακα, του pH και των ιόντων άνθρακα¹⁶.

¹⁶ Ibid.

1.3. Κλιματική Αλλαγή, οι εκπομπές CO₂ και η Οξίνιση των ωκεανών.

Η οξίνιση των ωκεανών ως το «κακό δίδυμο» της κλιματικής αλλαγής, συνδέεται με την υπερθέρμανση του πλανήτη και την καύση ορυκτών καυσίμων, και καθορίζεται από τις προηγούμενες εκπομπές διοξειδίου δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο ένα παγκόσμιο πρόβλημα το οποίο χρήζει ολιστικής προσέγγισης, αντίστοιχα με της κλιματικής αλλαγής.

Οι συνθήκες οι οποίες έχουν δημιουργηθεί τουλάχιστον εδώ και ένα εκατομμύριο έτη χαρακτηρίζονται μοναδικές για την ατμοσφαιρική σύνθεση του συστήματος της Γης, ως προς τις δραστηριότητες του ανθρώπου, τις εκπομπές άνθρακα και την γεωχημική κατάσταση του ωκεανού, προκαλώντας διαταραχές στο κλίμα. Οι χημικές αντιδράσεις στην διεπιφάνεια, στη στήλη του νερού και στα θαλάσσια ιζήματα μεταβάλλονται, όπως έχει προαναφερθεί, από την αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και την κλιματική αλλαγή, εξίσου σημαντικός παράγοντας.

Με τη χρήση ατμοσφαιρικών-ωκεάνιων κλιματικών μοντέλων και μέσω ανάλυσης τους, καταλήγουμε ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου αυξάνει σε ποσοστό την συγκέντρωση ανθρακικών ιόντων στην επιφάνεια του ωκεανού, ωστόσο αυτό το ποσοστό ισοσκελίζεται με λιγότερο από 10% της μείωσης των αυξημένων εκπομπών διοξειδίου για τον 21^ο αιώνα¹⁷. Έτσι, οι χημικές αλλαγές λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι λιγότερες σε μεγάλο βαθμό σε σύγκριση με την εισβολή των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂¹⁸.

Ωστόσο, η αύξηση του ρυθμού των εκπομπών CO₂ και ο συνδυασμός με τα αέρια του θερμοκηπίου¹⁹ επιδεινώνουν την δέσμευση ακτινοβολίας σε μεγαλύτερο βαθμό σήμερα, ξεπερνώντας την Βιομηχανική Εποχή και οποιαδήποτε άλλη συγκρίσιμη περίοδο, με κυριότερη παρατήρηση ότι με την παράλληλη αύξηση των εκπομπών

¹⁷ Η μελέτη του Αρκτικού Ωκεανού πραγματοποιήθηκε μέσω διαφορετικού κλιματικού μοντέλου, διαπιστώνοντας ότι η ανθρωπογενείς εκπομπές επιδεινώνουν την μείωση των ανθρακικών ιόντων κατά 34% στην επιφάνεια της Αρκτικής έως το 2100, με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται η ανάπτυξη οργανισμών κατά τη διάρκεια της ασβεστοποίησης (ανάλυση στο Κεφ. 1.1.).

¹⁸ Βλ. Cao L., Caldeira K., Jain A. K., Effects of carbon dioxide and climate change on ocean acidification and carbonate mineral saturation, *Geophysical Research Letters*, 2007, Vol 34, p. 1-5.

¹⁹ Αέρια του θερμοκηπίου, μεθάνιο και υποξείδιο του αζώτου.

υπάρχει ταυτόχρονη μείωση του pH της θάλασσας²⁰. Επιπλέον στοιχεία τα οποία έχουν παρατηρηθεί είναι η αύξηση της μέσης τιμής της στάθμης της θάλασσας σε παγκόσμιο επίπεδο, η αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών, η υποχώρηση μαζών πάγου στην Αρκτική και η αλλαγή στα πρότυπα εξάτμισης²¹. Οι πιθανές τιμές εκπομπών για τον 21^ο αιώνα οδηγούν σε περαιτέρω υπερθέρμανση του πλανήτη και βάσει τα σενάρια εκπομπών η τιμή του επιφανειακού pH θα μειωθεί²².

Επομένως, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, η κλιματική αλλαγή και η οξίνιση των ωκεανών αποτελούν ένα ενιαίο συνδεδεμένο σύστημα. Η σκέψη αυτή προέρχεται και από το Άρθρο 2 της Σύμβασης Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή²³. Παράλληλα, μέσω του συμπεράσματος αυτού οδηγούμαστε πως για να αντιμετωπίσουμε ένα από τα ανωτέρω προβλήματα θα πρέπει ταυτόχρονα να αντιμετωπιστούν και τα υπόλοιπα δυο που περισσεύουν. Έτσι, ο μετριασμός, που στις περιπτώσεις αυτών των παγκόσμιων προβλημάτων θεωρείται ως λύση, απαιτείται να είναι ταυτόχρονος ώστε να μην απειλούνται οι ανθρώπινες κοινωνίες.

²⁰ Βλ. Doney S. C., Fabry V. J., Feely R. A., Kleypas J. A., Ocean acidification: the other CO₂ problem, *Annual Review of Marine Science*, 2009, Vol 1, p. 169-192.

²¹ Η δεκαετία 2000-2009 ήταν σε παγκόσμιο επίπεδο η θερμότερη (<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>).

²² Η μείωση θα είναι μεταξύ 0.14 και 0.35 μονάδες. IPCC, Metz B., Davidson O. R., Bosch P. R., Dave R., Meyer L. A., *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 2007, Cambridge.

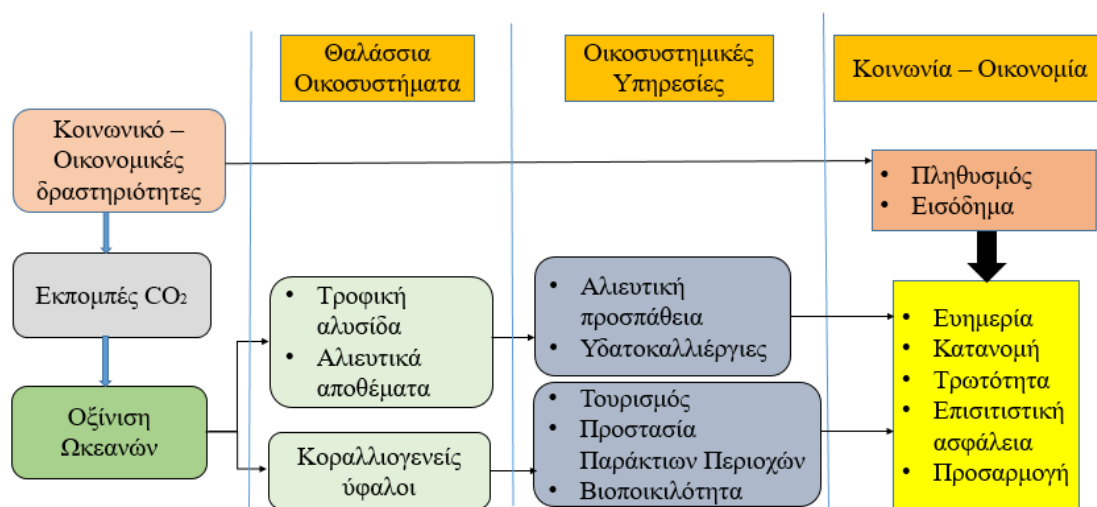
²³ Βλ. 'to achieve . . . stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system. Such a level should be achieved within a time frame sufficient to allow ecosystems to adapt naturally to climate change . . .' United Nations Framework Convention on Climate Change, εγκρίθηκε στις 9 Μαΐου 1992, τέθηκε σε ισχύ 21 Μαρτίου 1994, New York, Διαθέσιμο στο: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>

Κεφάλαιο 2^ο

Επιπτώσεις του φαινομένου της Οξίνισης των ωκεανών.

2.1. Θαλάσσια Βιοποικιλότητα και οικοσυστημικές υπηρεσίες.

Τα θαλάσσια οικοσυστήματα διαμορφώνουν και διατηρούν μια ροή ενέργειας μέσω των διακυμάνσεων που υπάρχουν στις μορφές ζωής και αποτελούν την βιοποικιλότητα των ωκεανών. Από τη βάση της τροφικής αλυσίδας, τα μικρόβια, ως την κορυφή, τις φάλαινες και από τα επιφανειακά νερά ως τα αβυσσικά πεδία η κοινωνία βασίζεται στη βιοποικιλότητα και τη λειτουργία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων μέσω ενός ευρέος φάσματος υπηρεσιών, όπως η παραγωγή και η κατανάλωση θαλασσινών καθώς και του οξυγόνου που αναπνέουμε²⁴. Επιπλέον υπηρεσίες που σχετίζονται με την βιοποικιλότητα και τη λειτουργία των οικοσυστημάτων αλλά δεν είναι τόσο εμφανείς, είναι οι τουριστικές δραστηριότητες, η ποιότητα του νερού, η επεξεργασία αποβλήτων, η προστασία παράκτιων περιοχών και η εκπαίδευση²⁵ (Σχήμα 6).



Σχήμα 6: Διαδρομή της Οξίνισης των ωκεανών.

Οι αυξανόμενες ανθρώπινες δραστηριότητες και οι επιπτώσεις των εκπομπών τους, παράλληλα με το φαινόμενο της οξίνισης έχουν προκαλέσει σημαντικές μεταβολές

²⁴ Βλ. FAO. The state of world fisheries and aquaculture (2008), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009, Rome, Italy.

²⁵ Βλ. Cooley S. R., Kite-Powell H. L., Doney S. C., Ocean acidification's potential to alter global marine ecosystems services. Oceanography, 2009, Vol 22, p. 172–181.

στο οικοσύστημα και τους πόρους, τα οποία είναι σημαντικά για την κοινωνία. Να τονιστεί ότι το φαινόμενο της οξίνισης εντείνεται μέσα σε αυτόν τον αιώνα και δεν έχει παρατηρηθεί ευρέως, καθώς είναι αρκετά δύσκολο να ανιχνευτεί, σε σχέση με άλλα φαινόμενα, καθιστώντας το με αυτό τον τρόπο και αρκετά επικίνδυνο για τις κοινωνίες.

Οι διάφορες περιβαλλοντικές αλλαγές αναμένεται να μειώσουν τη σταθερότητα και την παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων για τα διάφορα είδη τα οποία αποτελούν μέρος της τροφικής αλυσίδας. Στηριζόμενοι σε αυτή την θεώρηση, οι επιστήμονες που μελετούν την οξίνιση επικεντρώθηκαν στην απόδοση και την επιβίωση ειδών, στον εγκλιματισμό τους και στην τυχόν προσαρμογή τους στις νέες συνθήκες μέσω ελεγχόμενων πειραμάτων, περιορισμένα σε χρόνο και χώρο²⁶. Ταυτόχρονα, αυτός ο στόχος τους για την μελέτη των ειδών, αποτέλεσε και ορμητήριο ως προς την μετακύλιση της έρευνας για τις επιπτώσεις της οξίνισης στον άνθρωπο. Επομένως, για να υπάρξει σωστό σχέδιο αντιμετώπισης του φαινομένου για το μέλλον, η κοινωνία απαιτείται να γνωρίζει όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες μπορεί να αντλήσει, από τον τρόπο που σχηματίζεται το φαινόμενο, το πώς λειτουργεί και ποιές οι πιθανές επιπτώσεις του σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον.

Μέσα σε αυτό το μεταβαλλόμενο περιβάλλον, ο ρυθμός και το μέγεθος των αλλαγών στη χημεία των ωκεανών, σε αντιστάθμιση με τα ποσοστά εγκλιματισμού, προσαρμογής και μετριασμού των θαλάσσιων οργανισμών, θα μας δώσουν τις απαντήσεις για την πορεία της βιοποικιλότητας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων από τις επιπτώσεις της οξίνισης. Η εξελικτική πρόκληση των θαλάσσιων ειδών, λόγω των αλλαγών στο ωκεάνιο pH και τις υψηλές ποσότητες CO₂, είναι πιθανό να μας δώσει μια νέα γενετική ποικιλότητα, οδηγώντας ίσως ευαίσθητα είδη προς εξαφάνιση²⁷. Το φαινόμενο της οξίνισης δεν είναι απαραίτητο ότι θα ευθύνεται εξ' ολοκλήρου για την εξαφάνιση των ειδών, και αυτό, διότι σε ορισμένα είδη έχουν σημαντικό ρόλο και οι βιολογικές αλληλεπιδράσεις στον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η διατροφική αλυσίδα και η ποιότητα των οικοτόπων²⁸. Κατά συνέπεια,

²⁶ Perturbation experiments

²⁷ Βλ. Doney S. C., Fabry V. J., Feely R. A., Kleypas J. A., 2009, op. cit.

²⁸ Βλ. Hofmann G. E., Barry J. P., Edmunds P. J., et al. The effect of ocean acidification on calcifying organisms in marine ecosystems: an organism to ecosystem perspective, Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 2010, Vol 41, p. 127–147.

σε σχέση με την οξίνιση, σε συνδυασμό με τις βιολογικές επιπτώσεις, είναι δυνατή μια αναδιάταξη της δομής των θαλάσσιων κοινοτήτων και της λειτουργίας των οικοσυστημάτων εάν επηρεάζονται βασικά είδη.

2.1.1. Οργανισμοί και ο ρόλος της οξίνισης.

Η χημεία των ανθρακικών στους ωκεανούς επηρεάζει αρκετές φυσικές διεργασίες, όπως της φωτοσύνθεσης, της ασβεστοποίησης, της ομοιόστασης οξέως-βάσεως, την αναπνοή, την ανταλλαγή αερίων στη διεπιφάνεια και τον ρυθμό του μεταβολισμού²⁹. Παράλληλα, οι πρωτογενείς παράγωγοι, όπως ο πληθυσμός φυτοπλαγκτού και τα βακτήρια, υπάρχει πιθανότητα να παραμείνουν ανεπηρέαστα από τις υψηλές τιμές άνθρακα. Αντίθετα, κάποιοι αυτότροφοι οργανισμοί, θα αποτελέσουν τα θύματα του φαινομένου, παράδειγμα τα κοκκολιθοφόρα, τα οποία για την ανάπτυξη τους το ανθρακικό ασβέστιο είναι περιοριστικός παράγοντας σε συνθήκες υψηλών τιμών άνθρακα στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Οι συνθήκες υψηλού άνθρακα αποφέρουν μειωμένους ρυθμούς ασβεστοποίησης, σύμφωνα με πειράματα σε μεσόκοσμους ή σε πειράματα διαταραχής σε ελεγχόμενο χρόνο και χώρο³⁰.

Ακόμα και τα είδη τα οποία είναι ανθεκτικότερα στις ανωτέρω τιμές και εν συνεχεία σε χαμηλές τιμές pH, ως αποτέλεσμα των πρώτων αναμένεται να έχουν αλλαγμένες βιολογικές λειτουργίες και ενεργειακή ροή στην τροφική αλυσίδα. Επιπλέον, επίπτωση για τα είδη είναι το στρες που θα ακολουθήσει από την οξίνιση και θα οδηγήσει σε μειωμένη ανάπτυξη, μέγεθος, αναπαραγωγή και στο τέλος τίθεται η επιβίωση.

Πολλά είδη, όπως τα μύδια, σε οικοτόπους με μεταβλητές ή χαμηλές τιμές pH διαθέτουν φυσική προσαρμογή και ευδοκιμούν σε υποξικά ή με χαμηλό pH περιβάλλοντα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν υστερούν σε απόδοση λόγω αυξημένου άνθρακα και κατά συνέπεια, λόγω ασβεστοποίησης. Παράδειγμα,

²⁹ Βλ. Barry P. J., Widdicombe S., Hall-Spencer J. M., Effects of ocean acidification on marine biodiversity and ecosystem function, eds Gattuso J. P., Hansson L., Ocean Acidification, Oxford University Press, Oxford, 2011, p.193.

³⁰ Βλ. EPOCA, European Project on Ocean Acidification, 2008, France, European Union.

αποτελούν τα καλαμάρια, στα οποία παρατηρείται μείωση 45% της απόδοσης σε pH μειωμένο κατά 0.3 μονάδες³¹.

Είδη τα οποία έχουν άμεση ανταλλαγή με την χημεία του εξωτερικού τους περιβάλλοντος, όπως τα εχινόδερμα, τα σφουγγάρια κ.α. διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο από την οξίνιση των ωκεανών, λόγω της ανταλλαγής που έχουν με το θαλασσινό νερό μέσω διάχυσης από τους ιστούς τους³². Ο κίνδυνος εντείνεται και για έναν επιπλέον λόγο, την σύσταση των σκελετικών δομών τους, η οποία αποτελείται σε μεγάλο μέρος από ανθρακικό ασβέστιο, CaCO₃, το οποίο αντιδρά άμεσα με τον επιπλέον άνθρακα στο νερό.

Το ανθρακικό ασβέστιο έχοντας σημαντικό ρόλο στη δομή και το χτίσιμο των οργανισμών έχει αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα για είδη όπως, τα κοράλλια που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη μείωση ασβεστοποίησης σε χαμηλό pH, τα κοκκολιθοφόρα και τα μαλάκια τα οποία έχουν ασθενή, μεταβλητή ή μηδενική μεταβολή στην ασβεστοποίηση και τέλος τα δίθυρα με μειώσεις στην απόδοση τους, σε μεμονωμένες μελέτες³³.

2.1.2. Οξίνιση των ωκεανών στα ενδιδαιτήματα.

Μεταξύ οικοτόπων, πρέπει να γίνει ξεκάθαρο ότι, ο κίνδυνος αλλαγής της βιοποικιλότητας και της λειτουργίας των οργανισμών λόγω της οξίνισης, διαφέρει. Παράγοντες όπως, η θερμοκρασία, ο κορεσμός ασβεστίτη και αραγωνίτη³⁴, η διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα σε ψυχρότερες ή θερμότερες περιοχές, η βιολογική παραγωγικότητα και η χημεία των ανθρακικών επιφέρουν διαφοροποιημένες επιπτώσεις σε οργανισμούς και ενδιδαιτήματα.

Στα ενδιδαιτήματα των επιφανειακών υδάτων, το φυτοπλαγκτόν, που αποτελεί κυρίαρχο «κάτοικο» τους, δέχεται αναδιαμόρφωση λόγω της οξίνισης και του φαινομένου του θερμοκηπίου. Παράλληλα, στη στήλη και στον βυθό της

³¹ Βλ. Barry P. J., Widdicombe S., Hall-Spencer J. M., 2011, op. cit. p.197.

³² Βλ. Miles H., Widdicombe S., Spicer J. I., Hall-Spencer J., Effects of anthropogenic seawater acidification on acid-base balance in the sea urchin *Psammechinus miliaris*, Marine Pollution Bulletin, 2007, Vol 54 , p. 89–96.

³³ Βλ. Hendriks I. E., Duarte C. M., Alvarez M., Vulnerability of marine biodiversity to ocean acidification: a meta-analysis. Estuarine, Coastal and Shelf Science , 2010, Vol 86 , p. 157–164.

³⁴ Ως αραγωνίτης αναγνωρίζεται το ανθρακικό ασβέστιο.

θάλασσας, τα βακτήρια, και συγκεκριμένα τα κυανοβακτήρια, δημιουργήθηκαν στη διάρκεια της ιστορίας της γης σε συνθήκες με υψηλές τιμές CO₂, επομένως ίσως ωφεληθούν σε βάθος χρόνου από την οξίνιση των ωκεανών³⁵.

Από την επιφάνεια των ωκεανών, προχωράμε στα βαθιά ενδιαιτήματα, στα οποία η βιοποικιλότητα τους δέχεται σημαντικές αλλαγές λόγω αυξημένης δέσμευσης του ασβεστίου, σύμφωνα με τις χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στη στήλη του νερού μέσω της οξίνισης των ωκεανών. Παράδειγμα, τέτοιων ενδιαιτημάτων αποτελούν τα κοράλλια.

Οι κοραλλιογενείς κοινότητες χαρακτηρίζονται για την μεγάλη ποικιλία ειδών στο ίδιο ενδιαίτημα καθιστώντας αυτούς τους οικοτόπους σημεία μελέτης ερευνητών για την απώλεια βιοποικιλότητας. Οι επιστήμονες επισημαίνουν για έναν επιπλέον λόγο την αξία των κοραλλιογενών υφάλων, ότι απαιτούν αρκετό χρόνο για να ανακτηθούν σε περίπτωση απώλειας τους. Αυτό συμβαίνει διότι έχουν αργούς ρυθμούς ανάπτυξης με αρκετά είδη να έχουν ηλικία δεκάδων ετών ή και αιώνων.

Οι σχέσεις μεταξύ των κοινοτήτων στην επιφάνεια και στη βαθιά θάλασσα έχουν ως σημείο αναφοράς τις αντιδράσεις του άνθρακα με τη χημεία του θαλασσινού νερού. Οι χημικές αντιδράσεις παράλληλα με άλλες περιβαλλοντικές αλλαγές, πέραν της οξίνισης, και σε συνδυασμό με τις αλληλεπιδράσεις του οξυγόνου στα επιφανειακά ύδατα, προκαλώντας με αυτές τις διαδικασίες οργανικά υπολείμματα επηρεάζουν τα βαθυπελαγικά, αβυσσικά και βενθικά οικοσυστήματα και οργανισμούς.

Αυτές οι δυνητικές επιπτώσεις από την οξίνιση των ωκεανών μέσω αυξημένων ανθρακικών στον βιολογικό κύκλο ζωής των ειδών δεν είναι δυνατόν να κατανοηθούν πλήρως, λόγω των αρκετών παραγόντων και συνιστωσών σε ένα ενδιαίτημα. Επομένως, ο συσχετισμός των αυξημένων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα, με την τροφική αλυσίδα, τη δομή και τη λειτουργία των οργανισμών και τη μειωμένη μέση τιμή του pH επιφέρει πολλαπλές αλλαγές και επιπτώσεις αποτελώντας σημαντικό πεδίο έρευνας για τους θετικούς επιστήμονες, όσο και για τους κοινωνικούς και πολιτικούς ερευνητές, καθώς μια αλλαγή στο περιβάλλον, επιφέρει μια αλλαγή στην κοινωνία, και κατ'επέκταση μια αλλαγή στον άνθρωπο,

³⁵ Hutchins D. A., Mulholland M. R., Fu F., Nutrient cycles and marine microbes in a CO₂ enriched ocean. *Oceanography*, 2009, Vol 22 , p. 130.

ρόλος του οποίου είναι η προστασία του ισότιμα, είτε με ανθρωποκεντρική είτε με οικοσυστημική ματιά ώστε να εξελιχθούν παράλληλα και με βιώσιμο τρόπο³⁶.

Τα παράκτια οικοσυστήματα, οι κοραλλιογενείς ύφαλοι, οι εκβολές ποταμών και άλλα συστήματα τα οποία βρίσκονται σε άμεση σχέση με τις δραστηριότητες του ανθρώπου για διατροφή³⁷ ή αναψυχή απειλούνται από την οξίνιση των ωκεανών και άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις³⁸. Τα παράκτια αυτά συστήματα χαρακτηρίζονται από διάφορες φυσικές, βιολογικές και χημικές διεργασίες και ποικίλουν σε γεωγραφικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά, επομένως και η ευαισθησία τους στην οξίνιση των ωκεανών θα ποικίλει.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα οικοσυστήματος το οποίο επηρεάζεται, όπως έχει προαναφερθεί, από την οξίνιση είναι οι κοραλλιογενείς ύφαλοι. Οι κοραλλιογενείς κοινότητες σχηματίζουν την δομή τους μέσω διεργασιών της καθίζησης του CaCO₃ δημιουργώντας επιπρόσθετα ενδιαιτήματα και για άλλα είδη. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια λόγω οξίνισης και αύξησης της μέσης τιμής της θερμοκρασίας υφίστανται διάβρωση δημιουργώντας επιπλέον προβληματισμούς.

Αν και μέχρι τις πρόσφατες έρευνες δεν έχουμε σαφή εικόνα για τις μελλοντικές αλλαγές στη λειτουργία των οικοσυστημάτων λόγω της οξίνισης, πολλά στοιχεία δείχνουν ότι η οξίνιση θα έχει όλο και περισσότερα αποτελέσματα σε θαλάσσιους οργανισμούς και σε υπηρεσίες του οικοσυστήματος για την κοινωνία, με τις μεγαλύτερες επιπτώσεις στις νησιωτικές χώρες που βασίζονται στην αλιεία και δεν έχουν την δυνατότητα δημιουργίας καλλιέργειας³⁹.

Ταυτόχρονα, οι μειώσεις των εκτάσεων που καλύπτονται από κοραλλιογενείς κοινότητες θα επηρεάσουν τα παράκτια αλιεύματα και τον τουρισμό για αρκετά τροπικά νησιά απειλώντας με αυτόν τον τρόπο τον βιοπορισμό των τοπικών κοινοτήτων.

³⁶ Βλ. Γρηγόρης Ι. Τσάλτας, Περιβάλλον και Παγκόσμια Υποβάθμιση του. Περιβάλλον: Διεθνής Προστασία, Πολιτική, Δίκαιο, Θεσμοί. Γρηγόρης Ι. Τσάλτας, Μαυρογένης Σ., Μπούρτζης Τ., Ροδοθεάτος Γ., εκδόσεις Ι. Σιδέρης, Αθήνα 2017, σελ. 48.

³⁷ Η αλιεία και οι υδατοκαλλιέργειες ψαριών και οστρακοειδών.

³⁸ Βλ. Cooley S. R., Kite-Powell H. L., Doney S. C. , 2009, op. cit.

³⁹ Ibid.

2.2. Η οικονομική και κοινωνική αξιολόγηση της Οξίνισης των ωκεανών.

Η ανάπτυξη του ανθρώπου, η εξέλιξη της τεχνολογίας, ο αυξανόμενος πληθυσμός, η επιδίωξη κάθε γενιάς να έχει μεγαλύτερες ανάγκες από την προηγούμενη γενιά επέφερε αρνητικές επιπτώσεις για τους πόρους σε βαθμό όπου αυτές άλλαξαν το κλίμα της γης και τη χημεία των ωκεανών⁴⁰.

Το παράδειγμα αντιμετώπισης της παραγωγής χλωροφθοραθράκων, αποτέλεσμα των παραπάνω, μας έδειξε ότι η ανθρωπότητα στο σύνολο της αντιστάθηκε σε ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα το οποίο δεν αποτελούσε τοπικό αγκάθι για κάποιο κράτος και επιζητούσε μια κίνηση παγκόσμιας συμφωνίας και δράσης⁴¹. Αντίστοιχο παράδειγμα πρέπει να θεωρηθεί, η κλιματική αλλαγή και, το «κακό της δίδυμο», η οξίνιση των ωκεανών, άμεσα καθώς πρέπει να αποτελέσει πεδίο ανησυχίας για το μέλλον των κρατών.

Το φαινόμενο της οξίνισης συμβαίνει τώρα, είναι μετρήσιμο και θα συνεχιστεί όσο οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κυμαίνονται στα επίπεδα του σήμερα ή/και αυξάνονται. Αντίστοιχα, η αύξηση οξέος στον ωκεανό έχει φτάσει στο 30% και με τις συνεχιζόμενες εκπομπές το 2100 θα είναι κοντά στο 150%. Αυτή η αλλαγή στη χημεία των ωκεανών έχει συνέπειες στην τροφική αλυσίδα δημιουργώντας ευάλωτες καταστάσεις σε οικοσυστήματα και κοινωνίες στο μέλλον. Κάθε κρίκος της τροφικής αλυσίδας που απειλείται αποτελεί μετέπειτα απειλή και για τον βιοπορισμό του ανθρώπου.

Για παράδειγμα, η απειλή ενός μαλάκιου είναι απειλή για τον άνθρωπο ως βρώσιμο είδος, αντίστοιχα η απειλή μιας κοραλλιογενούς κοινότητας είναι απειλή προς τον άνθρωπο για την αλιεία σε αυτό το ενδιαίτημα ή αποτελεί τουριστική υποβάθμιση για κάποιο τροπικό νησί. Και τα δύο παραδείγματα μπορούν να οδηγήσουν μια

⁴⁰ Βλ. IPCC, Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds Solomon, S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L.). Cambridge University Press, 2007, Cambridge.

⁴¹ Βλ. Μαυρογένης Σ., Ατμόσφαιρα, Στρατόσφαιρα, Κλίμα. Περιβάλλον: Διεθνής Προστασία, Πολιτική, Δίκαιο, Θεσμοί. Γρηγόρης Ι. Τσάλτας, Μαυρογένης Σ., Μπούρτζης Τ., Ροδοθεάτος Γ., εκδόσεις Ι. Σιδέρης, Αθήνα 2017, σελ. 147.

τοπική κοινότητα η οποία βασίζεται εξ' ολοκλήρου στους πόρους της θάλασσας σε επισιτιστική επισφάλεια (food insecurity).

Η αξία των οικοσυστημικών υπηρεσιών σε νόμισμα είναι αρκετά δύσκολο να επιτευχθεί, καθώς δεν αποτελεί πλήρως μέρος εμπορικών αγορών και δεν παρέχεται σε ποσότητες. Ωστόσο, οι εκτιμήσεις δίνουν αξία για τις οικοσυστημικές υπηρεσίες της θάλασσας σε πολλά τρισεκατομμύρια δολάρια ετησίως, αριθμός ο οποίος είναι λογικός αν σκεφτεί κάποιος ότι το 73% της γης αποτελείται από θάλασσα.

Επομένως, ο κοινωνικός και οικονομικός αντίκτυπος της οξίνισης των ωκεανών για τον άνθρωπο απορρέει μέσω των οικοσυστημικών υπηρεσιών που παρέχουν τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Έτσι, αναλύοντας το Σχήμα 6⁴², επικεντρωνόμαστε αρχικά στο κομμάτι της τροφικής αλυσίδας αναγνωρίζοντας τον ρόλο του FAO⁴³.

Τα Ηνωμένα Έθνη από το 1950 παρακολουθούν την παγκόσμια αλιεία, την προέλευση και την κατανάλωση διάφορων αλιευμάτων, όπως μαλάκια, καρκινοειδή, εχινόδερμα και άλλες ομάδες ζώων, καταγράφοντας ότι αποτελούν το 15% της παγκόσμιας αλίευσης.

Με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού⁴⁴ θα υπάρξει και μεγαλύτερη ζήτηση τροφίμων πρωτεΐνης από τη θάλασσα δημιουργώντας προκλήσεις απέναντι στην αύξηση των επιπτώσεων λόγω κλιματικής αλλαγής και οξίνισης των ωκεανών.

Σύμφωνα με μελέτες στα ανεπτυγμένα κράτη σε μια οικογένεια επιβιώνουν μέλη από τέσσερις γενιές ταυτόχρονα. Αυτή η αύξηση της διάρκειας ζωής⁴⁵ σημαίνει ότι η αλλαγή του κλίματος και η οξίνιση αποτελούν διαγενεακά φαινόμενα. Οι πληθώρα των αναγκών και η διάρκεια ζωής ενός ατόμου παράλληλα με τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της οξίνισης δημιουργούν την ψευδαίσθηση ότι παρόλο που αποτελεί ένα επείγον πρόβλημα έχουμε την δυνατότητα να το αντιμετωπίσουμε αργότερα.

⁴² Βλ. Σχήμα 6, σελ. 17.

⁴³ Food and Agriculture Organization

⁴⁴ 9 δισεκατομμύρια μέχρι το 2040. Βλ. Worm B., Barbier E. B., Beaumont, N., et al., Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 2006, Vol 314, p. 787–790.

⁴⁵ Κατά μέσο όρο 75 έτη για τις γυναίκες και 80 έτη για τους άντρες. Βλ. Turley C., Eby M., Ridgwell A. J., et al., The societal challenge of ocean acidification, *Marine Pollution Bulletin*, 2010a, Vol 60, p. 787–792.

Αυτή η αντιμετώπιση του φαινομένου δεν εξασφαλίζει την ευημερία και την ασφάλεια του ατόμου μέσα στην κοινωνία, με το εκάστοτε κράτος να αδυνατεί να πορευθεί μέσω της Βιώσιμης Ανάπτυξης. Έτσι, στη διάρκεια των μελλοντικών χρόνων και δεκαετιών που έπονται θα παρατηρούμε παθητικά την υποβάθμιση ή εξαφάνιση ειδών τα οποία θα αποτελούν πηγή ενέργειας στην τροφική αλυσίδα. Εφόσον κατανοήσουμε ότι πρέπει να επικεντρωθούμε στις κοινωνικές ανάγκες και στην παγκόσμια δράση απέναντι στην κλιματική αλλαγή και την οξίνιση των ωκεανών, ο μετριασμός των δυο φαινομένων και η προσαρμογή μέσω σχεδίων δράσης θα είναι η επίλυση των προβλημάτων και η υποστήριξη για ένα υγιές περιβάλλον με τον άνθρωπο να αποκτά ενεργό ρόλο στην φροντίδα του πλανήτη.

Όπως, έχει προαναφερθεί η αξιολόγηση των οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων στους ωκεανούς της οξίνισης είναι αρκετά πολύπλοκη, διότι τα δεδομένα τα οποία εξάγονται εμπεριέχουν και μεταβλητές για τις οποίες δεν υπάρχει νομισματική αξιολόγηση. Παράδειγμα, η διεργασία της ασβεστοποίησης, σημαντική για την δημιουργία κοραλλιών, μαλάκιων και εχινόδερμων δεν μπορεί να αξιολογηθεί από τους οικονομολόγους, ωστόσο για αυτούς τους ερευνητές η αξιολόγηση των επιπτώσεων στον τουρισμό, την αλιεία και τον βιοπορισμό του ατόμου τα οποία προέρχονται από την μείωση της ασβεστοποίησης, είναι αρκετά εύκολη μέσω κοινωνικο-οικονομικών δεικτών. Για τα εμπορεύσιμα είδη, τα οποία αποτελούν και το καυτό σημείο μελέτης των ερευνητών για βιοποριστικούς αλλά και οικονομικούς σκοπούς, οι έρευνες διεξάγονται συνήθως σε εργαστήρια, σε σύντομο χρόνο, και επιφέρουν αρκετές φορές διαφορετικά αποτελέσματα⁴⁶.

Επομένως, υπάρχουν αρκετές προκλήσεις, αλλά η οικονομική αξιολόγηση μπορεί να χαρακτηριστεί ως τόνωση της πολιτικής δράσης ενάντια στην οξίνιση. Επιπλέον, θα πρέπει να γίνει κατανοητή η αξία των υπηρεσιών και του κόστους, τα οποία συνδέονται με την λήψη δράσεων ή της αδράνειας των υπευθύνων. Έτσι, οι περιβαλλοντικές προτεραιότητες και πολιτικές κατευθύνουν στην επιλογή λύσεων για τις επιπτώσεις της οξίνισης ώστε η προσαρμογή και ο μετριασμός να έχουν την ανταπόκριση των κοινοτήτων και των πολιτών.

⁴⁶ Βλ. Hilmi N., Allemand D., Dupont S., et. al., Towards improved socio-economic assessments of ocean acidification's impacts, *Marine Biology*, 2013, Vol 160, p. 1773-1787.

2.2.1. Αλιεία, υδατοκαλλιέργειες, διατροφική ασφάλεια και οικοσυστημικές υπηρεσίες των κοραλλιογενών υφάλων.

Η αλιεία καλύπτει το 15% των απαιτήσεων για πρωτεΐνες για 3 δις ανθρώπους, με το 1 δις να έχει ως κύρια τροφή του για βιοπορισμό την αλιεία και δημιουργώντας 38 εκατομμύρια θέσεις εργασίας⁴⁷. Επιπλέον, τα έσοδα από την αλιεία στις ΗΠΑ είναι στα 80-85 δισεκατομμύρια δολάρια και 520 εκατομμύρια άνθρωποι εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από αυτή την δραστηριότητα.

Αν και η οξίνιση, έχει όπως είπαμε μακροπρόθεσμες επιπτώσεις, αποτελεί απειλή για την βιομηχανία της αλιείας και όπως όλα δείχνουν θα επιφέρει σημαντικές συνέπειες όσον αφορά την απασχόληση και την επισιτιστική ασφάλεια. Διότι, θα υπάρξουν άμεσες και έμμεσες αλλαγές στην τροφική αλυσίδα μεταξύ θηρευτών και θηραμάτων εμπορικού ενδιαφέροντος και τροποποιήσεις των οικοτόπων⁴⁸.

Οι περισσότερες μελέτες για τους εμπορικούς οργανισμούς έχουν γίνει σε είδη τα οποία συνδέονται με τις διεργασίες ασβεστίου λόγω της τεκμηριωμένης ευαισθησίας τους στο φαινόμενο της οξίνισης⁴⁹. Συγκεκριμένα, η απώλεια της παραγωγής μαλακίων που προκαλείται από την οξίνιση των ωκεανών θα μπορούσε να κοστίζει περισσότερα από 100 δις δολάρια το 2100⁵⁰.

Η παραγωγή στρειδιού στις βορειοδυτικές ακτές των ΗΠΑ, με αξία 278 εκατομμυρίων, υπέστη το 2009 ζημιές οι οποίες συνδέθηκαν με το χαμηλό pH του βυθού. Το 2006 πολλά εκκολαπτήρια στρειδιών κατέγραψαν υψηλά ποσοστά θνησιμότητας επίσης λόγω χαμηλού pH στις εγκαταστάσεις τους, κάτι το οποίο οριστικοποιήθηκε μετά από χρόνια και μελέτες επιστημόνων του Όρεγκον⁵¹.

Τα αποτελέσματα της οξίνισης στα ψάρια εμπορικού ενδιαφέροντος επιφέρουν ελάχιστες άμεσες επιπτώσεις στην αναπαραγωγή και την φυσιολογία τους ακόμη

⁴⁷ Στις αναπτυσσόμενες χώρες το 95% εργάζεται στον τομέα της αλιείας.

⁴⁸ Βλ. Turley C., Gattuso J. P., Future biological and ecosystem impacts of ocean acidification and their socioeconomic-policy implications, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2012, Vol 4, p. 278-286.

⁴⁹ Έχουμε πτώση της διεργασίας της ασβεστοποίησης κατά 25% για τα μπλε μύδια και 10% για τα στρείδια του Ειρηνικού.

⁵⁰ Βλ. Narita D., Rehdanz K., Tol R. S. J., Economic costs of ocean acidification: a look into the impacts on shellfish production, *Climatic Change*, 2012, Vol 113, p. 1049-1063.

⁵¹ Βλ. Barton A., Hales B., Waldbusser G. G., et. Al., The Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, shows negative correlation to naturally elevated carbon dioxide levels: implications for near-term ocean acidification effects, *Limnology and Oceanography*, Vol 57, 2012, p. 698-710.

και σε υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα. Αντίθετα, μελέτες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί σε τροπικά ψάρια δείχνουν ότι υπάρχουν επιπτώσεις της οξίνισης στην συμπεριφορά των ψαριών διότι επηρεάζονται τα αισθητήρια συστήματα, όπως η μυρωδιά, η όραση και η ακοή. Έτσι, οδηγούνται σε αλλαγή συμπεριφοράς, αποπροσανατολισμό και μείωση της ικανότητας τους να αποφεύγουν τους θηρευτές⁵².

Οι έμμεσες επιπτώσεις στην αλιεία μπορούν να εμφανιστούν με τις αλλαγές που πιθανόν να συμβούν στην τροφική αλυσίδα. Παράδειγμα, αρκετές μελέτες δείχνουν ότι η οξίνιση των ωκεανών απειλεί την ύπαρξη πτερόποδων σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη. Συγκεκριμένα, τα πτερόποδα αποτελούν σημαντικό θήραμα για τον ροζ σολωμό και με αυτόν τον τρόπο γίνεται η διασύνδεση ενός εμπορεύσιμου είδους με τις επιπτώσεις της οξίνισης.

Ωστόσο, με τα δεδομένα τα οποία έχουμε στη βιβλιογραφία δεν μπορούμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα. Καθώς δεν γνωρίζουμε αν εξαφανιστούν τα πτερόποδα ποιά και αν κάποιο άλλο είδος καταλάβει την οικολογική θέση του θηράματος αυτού, όπως επίσης και ποιά θα είναι η θρεπτική του αξία για τον σολωμό.

Τα παράκτια οικοσυστήματα αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την κοινωνική ζωή και την οικονομία πολλών περιοχών. Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι δέχονται αρκετές απειλές, όπως η υπερθέρμανση του πλανήτη, ο τουρισμός, η υπεραλίευση κ. α. πέραν της οξίνισης με αποτέλεσμα ως το 2030 να έχει υποβαθμιστεί το 70% της έκτασής τους. Τα νούμερα αυτά δεν δείχνουν τίποτα σε αντιστάθμιση του ρόλου αυτών των κοινοτήτων, κυρίως σε αναπτυσσόμενες χώρες.

Συγκεκριμένα, οι κοραλλιογενείς κοινότητες προστατεύουν τις ακτές από την διάβρωση, αποτελούν βάση για την τουριστική βιομηχανία και είναι ενδιαιτήματα για ποικίλα είδη, προσφέροντας περιοχές αναπαραγωγής για άλλα είδη και πηγή τροφής.

Οι οικονομικές μελέτες για τους κοραλλιογενείς οικοτόπους υποδεικνύουν ότι επιφέρουν έμμεσες υπηρεσίες και καθίσταται δύσκολη η αξιολόγηση τους. Όπως, επίσης ότι παρέχουν τροφή, έσοδα και προστασία για περίπου 500 εκατομμύρια

⁵² Βλ. Branch T. A., DeJoseph B. M., Ray L. J., et. al., Impacts of ocean acidification on marine seafood, Trends in Ecology & Evolution, 2013, Vol 28, p. 178-186.

ανθρώπους και έχουν ετήσια αξία 30 δις δολάρια και θα επιφέρουν ζημιά ως το τέλος του αιώνα περίπου 870 δις δολάρια⁵³.

2.3. Επιπτώσεις της οξίνισης των ωκεανών στις παγκόσμιες θαλάσσιες περιφέρειες.

Ένα θεμελιώδες πρότυπο αποδεκτό σε όλες τις περιοχές είναι ότι η αύξηση της οξίνισης των ωκεανών είναι ένα παγκόσμιο ζήτημα και πηγή αυτού είναι οι ανθρωπογενείς εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Οι εκπομπές αυξάνονται σταθερά και η επακόλουθη απορρόφηση στον ωκεανό προκαλεί χημικές μεταβολές στο θαλασσινό νερό με ρυθμό ρεκόρ για δεκάδες εκατομμύρια χρόνια⁵⁴. Η μεταβολή των συνθηκών της φυσικής κατάστασης των ωκεάνιων υδάτων επιφέρει βιολογικά αποτελέσματα σε επίπεδο είδους, τα οποία είναι εμφανή στο οικοσύστημα. Τα περισσότερα στοιχεία επισημαίνουν τις αρνητικές συνέπειες από τις ανθρώπινες δραστηριότητες για τις κοινότητες και τους θαλάσσιους πόρους.

Επίσης, να τονιστεί ότι η εμφάνιση του φαινομένου της οξίνισης, όπως και της υπερθέρμανσης του πλανήτη, οι χαμηλές τιμές οξυγόνου, οι παράκτιοι ευτροφισμοί και η θαλάσσια ρύπανση συμβάλουν συνεργατικά στην επιδείνωση του περιβάλλοντος. Επομένως, στις επιπτώσεις της οξίνισης για οποιαδήποτε περιοχή πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και τα αποτελέσματα που επιφέρουν τα παραπάνω συνδυαστικά.

Ωστόσο, παρά τις περιφερειακές ομοιότητες ανά περιοχές, η οξίνιση των ωκεανών δεν επιφέρει τα ίδια αποτελέσματα σε όλες. Ορισμένες περιοχές μπορούν να θεωρηθούν ως hotspots της οξίνισης λόγω των ωκεάνιων διαδικασιών σε μεγάλη κλίμακα, όπως η Αρκτική και ο Νότιος Ωκεανός, τα βαθιά νερά, οι παράκτιες ζώνες

⁵³ Βλ. Frieler K., Meinshausen M., Golly A., et. al., Limiting global warming to 2°C is unlikely to save most coral reefs, Nature Climate Change, 2013, vol 3, p. 165-170.

⁵⁴ Βλ. Hilmi N., Allemand D., Kavanagh C., Laffoley D., Metian M., Osborn D., Reynaud S., Bridging the Gap Between Ocean Acidification Impacts and Economic Valuation: Regional Impacts of Ocean Acidification on Fisheries and Aquaculture, 2015, Gland, Switzerland: IUCN. p.19

και τα επιφανειακά ύδατα επειδή υπόκεινται σε καταπόνηση του οικοσυστήματος τους⁵⁵.

Οι οργανισμοί με δομές στηριγμένες στο ανθρακικό ασβέστιο, όπως τα κοράλλια και τα δίθυρα, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις αλλαγές της συγκέντρωσης των ανθρακικών στο νερό, επομένως οι τροπικοί ύφαλοι, οι παράκτιες περιοχές και τα ρηγά νερά στα οποία υπάρχει έντονη συγκομιδή δίθυρων είναι ευάλωτες στις επιδράσεις της οξίνισης. Πολλά είδη, όπως τα εχινόδερμα, τα κοράλλια, τα μαλάκια, έχουν μελετηθεί πειραματικά και έχουμε αρνητικά αποτελέσματα λόγω της οξίνισης, ωστόσο έχουμε και αποτελέσματα που δείχνουν ανοχή ειδών στις νέες συνθήκες⁵⁶. Επιδράσεις στα ψάρια και στα μαλάκια έχουν σημαντικές συνέπειες για την αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες σε όλες τις περιοχές του κόσμου⁵⁷. Κοινό συμπέρασμα μεταξύ όλων των περιφερειών είναι ότι παραμένουν ανεπαρκείς οι διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τα είδη ψαριών και θαλασσινών (μαλάκια, καρκινοειδή) που σχετίζονται με την ευαισθησία στην οξίνιση των ωκεανών.

Σημαντικό είναι ότι οι δραστηριότητες της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών βρίσκονται συχνά σε περιοχές οι οποίες είναι επιρρεπείς στην οξίνιση. Αυτό θέτει τις οικονομίες και τα εξαρτώμενα μέσα διαβίωσης σε κίνδυνο κάτω από τα σενάρια μειωμένου pH. Ωστόσο, σχετικά με τις επιπτώσεις στα ψάρια για όλες τις περιοχές του κόσμου, υπάρχει αβεβαιότητα.

Ο Νότιος Ειρηνικός και ο Νότιος Ωκεανός περιλαμβάνουν τα μεγαλύτερα αποθέματα σε αλιεύματα όπως οι αντζούγιες⁵⁸, καθώς και σε ορισμένα βασικά είδη για την τροφική αλυσίδα των ωκεανών, όπως τα πετρόποδα και το κριλ. Οι αρνητικές επιπτώσεις μπορεί να εξασθενίσουν την τροφική σταθερότητα και να επιφέρουν αναδιατάξεις μεταξύ ειδών. Επιπλέον, η υπερθέρμανση στον Νότιο Ωκεανό μπορεί να αυξήσει την πρωτογενή παραγωγικότητα και συνεπώς ίσως να υπάρξουν θετικά αποτελέσματα για την αλιεία.

⁵⁵ Ibid. p.26.

⁵⁶ Ibid. p.20.

⁵⁷ Τα παγκόσμια αλιεύματα και οι υδατοκαλλιέργειες επιφέρουν περισσότερα από 200 δις δολάρια ετησίως.

⁵⁸ Η αλιεία της θαλάσσιας περιοχής αναλογεί σε 13 εκατομμύρια τόνους ετησίως και χαρακτηρίζεται από δυνατή βιομηχανία υδατοκαλλιεργειών παράγοντας 1.5 εκατομμύρια τόνους. Το Περού παρέχει περίπου το ήμισυ του παγκόσμιου εφοδιασμού ιχθυάλευρων για ιχθυοτροφές από αλιεύματα όπως ο γαύρος και η σαρδέλα

Στις περιφέρειες αυτές θα μπορούσε να καθιερωθεί η παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων στις βασικές αλιευτικές περιοχές και να χαρτογραφηθούν οι περιοχές που δέχονται πίεση από επιπτώσεις περιβαλλοντικών απειλών. Καθώς και να δημιουργηθούν μοντέλα ανάλυσης κινδύνου για το οικοσυστήματα και την τροφική αλυσίδα. Η βιομηχανία γύρω από τα αλιευτικά αποθέματα, είτε μιλάμε για ελεύθερη αλιεία είτε για υδατοκαλλιέργειες, θα πρέπει να υπόκεινται υπό όρους Βιώσιμης Ανάπτυξης και αναπτύξει σχεδιασμό για τις επιπτώσεις της οξίνισης και των άλλων απειλών. Η σύμπραξη στρατηγικών δράσεων μπορεί να περιλαμβάνει την προώθηση συνεργασίας μεταξύ των περιφερειακών οργανισμών διαχείρισης της αλιείας. Τέλος, οι θεσμικοί μηχανισμοί μπορούν να ενσωματώσουν την οξίνιση των ωκεανών στη διαδικασίες της UNFCCC για τη διατήρηση ενός υγιούς περιβάλλοντος⁵⁹.

Ο Βόρειος Ατλαντικός έχει το μεγαλύτερο ποσοστό ανθρωπογενούς άνθρακα που κατανέμεται σε ολόκληρη τη στήλη ύδατος και η Αρκτική είναι μια περιφέρεια που υφίσταται τον ταχύτερο ρυθμό οξίνισης, σύμφωνα με τα παγκόσμια ωκεάνια μοντέλα. Για την κατανόηση της χωρικής και χρονικής μεταβλητότητας του άνθρακα απαιτείται η συνεχώς παρακολούθηση της ποιότητας του νερού, ώστε να υπάρξει ο εντοπισμός πιθανού οικονομικού κινδύνου. Με τη χαρτογράφηση της οξίνισης των ωκεανών μπορεί να γίνει η επιλογή τοποθεσίας μιας μελλοντικής υδατοκαλλιέργειας αποφεύγοντας ίσως κάποιον πιθανό κίνδυνο⁶⁰.

Για τις συγκεκριμένες περιοχές τρεις κατηγορίες θαλάσσιων ειδών είναι σημαντικές για τις αλιευτικές δραστηριότητες, τα καρκινοειδή, τα μαλάκια και τα ψάρια. Τα καρκινοειδή και τα μαλάκια ήδη γνωρίζουμε τις αρνητικές επιπτώσεις λόγω των συγκεντρώσεων του ασβεστίου. Στα ψάρια όμως παραμένει άγνωστο αν λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη αυξηθεί η πρωτογενής παραγωγικότητα που με την σειρά της θα επιφέρει και αύξηση των αλιευμάτων, ωστόσο μέχρι στιγμής αυτό το σενάριο δεν προκαλεί οικονομικές επιπτώσεις. Παράλληλα, οι επιπτώσεις

⁵⁹ Ibid. p.44.

⁶⁰ Ibid. p. 49. Η συλλογή της αλιευτικής παραγωγής στην περιοχή εκτιμάται ότι θα είναι 8 δις δολάρια με το 55% να βασίζεται στα καρκινοειδή, ενώ το υπόλοιπο των αλιευμάτων να περιλαμβάνει 12% μαλάκια και 33% σε ψάρια. Επίσης, η βιομηχανία απασχολεί 325 χιλιάδες εργαζόμενους και στηρίζεται σε εισαγωγές πολλών αλιευτικών προϊόντων.

στη βιολογία των εχινόδερμων και των δίθυρων μαλάκιων επιδέχεται απειλές λόγω του φαινομένου της οξίνισης.

Παρόλα αυτά, υπάρχουν αβεβαιότητες λόγω ελλιπών πληροφοριών σχετικά με την προσαρμογή, τις οικολογικές αλληλεπιδράσεις και τις συνέργειες μεταξύ στρες και της μεταβλητότητας του περιβάλλοντος που μας οδηγούν στην υιοθέτηση προσαρμοστικής διαχείρισης, τουλάχιστον για τον Βόρειο Ατλαντικό.

Με αυτού του τύπου διαχείριση θα υποστηρίζονται οι τοπικές αλιευτικές κοινότητες, οι οικογενειακές επιχειρήσεις, οι μικρές και μεσαίες υδατοκαλλιέργειες οι οποίες δεν είναι εύκολο να αλλάξουν στα πρότυπα βιωσιμότητας. Επιπλέον η ολοκληρωμένη έρευνα για τα οικοσυστήματα των βόρειων υδάτων θα δώσει απαραίτητες πληροφορίες για τις επιπτώσεις της οξίνισης και για τυχόν επιβάρυνση της περιφερειακής οικονομίας του Βορείου Ατλαντικού από το φαινόμενο. Πλέον, είναι αναγκαίες οι οικονομικές αξιολογήσεις με δεδομένα ανά περιοχές για συγκεκριμένους τύπους αλιείας.

Επομένως, η επικοινωνία σε τοπικό επίπεδο για την κατανόηση των ζητημάτων, η μεταφορά τεχνολογίας για την παρακολούθηση των περιοχών που υφίστανται πιέσεις και η συμμετοχική έρευνα στη λήψη αποφάσεων θα οδηγήσουν στην τοπική ευημερία του Βορείου Ατλαντικού⁶¹.

Ο Κεντρικός και Νότιος Ατλαντικός περιλαμβάνουν αλιεία μικρής κλίμακας σε όλη τη περιφέρεια και μερικές μεγάλης. Τα αποθέματα οστρακοειδών και τα κοραλλιογενή ενδιαιτήματα βιώνουν τις άμεσες επιπτώσεις της οξίνισης. Οι ανατολικές περιοχές που βρίσκονται στα ανατολικά οριακά σύνορα έχουν μεγάλες αλιευτικές δραστηριότητες⁶², ωστόσο με άγνωστες για τα ψάρια, επιπτώσεις του φαινομένου. Οι παραδοσιακές και μικρής κλίμακας ή ημιβιομηχανικές ιχθυοκαλλιέργειες καθώς και οι υδατοκαλλιέργειες δίθυρων θα επηρεαστούν λόγω της οξίνισης, όπως επίσης είδη ψαριών σε κοραλλιογενείς οικοτόπους, οι οποίοι θα υποβαθμιστούν. Επιπλέον, εμπορεύσιμα είδη, όπως οι σουπιές και τα καλαμάρια θα είναι ευάλωτα και πιθανότατα να εμφανιστούν οικονομικές επιπτώσεις σε παράκτιες κοινότητες, να επιδεινωθούν η ανισότητες διανομής τροφίμων που ήδη συμβαίνει, να καταργηθούν βασικές πηγές εσόδων, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο

⁶¹ Ibid. p. 54.

⁶² Ibid. p. 59.

την επισιτιστική ασφάλεια των περιφερειών⁶³. Για τις αλιευτικές δραστηριότητες μεγάλης κλίμακας, όπως η αλιεία τόνου, σαρδέλων και αντζούγιες δεν υπάρχουν πληροφορίες για τις οικονομικές επιπτώσεις της οξίνισης. Επίσης, οι έμμεσες επιπτώσεις στην τροφική αλυσίδα σχετικά με τις δραστηριότητες μεγάλης κλίμακας δεν έχουν μελετηθεί.

Για την αντιμετώπιση του φαινομένου οι πολιτικές που θα ακολουθηθούν θα πρέπει να εξετάζουν την ευαισθησία των ειδών και την ανθρώπινη εξάρτηση. Η διακυβέρνηση θα πρέπει να έχει ισχυρό χαρακτήρα και να προσαρμόζεται στις αλλαγές που συμβαίνουν. Από τη στιγμή που η οξίνιση απειλεί την αφθονία των οικοτόπων, θα πρέπει να οικοδομηθεί μια ευελιξία στη διαχείριση των παράκτιων αλιείων ώστε να μπορέσουν να προσαρμοστούν. Εκτός από αυτήν την προσαρμογή τους, θα πρέπει να είναι έτοιμοι να προσαρμόσουν τον τρόπο διαβίωσης τους σε νέες συνθήκες και να εκπαιδευτούν ώστε να ανταποκριθούν στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Ταυτόχρονα, η ενίσχυση της έρευνας για την κατανόηση των επιπτώσεων της οξίνισης σε ορισμένα εμπορικά είδη με υψηλή οικονομική αξία είναι απαραίτητη⁶⁴.

Η Μεσόγειος και η Μαύρη Θάλασσα αποτελούν μικρές περιοχές ωστόσο με υψηλή αλιεία. Το φαινόμενο της οξίνισης εκδηλώνεται άμεσα ή έμμεσα στην αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες αλλά με λίγες πληροφορίες για την ανάπτυξη και επιβίωση των ψαριών διότι υπάρχει ελλιπής έρευνα για τα σπονδυλωτά. Οι μελέτες πεδίου εκδηλώνουν μείωση των κόκκινων κοραλλιών, καθώς και των δίθυρων και των μυδιών⁶⁵.

Στις έμμεσες επιπτώσεις περιλαμβάνεται η αλλοίωση της πρωτογενούς παραγωγής στα βασικά ενδιαιτήματα ειδών, όπως οι ύφαλοι, οι κοραλλιογενείς κοινότητες, τα λιβάδια ποσειδωνίας με αυξημένες τις εκτάσεις επιβλαβών φυκών. Τα blooms αυτών των φυκών θα έχουν ως αποτέλεσμα την επισφαλή επιβίωση των θαλάσσιων και οστρακοειδών σε αυτές τις περιφέρειες. Επιπλέον ανησυχία για τις συνέπειες της οξίνισης δηλώνεται και στον πληθυσμό των μεδουσών, καθώς ο υπερπληθυσμός τους επιβαρύνει αρνητικά τα καλλιεργούμενα ψάρια. Οι επιπτώσεις στα δίθυρα λόγω οξίνισης εντοπίζεται στη μειωμένη ασβεστοποίηση

⁶³ Ibid. p. 62.

⁶⁴ Καρκινοειδή, όπως οι αστακοί, τα καβούρια και οι γαρίδες. Ibid. p. 70.

⁶⁵ Ibid. p. 75.

των κελυφών, στα πρώιμα στάδια ζωής, στην μειωμένη αναπαραγωγική ικανότητα και στην ανοσολογική ικανότητα έναντι παθογόνων παραγόντων.

Για τις ημίκλειστες θάλασσες, όπως είναι οι περιφέρειες της Μεσογείου και της Μαύρης θάλασσας, για να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο της οξίνισης είναι η ενίσχυση της επικοινωνίας μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών για την προώθηση της γνώσης και την οικοδόμηση αμοιβαίας εμπιστοσύνης, η πραγματοποίηση ερευνών σε μεγάλη κλίμακα για το στρες που δημιουργείται από τις νέες συνθήκες στα είδη, η ολοκληρωμένη οικονομική αποτίμηση των εκπομπών για τον τουρισμό, τις λεκάνες απορροής και της μείωσης του pH στις παράκτιες περιοχές.

Στον Βόρειο και Κεντρικό Ειρηνικό, η οξίνιση των ωκεανών έχει μεγάλη επιρροή στις εμπορικές δραστηριότητες αλιείας, την παραμονή αλιευμάτων σε κοραλλιογενή ενδιαιτήματα στα πρώιμα στάδια ζωής σε ιχθύες και συγκεκριμένους οργανισμούς. Τα είδη αλιείας από τα οποία οι επιστήμονες λαμβάνουν ανησυχητικά μηνύματα είναι ο τόνος, οι γαρίδες και τα ολοθούρια⁶⁶. Η οξίνιση του ωκεανού θα επηρεάσει τις υδατοκαλλιέργειες των μαλακίων, λόγω ευαισθησίας στο φαινόμενο, στα στρείδια και τα δίθυρα, ιδιαίτερη ανησυχία υπάρχει για τα στρείδια και την απώλεια δημιουργίας μαργαριταριών.

Οι πιθανές οικονομικές επιπτώσεις της οξίνισης των ωκεανών στα ακαθάριστα έσοδα από την αλιεία των μαλακίων για τις ΗΠΑ εκτιμάται στα 2.5 δις δολάρια ως το 2060. Οι επιπτώσεις στην παγκόσμια παραγωγή οστρακοειδών προβλέπεται ως το 2100 στα 2.5 δις δολάρια/έτος, με κύριους παραγωγούς την Κίνα με 76%, τις ΗΠΑ στο 8% και την Ιαπωνία στο 7%. Για αρκετές χώρες του Ειρηνικού η διατροφική αξία των θαλασσινών είναι πολύ υψηλή σε πρωτείνες από την αλιεία στους υφάλους, καλύπτοντας άνω του 50% της ανθρώπινης διαίτας⁶⁷.

Οι συστάσεις για τις περιφέρειες του Βόρειου και Κεντρικού Ειρηνικού για την οξίνιση περιλαμβάνει την ενσωμάτωση του φαινομένου σε σχέδια διαχείρισης της παράκτιας ζώνης για την αύξηση της ανθεκτικότητας των θαλάσσιων οργανισμών. Ταυτόχρονα, να γίνει διαχωρισμός της αλιείας από τους κοραλλιογενείς υφάλους και να εντατικοποιηθεί η παρακολούθηση της οξίνισης για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων. Τα εκκολαπτήρια των υδατοκαλλιεργειών να μετακινηθούν σε

⁶⁶ Θαλάσσιο αγγούρι. Αποτελεί διατροφική συνήθεια σε αυτές τις περιφέρειες.

⁶⁷ Ibid. p. 99.

περιοχές με λιγότερο έντονη την εμφάνιση του φαινομένου. Επίσης, από τη μεριά των υδατοκαλλιέργειών να γίνει προσδιορισμός νέων ειδών και εκλεκτικός έλεγχος για είδη πιο ανθεκτικά στην οξίνιση. Σημαντική είναι και η αξιολόγηση των επιπτώσεων για είδη σημαντικά για την κοινωνία και την τροφική αλυσίδα, καθώς και της προσαρμογής και του κόστους.

Ο Ινδικός Ωκεανός έχει άμεσες επιπτώσεις από την οξίνιση στην αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες που έχουν μεγάλη οικονομική σημασία. Χαρακτηριστικό της περιφέρειας είναι η συσσώρευση ανθρώπινου πληθυσμού στις παράκτιες περιοχές, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο έναν δυνητικό κίνδυνο στην επισιτιστική ασφάλεια και τον βιοπορισμό. Επομένως, οι καλύτερες πρακτικές διαχείρισης οικοσυστημάτων και σχεδίων αλιείας επιβάλλεται να εφαρμοστούν άμεσα. Μια λύση για το επικείμενο κίνδυνο είναι η μετατόπιση του ενδιαφέροντος αλιείας ελεύθερων ειδών, στη δημιουργία υδατοκαλλιέργειών με ανοχή στην οξίνιση του ωκεανού.

Οι επενδύσεις σε μακροπρόθεσμη βάση πρέπει να κατευθυνθούν στην έρευνα και στην παρακολούθηση περιοχών σε χώρες, στις οποίες έχουν εντοπιστεί hotspots του φαινομένου. Επιπλέον, σημαντική επένδυση για την περιφέρεια αυτή είναι στην προσαρμογή των κοινοτήτων και στην εκπαίδευση των ευάλωτων ομάδων για πρακτικές και πληροφορίες μετριασμού και προσαρμογής στις νέες συνθήκες⁶⁸.

Η περιφερειακή προσέγγιση για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της οξίνισης των ωκεανών σχετικά με την αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες επιφέρει σημαντικές διαφοροποιήσεις και με αυτόν τον τρόπο συνειδητοποιούμε τον διαφορετικό τρόπο προσέγγισης και διαχείρισης που πρέπει να εφαρμοστεί.

Οι διαφορές στις περιφερειακές θάλασσες εντοπίζονται αρχικά στη δυναμική του οικοσυστήματος, στη χρήση των πόρων από τις τοπικές κοινότητες ή τις παγκόσμιες εμπορικές εταιρείες και την ικανότητα προσαρμογής. Σε όλες τις περιπτώσεις η έλλειψη βασικών πληροφοριών σχετικά με τις επιπτώσεις της οξίνισης στην αλιεία, τις υδατοκαλλιέργειες και τους οργανισμούς εμποδίζουν την οικονομική αξιολόγηση τονίζοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα. Το κενό αυτό θα καλυφθεί εάν υπάρξει σχεδιασμός για μελέτες σε τοπικές

⁶⁸ Ibid. p. 121.

κλίμακες, με τη συλλογή και αξιολόγηση των δεδομένων με στόχο την βιωσιμότητα των πόρων και των αγορών. Αυτές οι μελέτες θα θεωρηθούν πολύτιμες εάν είναι στοχοποιημένες σε ευαίσθητες περιοχές με ιδιαίτερη οικονομική σημασία.

Μέρος 2^ο

Κεφάλαιο 1^ο

Η οξίνιση του ωκεανού: Συμβάσεις - Πλαίσια & Πολιτικά κείμενα.

Τα περιβαλλοντικά κείμενα δεν υπόκεινται σε χωροθέτηση αποκτώντας χαρακτήρα διασυνοριακό και παγκόσμιο. Έτσι, εργαλεία και σχέδια δράσης για την επίλυση τους δημιουργούνται υπό το πρίσμα διεθνών συνεργασιών και μέσω του διεθνούς περιβαλλοντικού δικαίου. Ωστόσο, οι υφιστάμενες διεθνείς συνθήκες φαίνονται ακατάλληλες για την αντιμετώπιση της απειλής από την οξίνιση, η οποία επηρεάζει τον παγκόσμιο ωκεανό, τα οικοσυστήματα και εκείνους που εξαρτώνται από αυτά.

Δεδομένου ότι το επίπεδο του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αυξάνεται, ως αποτέλεσμα της συνεχιζόμενης καύσης ορυκτών και εκπομπών από τις αλλαγές στη χρήση γης, προκαλείται αύξηση του ποσού άνθρακα που απορροφάται από τον ωκεανό δημιουργώντας αλλαγές στη χημεία του, πιο όξινο περιβάλλον. Η οξίνιση του ωκεανού έχει γίνει κατανοητό ότι προκαλεί απειλές για τον άνθρωπο και θέτει σε κίνδυνο την ανάπτυξη του διαμέσου χρήσης των πόρων των ωκεανών, σε ταυτόχρονη τροχιά με την απειλή της αλλαγής του κλίματος.

Οι προκλήσεις, σε ακαδημαϊκούς κύκλους και σε ερευνητικές δραστηριότητες, δημιουργούν την ανάγκη για εξεύρεση λύσεων μέσα στο ευρύτερο πεδίο του περιβαλλοντικού δικαίου και της περιβαλλοντικής διακυβέρνησης. Η οξίνιση των ωκεανών απαιτείται να ενσωματωθεί, μέσω διακυβέρνησης και πολιτικής, σε περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές διαβουλεύσεις με μελλοντικό στόχο την βιωσιμότητα⁶⁹ της κοινωνίας σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα.

Η οξίνιση των ωκεανών δεν περιλαμβάνεται ρητά σε οποιαδήποτε διεθνή συνθήκη, συμπεριλαμβανομένων της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS), της Σύμβασης Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) και της Σύμβασης για τη Βιολογική Ποικιλότητα (CBD).

⁶⁹ Βλ. United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA), Ocean Acidification: A Hidden Risk for Sustainable Development, Policy Brief (UN-DESA, 2009).

Ωστόσο, αρκετές διεθνείς συμφωνίες και θεσμοί έχουν αρχίσει με διάφορους τρόπους να αντιμετωπίζουν την απειλή της οξίνισης, τοποθετώντας το φαινόμενο σε γενικά καλέσματα για περιβαλλοντικά προβλήματα και σε εισηγήσεις επιστημόνων σε συνέδρια και φόρουμ παγκόσμιου ενδιαφέροντος, όπως της UNFCCC για τις εκπομπές διοξειδίου και την σύνδεση των επιπτώσεων τους με την UNCLOS. Αντιθέτως, τα μέτρα προσαρμογής μπορούν να διατυπωθούν και να εφαρμοστούν μέσω των ήδη υπάρχοντων για τους ωκεανούς μέτρα διαχείρισης και διατήρησης. Ωστόσο, χωρίς να είναι απομονωμένες προσπάθειες προσαρμογής από τις συζητήσεις και τα σχέδια υλοποίησης της UNFCCC.

1.1. Συμβάσεις – Πλαίσια.

Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας.

Η Σύμβαση για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS)⁷⁰ αποτελεί το πρώτο νομικό πλαίσιο για τη ρύθμιση των δραστηριοτήτων σχετικά με τους ωκεανούς και τις θάλασσες, συμπεριλαμβανομένων ορισμένων διατάξεων για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και τη διατήρηση των θαλάσσιων ειδών, υποχρεώνοντας τα μέρη να προστατεύουν και να διατηρούν το θαλάσσιο οικοσύστημα⁷¹. Έτσι, τα κράτη απαιτείται ατομικά ή από κοινού, να λάβουν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη, τη μείωση και τον έλεγχο της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από οποιαδήποτε πηγή⁷². Δεδομένου ότι αυτό περιλαμβάνει τη ρύπανση από ή μέσω της ατμόσφαιρας, η απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα από το θαλάσσιο περιβάλλον υπόκειται στη δικαιοδοσία της Σύμβασης⁷³.

Το 2007, η οξίνιση των ωκεανών εμφανίστηκε επίσημα στη Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών στο ψήφισμα για τους ωκεανούς και το δίκαιο της θάλασσας⁷⁴. Στο προοίμιο, η Γενική Συνέλευση εξέφρασε την ανησυχία της για τις αρνητικές

⁷⁰ Βλ. Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας, εγκρίθηκε στις 10 Δεκεμβρίου 1982, τέθηκε σε ισχύ στις 16 Νοεμβρίου 1994. Διαθέσιμη στο: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:21998A0623\(01\)&from=EL](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:21998A0623(01)&from=EL).

⁷¹ Βλ. Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας, Άρθρο 192.

⁷² Βλ. Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας, Άρθρο 194.

⁷³ Βλ. Boyle A., Law of the Sea Perspectives on Climate Change, The International Journal of Marine and Coastal Law, 2012, Vol 27, p. 832.

⁷⁴ Βλ. Oceans and the Law of the Sea (UNGA Resolution A/RES/61/222, 16 March 2007)

επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος και της οξίνισης των ωκεανών στο θαλάσσιο περιβάλλον και τη βιοποικιλότητα του, μέσω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων⁷⁵. Επιπλέον, γίνεται αναφορά από τα μέλη για την ικανότητα των υφάλων να ανταπεξέλθουν στις συνθήκες της οξίνισης⁷⁶. Ωστόσο, μετά το 2008 γίνεται συχνά αναφορά για το φαινόμενο της οξίνισης σε ουσιαστικές ενότητες για το θαλάσσιο περιβάλλον και τους θαλάσσιους πόρους⁷⁷.

Λίγοι μελετητές έχουν μέχρι τώρα συζητήσει περαιτέρω με μεγάλη λεπτομέρεια για τον ρόλο της UNCLOS ως ένα καθεστώς προσαρμοσμένο στη διακυβέρνηση για την οξίνιση των ωκεανών και ιδιαίτερα για τον μετριασμό του φαινομένου. Η Σύμβαση ανταποκρίνεται στο φαινόμενο της οξίνισης μέσα από μια γενική θεώρηση για τη ρύθμιση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και τις έμμεσες επιπτώσεις στο οικοσύστημα και τους οικονομικούς πόρους, χωρίς να ενσωματώνονται περιοχές όπως οι περιοχές πέρα από την εθνική δικαιοδοσία και οι προστατευόμενες περιοχές⁷⁸.

Υπό το πρίσμα αυτό η Σύμβαση UNCLOS είναι επικουρική για το φαινόμενο της οξίνισης και επιφορτισμένη με την ρύθμιση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, όπως και η UNFCCC. Η UNCLOS είναι σε θέση να προσφέρει μέσω του Άρθρου 212 κατευθύνσεις για τα κράτη για τις εκπομπές άνθρακα και την ατμοσφαιρική ρύπανση, κάτι το οποίο συναντάται και μεταγενέστερα στο Πρωτόκολλο του Κιότο της UNFCCC. Ωστόσο, αυτό μπορεί να έχει αρκετά περιορισμένη χρήση, καθώς είναι πιθανό ότι τα περισσότερα μέρη του Παραρτήματος I της Σύμβασης⁷⁹ θα προβούν σε τήρηση του πλαισίου της Σύμβασης UNCLOS και του Πρωτοκόλλου της UNFCCC, αντίθετα με τις αναπτυσσόμενες χώρες οι οποίες δεν είναι νομικά δεσμευμένες να μειώσουν τις εκπομπές τους στο πλαίσιο του Κιότο. Εξέχουσα αναφορά πρέπει να γίνει για τις ΗΠΑ, καθώς για το πλαίσιο της UNCLOS δεν έχει

⁷⁵ Βλ. Oceans and the Law of the Sea (UNGA Resolution A/RES/63/111, 12 February 2009).

⁷⁶ Ibid. «climate change . . . has weakened the ability of reefs to withstand ocean acidification».

⁷⁷ Βλ. Oceans and the Law of the Sea (UNGA Resolution A/RES/62/215, 14 March 2008), παράγραφος 81.

⁷⁸ Βλ. Ardron J. A., Rayfuse R., Gjerde K., Warner R., The sustainable use and conservation of biodiversity in ABNJ: What can be achieved using existing international agreements?, Marine Policy, 2014, p. 3.

⁷⁹ Στο Παράρτημα I της Σύμβασης γίνεται αναφορά στα ανεπτυγμένα κράτη.

υπογράψει και για το Πρωτόκολλο του Κιότο έχει αποσυρθεί υπό την Προεδρία του Ντόναλντ Τραμπ⁸⁰.

*Σύμβαση - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την
Κλιματική Αλλαγή.*

Έχει επισημανθεί ότι η κύρια λύση για το φαινόμενο της οξίνισης περιορίζεται στα μέτρα για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Παρότι, η UNFCCC έχει σημαντικό ρόλο ως προς την συμμόρφωση των δεσμεύσεων για τη μείωση των εκπομπών και την προσαρμογή των μέτρων σε περιοχές εκτός εθνικής δικαιοδοσίας, η γενικότερη εντολή για μείωση των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των αέριων του θερμοκηπίου έρχεται από την Σύμβαση – Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή. Η Σύμβαση απαιτεί την σταθεροποίηση των αερίων του θερμοκηπίου σε χρόνο επαρκή για τα οικοσυστήματα με σκοπό να προσαρμοστούν στις αλλαγές του κλίματος και να διασφαλιστεί η παραγωγή τροφίμων χωρίς να παρεμποδίζεται η οικονομική ανάπτυξη με βιώσιμο τρόπο⁸¹.

Στην UNFCCC έχουν ληφθεί υπόψη οι επιπτώσεις της αύξησης του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα στον ωκεανό θεωρώντας ότι ο ωκεανός, συμπεριλαμβανομένης και της θαλάσσιας βιοποικιλότητας, είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι του παγκόσμιου κλιματικού συστήματος. Ταυτόχρονα, ότι η οξίνιση δημιουργεί επιπτώσεις στα ατμοσφαιρικά συστατικά του κλίματος, ενώ παράλληλα η αλλαγή στη χημεία των ωκεανών αποτελεί απειλή για την παραγωγή τροφής και για την βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη.

Τα Συμβαλλόμενα μέρη έχουν υποχρέωση για μείωση των εκπομπών, να συνειδητοποιήσουν τα θέματα που αφορούν την οξίνιση των ωκεανών, όχι όμως ρητά, και να δεσμευτούν με ειδικούς μηχανισμούς και εργαλεία για την καταπολέμηση των ρύπων⁸².

Από το 2005 η οξίνιση των ωκεανών ανήκει στην θεματολογία του «διαλόγου έρευνας» μεταξύ της επιστημονικής κοινότητας και των συμβαλλόμενων μερών

⁸⁰ <https://psmag.com/environment/six-points-trump-and-paris-agreement>

⁸¹ Βλ. United Nations Framework Convention on Climate Change, Άρθρο 2.

⁸² Βλ. Harrould-Kolieb E., Herr D., Ocean acidification and climate change: synergies and challenges of addressing both under the UNFCCC. Climate Policy, 2011, Vol 0, p. 4.

της UNFCCC στην ετήσια συνάντηση υπό το βλέμμα του SBSTA⁸³. Από το 2010, το φαινόμενο της οξίνισης χαρακτηρίστηκε ως ένα από τα πιο πειστικά αναδυόμενα επιστημονικά ζητήματα με ανάγκη προτεραιότητας για την επίλυση του σύμφωνα με την UNFCCC⁸⁴.

Την ίδια χρονιά στη Συμφωνία του Κανκούν, στην δέκατη έκτη Διάσκεψη των συμβαλλόμενων μερών, εμφανίζεται το φαινόμενο της οξίνισης των ωκεανών σε υποσημείωση του πλαισίου αναφερόμενο ως «slow onset event»⁸⁵ το οποίο προκαλείται από την αλλαγή του κλίματος⁸⁶.

Το 2013, ο παγκόσμιος μηχανισμός της Βαρσοβίας⁸⁷ για απώλειες και ζημιές που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, συμφώνησε ότι απαιτείται ενισχυμένη γνώση για την κατανόηση του κινδύνου, ενώ παράλληλα επισήμανε την απαραίτητη συλλογή δεδομένων και πληροφοριών. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η διάχυση της γνώσης για διαχείριση του κινδύνου, της οικονομικής απώλειας και της ζημίας στο οικοσύστημα λόγω της οξίνισης των ωκεανών⁸⁸.

Ωστόσο, από την αναγνώριση του φαινομένου ως slow onset event δημιουργείται το ερώτημα αν πρέπει να αντιμετωπιστεί ως ισότιμο πρόβλημα με την κλιματική αλλαγή ή απλά ως συνέπεια του;

Η απάντηση του ερωτήματος γεννά συζητήσεις καθώς συνεπάγεται και διαχωρισμός μεταξύ των αερίων του θερμοκηπίου και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Οι επιπτώσεις της οξίνισης μέχρι στιγμής δεν εξετάζονται σε κάποιο διεθνές πλαίσιο ώστε ο άνθρωπος να είναι σε θέση να τις αντιμετωπίσει δημιουργώντας έτσι ένα θεσμικό κενό· μιλώντας πάντα στην περίπτωση διαχωρισμού του φαινομένου από την Κλιματική Αλλαγή.

Ενώ η κοινωνία των πολιτών μέσα από ευαισθητοποιημένες δράσεις στα πλαίσια της UNFCCC έχει αναγνωρίσει την σπουδαιότητα της οξίνισης, οι απαντήσεις και

⁸³ Το SBSTA (Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice) είναι ένα από τα δύο μόνιμα επικουρικά όργανα της Συνέλευσης και συγκροτήθηκε από τα COP/CMP (Conference of the Parties/Meeting of the Parties). Υποστηρίζει τις εργασίες των COP και των CMP μέσω της παροχής έγκαιρων πληροφοριών και συμβουλών σε επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα τα οποία σχετίζονται με τη Σύμβαση και τα εξειδικευτικά Πρωτόκολλα. <http://unfccc.int/bodies/body/6399.php>

⁸⁴ Βλ. UNFCCC/SBSTA 2010.

⁸⁵ Ως slow onset events χαρακτηρίστηκαν επίσης η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η αύξηση της θερμοκρασίας και ερημοποίηση δημιουργώντας επιπλέον στόχους μετριασμού.

⁸⁶ Βλ. UNFCCC 2011, Decision 1/CP.16.

⁸⁷ Ονομάστηκε έτσι, καθώς πραγματοποιήθηκε στην πόλη.

⁸⁸ Βλ. UNFCCC 2013, Decision 2/CP.19.

οι διαπραγματεύσεις εξακολουθούν να είναι περιορισμένες. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ότι το θεσμικό σύστημα της UNFCCC έχει ενσωματώσει μια λίστα απειλών για το περιβάλλον αρκετά μεγάλη και δύσκολη προς επίλυση.

Σύμβαση για τη Βιολογική Ποικιλότητα.

Δεδομένων των επιπτώσεων της οξίνισης των ωκεανών στο θαλάσσιο περιβάλλον και τη βιοποικιλότητα, ανάλυση στο Μέρος 1^ο κεφ. 2, η Σύμβαση για τη Βιολογική Ποικιλότητα⁸⁹ (CBD) πρέπει να ληφθεί υπόψη στην ανάλυση αυτής της εργασίας. Η CBD έχει τρεις στόχους, την διατήρηση της βιολογικής ποικιλομορφίας, τη βιώσιμη χρήση των βιολογικών πόρων και την δίκαιη και ισότιμη κατανομή των οφελημάτων που προκύπτουν από τη χρήση των γενετικών πόρων⁹⁰.

Το 2008 η CBD εξέφρασε την ανησυχία της σχετικά με την οξίνιση των ωκεανών και αναγνώρισαν το φαινόμενο ως απειλή η οποία μπορεί να επιταχύνει την απώλεια της θαλάσσιας βιοποικιλότητας. Ταυτόχρονα, θεωρήθηκε ως απειλή για τη ζωή και την οικονομία, καθώς εξαρτάται από τη βιώσιμη χρήση των θαλάσσιων πόρων και την εμπορική εκμετάλλευση των θαλάσσιων γενετικών πόρων. Συγκεκριμένα, το φαινόμενο της οξίνισης εμποδίζει τα προγράμματα δράσης και τις συστάσεις της Σύμβασης για τα συμβαλλόμενα μέρη, ώστε να επιτύχουν τους τρεις στόχους της⁹¹. Καθώς, οι δραστηριότητες της CBD περιορίζονται στην κατανόηση του ζητήματος, στην βελτίωση της προσαρμοστικής ικανότητας και την ευαισθητοποίηση και όχι στον μετριασμό του φαινομένου.

Επιπλέον, το 2008 η αναφορά για τις επιπτώσεις της οξίνισης των ωκεανών στη θαλάσσια βιοποικιλότητα μέσω του CBD Technical Series συνέβαλε στην καλύτερη κατανόηση των επιπτώσεων του φαινομένου⁹². Επιπλέον, στο πλαίσιο της CBD έχουν γίνει εργασίες ώστε τα συμβαλλόμενα μέρη της σύμβασης να έχουν καθοδήγηση ως προς τα μέτρα προσαρμογής. Το 2012 στο Joint Expert Review Meeting για τις επιπτώσεις της οξίνισης των ωκεανών στη βιολογική ποικιλότητα δημιουργήθηκε και το CBD Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice (SBSTTA) ώστε να δοθούν οδηγίες και πρακτικές απαντήσεις για τις επιπτώσεις της

⁸⁹ Βλ. Σύμβαση για τη Βιολογική Ποικιλότητα, εγκρίθηκε στις 22 Μαΐου 1992, τέθηκε σε ισχύ στις 23 Δεκεμβρίου 1993. Διαθέσιμο στο: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>

⁹⁰ Βλ. Convention on Biological Diversity, Άρθρο 1.

⁹¹ Βλ. Secretariat of the CBD 2004. Διαθέσιμο στο: <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8378>

⁹² Βλ. Secretariat of the CBD 2009. Διαθέσιμο στο: <https://www.cbd.int/doc/quarterly/qr-46-en.pdf>

οξίνισης και τις δραστηριότητες που αφορούν την παράκτια βιοποικιλότητα⁹³. Συγκεκριμένα, οι κυβερνήσεις και οι σχετικοί οργανισμοί πρέπει να κάνουν χρήση αυτών των οδηγιών, κατά περίπτωση, ώστε να μειωθούν οι διάφορες απειλές από την οξίνιση των ωκεανών σε ευπαθή οικοσυστήματα και για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των οικοσυστημάτων μέσα σε ένα εύρος διαχείρισης ανάλογα την περιοχή μελέτης⁹⁴.

Ως ειδικά μέτρα προσαρμογής για την οξίνιση σε περιοχές, όπως τα εκκολαπτήρια οστρακοειδών, αναφέρονται συνήθως η μείωση άλλων επαγόμενων για τον άνθρωπο παραγόντων και η αντοχή, με κύρια πρόταση τη δημιουργία Θαλάσσιων Προστατευόμενων Περιοχών, αποφεύγοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάλυση για τις πρακτικές αντιμετώπισης του φαινομένου⁹⁵. Παρόλα αυτά ακόμα και οι πρακτικές για τις Θαλάσσιες Προστατευόμενες Περιοχές θα πρέπει να αναθεωρηθούν ώστε να είναι πιο αποτελεσματική η αντιμετώπιση της οξίνισης των ωκεανών.

Η Διάσκεψη των Μερών της Σύμβασης το 2010 στη Ναγκόγια της Ιαπωνίας, προσπάθησε επίσης να αυξήσει την δράση της για την οξίνιση των ωκεανών, καλώντας τα Συμβαλλόμενα Μέρη να ορίσουν τις σχετιζόμενες με την κλιματική αλλαγή συνέπειες για την θαλάσσια και παράκτια βιοποικιλότητα, συμπεριλαμβάνοντας και τις επιπτώσεις της οξίνισης, ως άμεσες συνέπειες της αύξησης της συγκέντρωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα⁹⁶.

Το 2012 η Διάσκεψη των Μερών, υιοθέτησε ένα Στρατηγικό Πλάνο, ενσωματώνοντας τους Aichi Targets της Σύμβασης για τη Βιοποικιλότητα. Έτσι, σύμφωνα με τον στόχο 10, θα έπρεπε να ελαχιστοποιηθούν οι ανθρωπογενείς πιέσεις στους κοραλλιογενείς υφάλους και σε άλλα ευπαθή οικοσυστήματα ώστε να διατηρηθεί η ακεραιότητα και η λειτουργία τους⁹⁷.

⁹³ Βλ. CBD/SBSTTA. Addressing adverse impacts of human activities on marine and coastal biodiversity, including coral bleaching, ocean acidification, fisheries and underwater noise. Executive Summary. 16th meeting, March 2012, UNEP/CBD/SBSTTA/16/6, Montreal, Canada.

⁹⁴ Ibid.

⁹⁵ Βλ. Raphaël B., Kelly R., Biastoch A., Harrould-Kolieb E., Herr D., Joos F., Kroeker K., Laffoley D., Oschlies A., Gattuso J. P., Taking Action Against Ocean Acidification: A Review of Management and Policy Options. Environmental Management, 2013, Vol 4, p. 770.

⁹⁶ Βλ. CBD COP 10, Marine and coastal biodiversity, UNEP/CBD/COP/DEC/X/29, October 2010, Nagoya, Japan.

⁹⁷ Βλ. CBD COP 12, The Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets, UNEP/CBD/COP/DEC/X/2, October 2012, Pyeongchang, Korea.

Συμπερασματικά, για την CBD είναι σημαντικό να γίνει διάχυση της γνώσης, συνέργειες με συναφείς συμβάσεις και οργανισμούς, όπως την UNFCCC, τον FAO και η αποκτηθείσα γνώση για το φαινόμενο της οξίνισης θα πρέπει να ενσωματώνεται άμεσα στο υφιστάμενο έργο της Σύμβασης, ειδικά αν πρόκειται για νέες μελέτες.

1.2. Διαδικασίες Πολιτικής & Πολιτικά κείμενα.

Οι φορείς χάραξης πολιτικής που ο ρόλος τους είναι η δημιουργία προτύπων για το Διεθνές Δίκαιο, στην περίπτωση της οξίνισης των ωκεανών είναι η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών και οι εκδηλώσεις υψηλού επιπέδου όπως το Ριο+20. Μέσα τις προσπάθειες αυτών των φορέων ξεκινά η μελέτη και η υποβολή συστάσεων για την προώθηση της διεθνούς συνεργασίας και την τόνωση διεθνών δράσεων για την προστασία του περιβάλλοντος.

Η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών είναι το κύριο όργανο των Ηνωμένων Εθνών που χαράσσει πολιτική, κινεί δράσεις και επηρεάζει τις ζωές εκατομμυρίων ανθρώπων πάντοτε με δημοκρατικό χαρακτήρα. Στο κομμάτι της οξίνισης των ωκεανών προβαίνει σε πρωτοβουλίες συνεργασίας οι οποίες στοχεύουν στην επιστήμη, στην παρακολούθηση και την έρευνα του φαινομένου καθώς και σε μέτρα προσαρμογής και μετριασμού του.

Για τους ερευνητές του φαινομένου της οξίνισης των ωκεανών, οι οποίοι αντιλαμβάνονται την τεράστια απειλή που προκαλεί βραχυπρόθεσμα, τίθεται το ερώτημα εάν δύναται η οξίνιση των ωκεανών να ανυψωθεί στην πολιτική ατζέντα της Γενικής Συνέλευσης;

Στην έκθεση της Γενικής Συνέλευσης το 2005, μέσα από επιστημονικές και τεχνικές μελέτες αναδεικνύονταν οι επιπτώσεις της αυξημένης συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα στις πτυχές της διατήρησης και της βιώσιμης χρήσης της θαλάσσιας βιοποικιλότητας πέραν του ορίου εθνικής δικαιοδοσίας⁹⁸.

Το 2006 στην ημερήσια διάταξη της Γενικής Συνέλευσης εντάχθηκε για πρώτη φορά η ανησυχία των μελών για την οξίνιση των ωκεανών, αναφέροντας τις

⁹⁸ Βλ. UNGA 2005. Oceans and the law of the sea. Report of the Secretary-General Addendum, 15 July 2005. A/60/63/Add.1.

Διαθέσιμο στο: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N05/425/11/PDF/N0542511.pdf?OpenElement>

αρνητικές επιπτώσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, της αλλαγής του κλίματος και της οξίνισης των ωκεανών για τα θαλάσσιο περιβάλλον και τη θαλάσσια βιοποικιλότητα, στα πλαίσια του ετήσιου ψηφίσματος για τους ωκεανούς και το δίκαιο της θάλασσας⁹⁹.

Για τα επόμενα χρόνια μέχρι και σήμερα η Γενική Συνέλευση συνεχίζει να εκφράζει την ανησυχία της για τις αρνητικές επιπτώσεις της οξίνισης μιλώντας πλέον για τις συνέπειες και σε συγκεκριμένα οικοσυστήματα, όπως οι κοραλλιογενείς ύφαλοι. Ο ΟΗΕ από το 2008 και έπειτα, μέσω των Γενικών του συνελεύσεων ενθαρρύνει επανειλημμένα τα συμβαλλόμενα μέρη να αυξήσουν τα μέτρα αντιμετώπισης για την οξίνιση μέσα από εθνικές, περιφερειακές και διεθνείς προσπάθειες κυρίως για τα ευπαθή οικοσυστήματα λαμβάνοντας υπόψη τα συμπεράσματα της αναφοράς του IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) του 2007¹⁰⁰.

Το 2012, χρονιά ορόσημο για τα Ηνωμένα Έθνη, καθώς ερχόμαστε 20 χρόνια μετά την Συνθήκη του Ρίο. Οι διασκέψεις του Ρίο ήταν σημαντικές για την ρύθμιση της κατάστασης και την δημιουργία πρωτοβουλιών για απειλές που γεννιόντουσαν ή είχαν αρχίσει να γίνονται ορατές για την διεθνή κοινότητα. Έτσι, σε συνέχεια της Συνθήκης του 1992 η διεθνής κοινότητα συνεδρίαζε κάθε δέκα χρόνια για την εξέλιξη και την πορεία των περιβαλλοντικών ζητημάτων τα οποία δημιουργούν πιέσεις στον κόσμο. Η αρχή ξεκίνησε το 2002 στο Γιοχάνεσμπουργκ, στην Διάσκεψη κορυφής για την Βιώσιμη Ανάπτυξη και η συνέχεια ήταν πάλι στο Ρίο το 2012, με ένα τελικό έγγραφο «Ρίο+20 Το Μέλλον που Θέλουμε»¹⁰¹. Πλέον, στις σκέψεις των μερών ενσωματώνονται οι λέξεις πρόληψη και ενίσχυση για τις κοινότητες και επαναλαμβάνεται η ανάγκη για συνέργειες στην έρευνα και την παρακολούθηση¹⁰². Επίσης, εκφράστηκε ο παγκόσμιος συναγερμός κυρίως για τις

⁹⁹ Βλ. UNGA. 2006. Oceans and the law of the sea. Resolution adopted by the General Assembly, 20 December 2006. A/RES/61/222. Διαθέσιμο στο: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N06/507/69/PDF/N0650769.pdf?OpenElement>.

¹⁰⁰ Βλ. IPCC. 2007b. Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC.

¹⁰¹ Βλ. UNGA. 2012. The future we want. Resolution adopted by the General Assembly, 27 July 2012, A/66/288. Διαθέσιμο στο: http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_66_288.pdf.

¹⁰² Βλ. UNGA 2012a. Oceans and the law of the sea. Resolution adopted by the General Assembly, 11 December 2012. A/RES/67/78, § 144. Διαθέσιμο στο: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N12/483/28/PDF/N1248328.pdf?OpenElement>.

ευάλωτες αναπτυσσόμενες χώρες για τις επιπτώσεις της αύξησης των εκπομπών. Επιπλέον, θωρήθηκε απαραίτητη η ανάπτυξη μέτρων προσαρμογής και η χρήση προληπτικών δράσεων για την προστασία του περιβάλλοντος¹⁰³.

Τέλος, τονίστηκε η συλλογική εργασία για την αποτροπή της περαιτέρω αύξησης του φαινομένου¹⁰⁴ καθώς και η δημιουργία ενεργειών για επιπρόσθετα βήματα στην αποτελεσματική λειτουργία του υπάρχοντος διεθνούς πολιτικού τοπίου και των αντίστοιχων φόρουμ.

Τον Ιούνιο του 2013, τα Ηνωμένα Έθνη προέβησαν σε μια ενέργεια, καλώντας σε ειδικού τύπου σύνοδο τα Μέρη, United Nations Open-ended Informal Consultative Process on Oceans and the Law of the Sea (UNICPOLOS, εν συντομία ICP), η οποία είχε χαρακτήρα ανοιχτού τύπου και αποτελούσε μια άτυπη συμβουλευτική διαδικασία για τους ωκεανούς και το δίκαιο της θάλασσας¹⁰⁵. Η συνάντηση αυτή επικεντρώθηκε στις επιστημονικές και τεχνικές αναλύσεις για τις επιπτώσεις της οξίνισης χωρίς να συμπεριλαμβάνονται το πολιτικό και κανονιστικό πλαίσιο για το φαινόμενο.

Η ICP αποτέλεσε μη πολιτικό χώρο και ο ρόλος της ήταν η συλλογή πληροφοριών και η ανταλλαγή με άλλα φόρουμ τα όποια θεματικά επικεντρώνονται στις πτυχές της πολιτικής για το ζήτημα της οξίνισης. Ωστόσο, σημαντική ήταν η αναγνώριση της βάσης στην οποία στηρίχτηκαν όλες οι διαδικασίες. Συγκεκριμένα, η αναγνώριση, ακόμη και από τις ΗΠΑ, ότι ευθύνη για το φαινόμενο έχουν οι αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, αλλά χωρίς να γίνει συζήτηση για τον μετριασμό τους. Αυτή η ασφάλεια που δημιουργήθηκε από την ICP, δηλαδή ότι δεν θα υπάρξει λογοκρισία και καταμερισμός ευθυνών, διευκόλυνε στην κατανόηση του πόσο επείγον φαινόμενο πρέπει να θεωρηθεί η οξίνιση των ωκεανών.

Το 2015 είναι η χρονιά όπου τα Ηνωμένα Έθνη ήθελαν να έχουν καταφέρει να υλοποιήσουν ως ένα σημείο τους Αναπτυξιακούς Στόχους της Χιλιετίας

¹⁰³ Ibid. § 146.

¹⁰⁴ Ibid. § 144.

¹⁰⁵ Βλ. UNGA. 2013. Report on the work of the United Nations Open-ended Informal Consultative Process on Oceans and the Law of the Sea at its fourteenth meeting Letter from the Co-Chairs of the Consultative Process addressed to the President of the General Assembly, 17 July 2013. A/68/159. Διαθέσιμο στο: <http://undocs.org/A/68/159>

(Millennium Development Goals, MDGs)¹⁰⁶, του 2000, για τη βελτίωση των κοινωνικο-οικονομικών συνθηκών σε παγκόσμιο επίπεδο. Η οξίνιση των ωκεανών εφάπτεται σε αρκετούς από τους στόχους καθώς θέτει σε κίνδυνο τη θαλάσσια βιοποικιλότητα, την αλιεία μαλακίων και τις ευκαιρίες αναψυχής σε κοραλλιογενείς υφάλους¹⁰⁷.

Ο Στόχος 1 εξάλειψης της φτώχειας και της πείνας θα μπορούσε να συνδεθεί με τις απώλειες που οφείλονται στην οξίνιση των ωκεανών, καθώς όπως έχει αναφερθεί η επιρροή του φαινομένου σε αλιεύματα τα οποία έχουν εμπορική και διατροφική αξία για κάποιες κοινότητες είναι άμεση και επιδρά στον βιοπορισμό εκατομμυρίων ανθρώπων παγκοσμίως. Ο Στόχος 7 για την διασφάλιση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αντικρούεται με την απώλεια που προκαλεί το φαινόμενο σε πόρους, σε ιδιαίτερα οικοσυστήματα, όπως οι ύφαλοι, και τη βιοποικιλότητα¹⁰⁸. Η δημιουργία παγκόσμιας εταιρικής σχέσης για την ανάπτυξη, Στόχος 8, αμφισβητείται λόγω των δυσανάλογων επιπτώσεων μέσω της οξίνισης σε λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες και νησιωτικά κράτη, όσον αφορά τις συνέπειες στην διατροφική ασφάλεια και το εισόδημα. Επομένως, διαφαίνεται και η σύνδεση του φαινομένου της οξίνισης με στόχους που έχουν οικονομικό χαρακτήρα.

Σε συνέχεια των Στόχων τις Χιλιετίας έχουμε τους Στόχους της Βιώσιμης Ανάπτυξης (Sustainable Development Goals, SDGs) και τον Στόχο 14.3 για αντιμετώπιση των επιπτώσεων της οξίνισης των ωκεανών μέσω της συνεργασίας σε όλα τα επίπεδα.

Τα Ηνωμένα Έθνη μέσα από μια σειρά εθελοντικών δεσμεύσεων και δράσεων προσπαθούν να διαχύσουν την υπάρχουσα γνώση μεταξύ των μερών και στους πολίτες. Οι δεσμεύσεις αυτές αφορούν την αλιεία, τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, την αποκατάσταση των κοραλλιογενών υφάλων, τις συνέργειες σε ερευνητικό επίπεδο και τις επιπτώσεις της οξίνισης στα θαλάσσια οικοσυστήματα¹⁰⁹

¹⁰⁶ Βλ. United Nations Millennium Development Goals. Διαθέσιμο στο: <http://www.un.org/millenniumgoals/reports.shtml>.

¹⁰⁷ Βλ. Cooley S. R., Mathis J. T., Addressing Ocean Acidification as Part of Sustainable Ocean Development, Issues and Prospects, Ocean Yearbook, 2012, Vol 27, p. 44.

¹⁰⁸ Βλ. Hofmann G. E., et al., 2010, op.cit.

¹⁰⁹ Βλ. Αναλυτικές πληροφορίες για τις δεσμεύσεις στο: <https://oceanconference.un.org/coa/OceanAcidification>

Κεφάλαιο 2^ο

Οι νέες προκλήσεις της ανθρωπότητας. Μετριασμός και Προσαρμογή.

Υπάρχουν αρκετές ανθρωπογενείς δραστηριότητες που ευθύνονται για την αλλαγή του pH των ωκεανών, ωστόσο η κύρια παγκόσμια αιτία είναι η απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Επομένως, όσο οι συγκεντρώσεις του CO₂ αυξάνονται, τόσο το pH της θάλασσας θα μειώνεται. Ωστόσο, ακόμη και να εξαλειφθούν όλες οι εκπομπές άνθρακα, το pH θα συνεχίσει να μειώνεται για αρκετές δεκαετίες έως εκατοντάδες χρόνια λόγω της συσσωρευμένης ποσότητας διοξειδίου που υπάρχει ήδη στην ατμόσφαιρα.

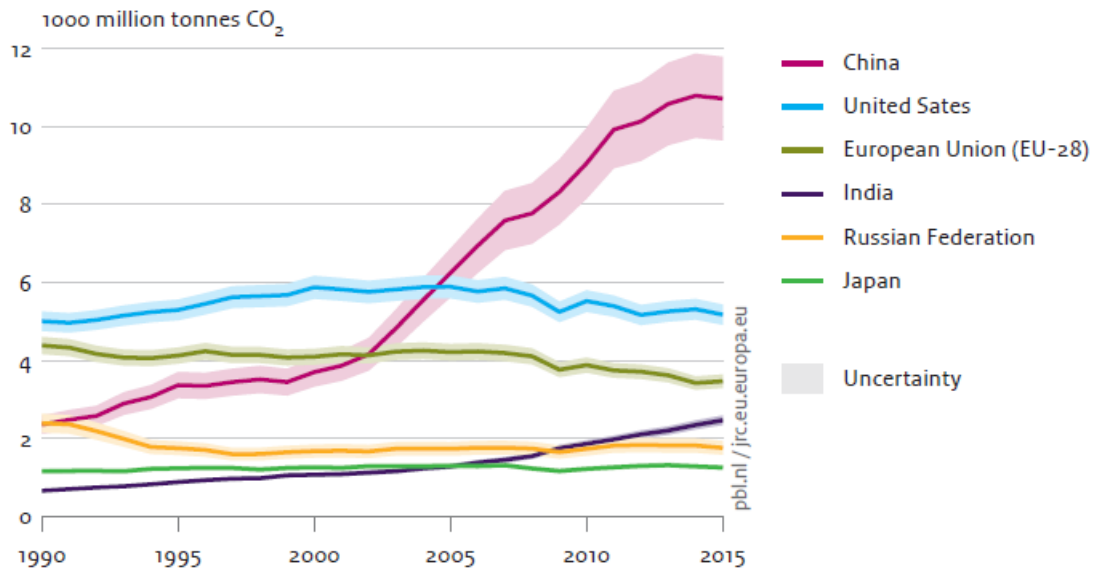
Όσο οι εκπομπές CO₂ για τους μεγαλύτερους παραγωγούς ρύπων παραμένουν ανεξέλεγκτες, τόσο πιο δυναμική θα είναι και αύξηση του φαινομένου της οξίνισης. Ωστόσο, αυτό αποτελεί αγκάθι για τις κοινωνίες όπου πάνω από το 75% της συνολικής παραγωγής ενέργειας προέρχεται από την καύση ορυκτών εκπέμποντας διοξείδιο του άνθρακα. Οι ΗΠΑ ήταν ο κορυφαίος παραγωγός ρύπων, ωστόσο την σκυτάλη έχει πάρει η Κίνα αφήνοντας άλλα βιομηχανικά κράτη, όπως η Ινδία, η Ρωσία και η Ιαπωνία να βρίσκονται πίσω σε ποσοστά (Σχήμα 7)¹¹⁰.

Σημαντική παρατήρηση από τις τελευταίες μελέτες είναι η ποσότητα εκπομπών ανά κάτοικο μεταξύ της Κίνας και των ΗΠΑ. Σύμφωνα με το Σχήμα 8, στην Κίνα η κατά κεφαλήν παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα είναι χαμηλότερη κατά 15 τόνους CO₂ από αυτή των ΗΠΑ, υποδεικνύοντας ότι υπάρχει μεγάλη δυνατότητα για μια εκθετική αύξηση του διοξειδίου καθώς αυξάνεται η κατανάλωση ενέργειας. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, πάνω από 440 εκατομμύρια Κινέζοι καθώς και πληθυσμός της υπόλοιπης Ασίας και Αφρικής έχουν καταστεί σημαντικοί καταναλωτές ενέργειας και εκπομπών χωρίς να απέχουν από το Δυτικό ρυθμό κατανάλωσης ενέργειας.

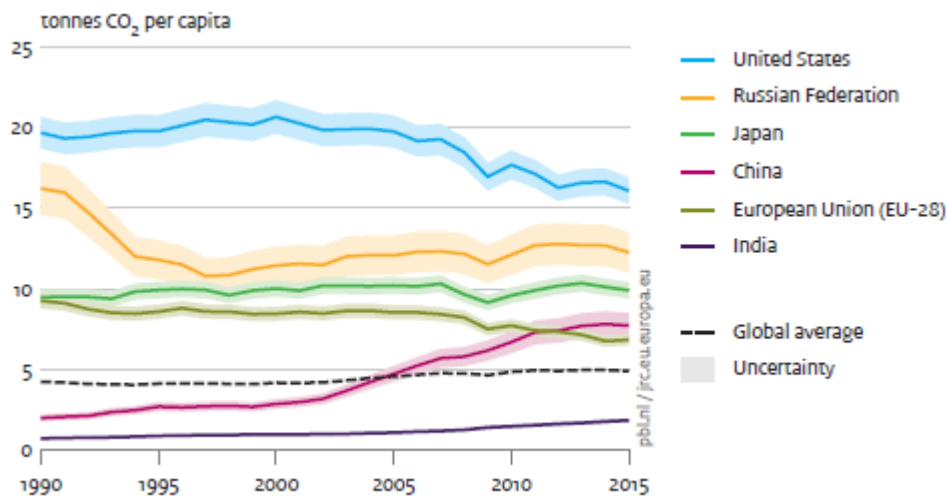
Ακόμη και όταν η διεθνής κοινότητα αγωνίζεται να αναπτύξει σχέδια μετριασμού και προσαρμογής, η παγκόσμια οικονομία αυξάνεται μέσα από την χρήση των ορυκτών

¹¹⁰ Βλ. Olivier J. G. J., Janssens-Maenhout G., Muntean M., Peters J., Trends in global CO₂ emissions: 2016 Report, European Commission Joint Research Centre Directorate Energy, Transport & Climate, JRC Science for Policy Report, 2016, Netherlands Environmental Assessment Agency, p. 14.

καυσίμων έναντι της καθαρής ενέργειας. Με αποτέλεσμα, δυστυχώς η οξίνιση να αποτελέσει ένα διαγενεακό πρόβλημα.



Σχήμα 7: Εκπομπές CO₂ από τη χρήση ορυκτών καυσίμων και την παραγωγή 5 χωρών και της Ευρωπαϊκής Ένωσης¹¹¹.



Σχήμα 8: Εκπομπές CO₂ από τη χρήση ορυκτών καυσίμων και την παραγωγή 5 χωρών και της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανά κάτοικο¹¹².

¹¹¹ Ibid.

¹¹² Ibid.

2.1. Μετρίασμός

Ο γενικός μετρίασμός των εκπομπών διοξειδίου το άνθρακα αποτελεί προσέγγιση για την αποτροπή της αύξησης της οξίνισης των ωκεανών. Μέχρι να επιτευχθεί αυτό, υπάρχουν αρκετές επιλογές μέσα από τη γεωμηχανική οι οποίες έχουν προταθεί για την αύξηση των ιόντων pH ή των ανθρακικών ιόντων.

Ωστόσο, αυτές οι επιλογές έχουν υψηλό κόστος και μπορούν να εφαρμοστούν σε μικρής κλίμακας πειράματα, ώστε να προσδιοριστεί με ακρίβεια η βοήθεια που μπορούν να παρέχουν¹¹³. Επιπλέον, η βοήθεια μέσω της ηλεκτροχημείας για την διάσπαση του ανθρακικού ασβεστίου και την αύξηση της αλκαλικότητας σε μια περιοχή με τη χρήση διαλυμάτων υπόσχεται μια πιθανή επίλυση. Όμως, αυτό θα λειτουργούσε σε κλειστά ή ημίκλειστα συστήματα με την περίπτωση εφαρμογής σε ανοιχτή περιοχή να είναι ανέφικτη για μακρά περίοδο¹¹⁴. Άλλες προτάσεις περιλαμβάνουν την απευθείας προσθήκη ασβεστίτη στον ωκεανό ή τη δημιουργία τεχνητών ασβεστολιθικών υφάλων για τις κοινότητες κοντά σε φυσικούς υφάλους οι οποίοι έχουν υποστεί ζημιές από την οξίνιση.

Οι επιλογές που προσφέρουν η ηλεκτροχημεία ή τεχνητοί ύφαλοι μπορούν να αντισταθμίσουν τις επιπτώσεις της οξίνισης σε τοπικό περιβάλλον, ωστόσο η παγκόσμια μείωση των εκπομπών θα είναι πιο αποτελεσματική μακροπρόθεσμα έναντι των διασκορπισμένων περιφερειακών γεωχημικών εφαρμογών.

Η μόνη διαδικασία που θα επιτρέψει πλήρως το pH του ωκεανού στην προβιομηχανική περίοδο και να αφαιρέσει όλο το ανθρωπογενές διοξείδιο του άνθρακα είναι η προσθήκη ανθρακικών ορυκτών στον ωκεανό που προέρχονται από τη φυσική διάβρωση και τις καιρικές συνθήκες. Αποτελεί μια αρκετά αργή επίλυση, καθώς εκατοντάδες, χιλιάδες αν όχι εκατομμύρια χρόνια θα χρειαστούν ώστε να αφαιρεθεί το CO₂ που έχει απελευθερωθεί σε δύο αιώνες βιομηχανικών δραστηριοτήτων.

¹¹³ Βλ. Rau G. H., McLeod E. L., Hoegh-Guldberg O., The need for new ocean conservation strategies in a high-carbon dioxide world, *Nature Climate Change*, 2012, Vol 10, p. 721.

¹¹⁴ Βλ. Rau G. H., Electrochemical splitting of calcium carbonate to increase solution alkalinity: Implications for mitigation of carbon dioxide and ocean acidity, *Environmental Science & Technology*, 2008, Vol 23, p. 8936.

Όσο περισσότερο περιμένουμε να εφαρμόσουμε ευρείες προσπάθειες μετριασμού, τόσο περισσότερο το pH του ωκεανού θα μειώνεται και έτσι θα αυξάνεται ο απαιτούμενος χρόνος για να ανατραπεί η ζημιά που θα έχει προκληθεί.

2.2. Προσαρμογή

Αν και ο μετριασμός των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και τους ωκεανούς μπορεί να μην αποτελεί πρακτική λύση σε περιφερειακή κλίμακα, υπάρχουν και άλλες περιφερειακές προσαρμογές για την προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων από την οξίνιση των ωκεανών.

Η διατήρηση των ευαίσθητων θαλάσσιων περιοχών με οικονομικό ενδιαφέρον σε σταθερό ρυθμό μπορεί να υλοποιηθεί μέσω της απασχόλησης και τις στρατηγικές δράσεις. Αυτές οι προσαρμογές, όχι μόνο θα βοηθήσουν τις ανθρώπινες κοινότητες με επιτυχία να αντιμετωπίσουν την πρώτη εμφάνιση των επιπτώσεων της οξίνισης των ωκεανών, αλλά θα συμβάλλουν στη γενικότερη υγεία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων ώστε να αναδείξουν την ανθεκτικότητα τους στις αλλαγές του κλίματος και τις συνέπειες της οξίνισης για την προώθηση της βιοποικιλότητας¹¹⁵.

Η παρακολούθηση των παραμέτρων που σχετίζονται με την οξίνιση των ωκεανών στο θαλασσινό νερό σε παγκόσμιο επίπεδο είναι απαραίτητη, διότι η καταγραφή της μεταβλητότητας της χημείας του ωκεανού παρέχει μια έγκαιρη προειδοποίηση προς τα ενδιαφερόμενα μέρη, όπως οι κοινότητες αλιείας, οι παραγωγοί υδατοκαλλιεργειών κυρίως οστρακοειδών. Η ανάπτυξη ενός διεθνούς δικτύου παρακολούθησης προωθεί τις συνεργασίες μεταξύ ΜΚΟ και χρηματοδοτικών οργανισμών και αποτελεί βραχυπρόθεσμη ή μεσοπρόθεσμη προσαρμογή για την αντιμετώπιση των συνεπειών της οξίνισης. Το δίκτυο για την οξίνιση των ωκεανών θα λειτουργεί κατά τον ίδιο τρόπο όπως ένα γραφείο καιρού, παρέχοντας έγκαιρες προειδοποιήσεις και προβλέψεις για τις συνθήκες των ωκεανών, ώστε οι κοινότητες και οι βιομηχανίες να μπορούν να προετοιμαστούν για την απειλή.

Ταυτόχρονα, η διαχείριση των υδάτων απορροής, των φερτών υλών και των θρεπτικών ουσιών από την οικιακή χρήση θα βοηθήσει στην υγεία των παράκτιων ειδών, στη διατήρηση του κύκλου στοιχείων όπως ο κύκλος αζώτου και ο κύκλος

¹¹⁵ Βλ. Mora C., Aburto-Oropeza O., Bocos A. A., Ayotte P. M., Banks S., Bauman A. G., Begger M., et al., Global human footprint on the linkage between biodiversity and ecosystem functioning in reef fishes, Plos Biology, 2011, Vol 9, p. 9.

του άνθρακα, με αποτέλεσμα όλων αυτών στην ανθεκτικότητα των παράκτιων οικοσυστημάτων¹¹⁶. Επομένως, οι κοινότητες εκτός από την θέσπιση πολιτικών ρύθμισης για τα ανωτέρω, μπορούν να προγραμματίσουν προσεκτικά την ανάπτυξη των ακτών για την μείωση των επιπτώσεων αυτών των διεργασιών.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των θαλάσσιων πόρων μπορεί επίσης να μειώσει τους παράγοντες στρες που προέρχονται από την οξίνιση των ωκεανών καθώς και από άλλες πιέσεις προς το θαλάσσιο οικοσύστημα. Η εξάλειψη της καταστρεπτικής αλιείας τύπου τράτα, ειδικά πάνω από ευπαθή οικοσυστήματα, όπως οι κοραλλιογενείς ύφαλοι ρηχών και βαθέων υδάτων, θα επιφέρει ενδυνάμωση της ανθεκτικότητας τους και διατήρηση της βιοποικιλότητας σε αυτούς τους οικοτόπους. Επιπλέον, διαμέσου της ορθής διαχείρισης η δυναμική του πληθυσμού των κοινοτήτων που εξαρτώνται από το θαλάσσιο οικοσύστημα δεν θα απειλείται, δημιουργώντας σταθερές συνθήκες για την διατροφική αλυσίδα και επομένως για την διατροφική ασφάλεια στο μέλλον¹¹⁷.

Η προσαρμογή στο κομμάτι των υδατοκαλλιεργειών, ενσωματώνεται στην προσαρμογή για βιώσιμη ανάπτυξη μέσα από το πρίσμα της οικονομίας. Από τη στιγμή που η Βιώσιμη Ανάπτυξη έχει γίνει παγκόσμιος στόχος, η σκέψη για ορθή χρήση των αλιεύσιμων πόρων περνάει από τον δρόμο της υδατοκαλλιέργειας, καθώς η καλλιέργεια, κυρίως εμπορεύσιμων ειδών, ελαφρύνει τα αποθέματα, δημιουργεί θέσεις εργασίας, με λίγα λόγια αποτελεί μια ολόκληρη βιομηχανία, με τα υπέρ και τα κατά που μπορεί να έχει. Η κατεύθυνση που πρέπει να ακολουθήσουμε για την αντιμετώπιση της οξίνισης στις υδατοκαλλιέργειες, κυρίως για την καλλιέργεια οστρακοειδών, είναι η προώθηση του κλειστού συστήματος. Καθώς, ο έλεγχος των συνθηκών της χημείας του νερού είναι εύκολο να ελέγχεται, χωρίς να επηρεάζονται τα πρώτα ευάλωτα στάδια της ζωής των εμπορεύσιμων ειδών.

Συμπερασματικά, τα μέτρα προσαρμογής για τους θαλάσσιους πόρους δεν μετριάζουν άμεσα τις επιπτώσεις της οξίνισης των ωκεανών αλλά αποτελούν ένα ανάχωμα για την βιωσιμότητα των κοινοτήτων.

¹¹⁶ Βλ. Howarth R., Swaney D., Billen G., Garnier J., Hong B., Humborg C., Johnes P., Morth G. M., Marino R., Nitrogen fluxes from landscape are controlled by net anthropogenic nitrogen inputs and by climate, *Frontiers in Ecology and Environment*, 2012, Vol 10, p. 37-43.

¹¹⁷ Ibid.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ~ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Αν και οι δραστηριότητες για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη προσανατολίζονται κατά κύριο λόγο προς το μέλλον, οι δράσεις για την βελτίωση του περιβάλλοντος οφείλουν να οριοθετούνται στο παρόν. Η κληρονομιά της ανθρώπινης ανάπτυξης έχει δημιουργήσει τις σημερινές συνθήκες, χωρίς αυτές να είναι τέλειες, επιφορτίζοντας τους με βάρη, όπως η κλιματική αλλαγή και η οξίνιση των ωκεανών. Και οι δύο αυτές διαδικασίες έχουν τις ρίζες τους στις ανθρωπογενείς εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, οι οποίες προέρχονται από τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Στην περίπτωση, που υπάρξουν αμειώτες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα το επίπεδο της ωκεάνιας οξίνισης θα αυξηθεί κατά τρεις φορές σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα μέχρι το τέλος αυτού του αιώνα, χρειάζοντας ως και δεκάδες χιλιάδες χρόνια για αποκατάσταση.

Η οξίνιση των ωκεανών η οποία προέρχεται από την πρόσληψη διοξειδίου του άνθρακα και επηρεάζει τον μηχανισμό του κύκλου του άνθρακα στη Γη αποτελεί γνωστή διεργασία, αυτό που πλέον τώρα γίνεται κατανοητό είναι η επίδραση αυτής της διαδικασίας σε πολλά θαλάσσια οικοσυστήματα. Τα ευαίσθητα είδη οργανισμών στην οξίνιση είναι κυρίως τα οστρακοειδή και τα κοράλλια με σκληρό σκελετό, ο οποίος έχει υψηλά ποσοστά ασβεστίου. Οι επιστήμονες επισημαίνουν για έναν επιπλέον λόγο την αξία των κοραλλιογενών υφάλων, ότι απαιτείται αρκετός χρόνος για να ανακτηθούν σε περίπτωση απώλειας τους και αυτό διότι έχουν αργό ρυθμό ανάπτυξης.

Ωστόσο, επηρεάζονται και είδη με φυσιολογικές λειτουργίες που επιδρούν σε αλλαγμένη χημική σύσταση του νερού, όπως τα καλαμάρια. Τα θαλάσσια οικοσυστήματα τα οποία βασίζονται σε αυτά τα είδη συναντώνται παγκοσμίως και είναι πιθανό να αλλάξουν σύσταση καθώς η οξίνιση των ωκεανών είναι αναπόφευκτη και ενισχύεται από τις συνεχιζόμενες εκπομπές. Οι επακόλουθες συνέπειες για τις ανθρώπινες κοινότητες που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τους θαλάσσιους πόρους είναι άμεσες και με έμμεσες συνδέσεις με την παγκόσμια ευημερία.

Επομένως, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, η κλιματική αλλαγή και η οξίνιση των ωκεανών αποτελούν ένα εννιαίο συνδεδεμένο σύστημα. Η σκέψη αυτή προέρχεται και από το Άρθρο 2 της Σύμβασης Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή. Παράλληλα, μέσω του συμπεράσματος αυτού οδηγούμαστε πως για να

αντιμετωπίσουμε ένα από τα ανωτέρω προβλήματα θα πρέπει να αντιμετωπιστούν ταυτόχρονα.

Οι διεθνείς προσπάθειες επικεντρώνονται επί του παρόντος κυρίως στον μακροπρόθεσμο στόχο για μετριασμό των ατμοσφαιρικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην βιώσιμη ανάπτυξη. Ωστόσο, υπάρχουν περιφερειακές πρωτοβουλίες μέσα από τις οποίες ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να κατανοήσει τις συνέπειες της οξίνισης και να εξομαλύνει τις πιέσεις που επιφέρει στους θαλάσσιους πόρους, μέσα από τη γνώση και την ενημέρωση.

Η διαχρονική παρακολούθηση της χημείας του ωκεανού μέσα από συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης σε περιφερειακό επίπεδο θα δημιουργήσει μια βάση πληροφοριών η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο για την αντιμετώπιση του φαινομένου της οξίνισης των ωκεανών. Η ολοκληρωμένη διαχείριση και σχεδιασμός των παράκτιων περιοχών θα συμβάλουν στην ανθεκτικότητα των θαλάσσιων οικοσυστημάτων παρέχοντας ασφάλεια στις κοινότητες που εξαρτώνται από τις οικοσυστημικές υπηρεσίες. Ο προσδιορισμός ειδών με ανθεκτικότητα στο φαινόμενο θα επιτρέψει στον άνθρωπο να διατηρήσει τη ροή της τροφικής αλυσίδας και να εξασφαλίσει τον βιοπορισμό του μέσα στις περιβαλλοντικές αλλαγές. Ως πολίτες και καταναλωτές, τα άτομα μπορούν να λάβουν μέτρα που θα βοηθούν τα θαλάσσια οικοσυστήματα να προσαρμοστούν στις αλλαγές.

Η οξίνιση του ωκεανού αποτελεί πρόκληση για το σημερινό πλαίσιο της Βιώσιμης Ανάπτυξης, καθώς οι ρίζες του φαινομένου είναι στο παρελθόν και η επίλυση αφορά τις προσπάθειες που πρέπει να γίνουν στο μέλλον. Ενώ ο μετριασμός και τελικά η κατάργηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στο περιβάλλον πρέπει να είναι ο πρώτος στόχος της διεθνούς κοινότητας, πρέπει να είμαστε ρεαλιστές σχετικά με το τι μπορεί να επιτευχθεί κατά τις επόμενες δεκαετίες, καθώς οι εναλλακτικές λύσεις της πράσινης ενέργειας συνεχίζουν να εξελίσσονται και να αποτελούν βραχυπρόθεσμα σχέδια, ίσως πρέπει να επικεντρωθούμε στην προσαρμογή. Αν και πολλές από τις λύσεις προσαρμογής είναι δαπανηρές και επιφέρουν αποτελέσματα μόνο σε περιφερειακό επίπεδο.

Τα περιβαλλοντικά κείμενα δεν υπόκεινται σε χωροθέτηση αποκτώντας χαρακτήρα διασυνοριακό και παγκόσμιο. Έτσι, εργαλεία και σχέδια δράσης για την επίλυση τους δημιουργούνται υπό το πρίσμα διεθνών συνεργασιών και μέσω του διεθνούς

περιβαλλοντικού δικαίου. Ωστόσο, οι υφιστάμενες διεθνείς συνθήκες φαίνονται ακατάλληλες για την αντιμετώπιση της απειλής από την οξίνιση, η οποία επηρεάζει τον παγκόσμιο ωκεανό, τα οικοσυστήματα και εκείνους που εξαρτώνται από αυτά.

Οι πολλαπλές διαστάσεις της οξίνισης των ωκεανών επιφέρουν εκτεταμένες συνέπειες σε παγκόσμια κλίμακα. Το φαινόμενο υπάρχει μέσα σε ένα πολύπλοκο θεσμικό τοπίο, και μια ιδιάζουσα διασύνδεση μεταξύ του κλίματος, της βιοποικιλότητας και των καθεστώτων για τους ωκεανούς.

Η οξίνιση των ωκεανών δεν περιλαμβάνεται ρητά σε οποιαδήποτε διεθνή συνθήκη, συμπεριλαμβανομένων της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS), της Σύμβασης Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) και της Σύμβασης για τη Βιολογική Ποικιλότητα (CBD). Η CBD και η UNCLOS έχουν εντολή την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας, αλλά δε ρυθμίζουν τις ατμοσφαιρικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η UNFCCC και το Πρωτόκολλο του Κιότο δεν έχουν δικαιοδοσία ή σαφή εντολή για την αποτροπή της οξίνισης των ωκεανών.

Ωστόσο, αρκετές διεθνείς συμφωνίες και θεσμοί έχουν αρχίσει με διάφορους τρόπους να αντιμετωπίζουν την απειλή της οξίνισης, τοποθετώντας το φαινόμενο σε γενικά καλέσματα για περιβαλλοντικά προβλήματα και σε εισηγήσεις επιστημόνων σε συνέδρια και φόρουμ παγκόσμιου ενδιαφέροντος, όπως της UNFCCC για τις εκπομπές διοξειδίου και την σύνδεση των επιπτώσεων τους με την UNCLOS. Αντιθέτως, τα μέτρα προσαρμογής μπορούν να διατυπωθούν και να εφαρμοστούν μέσω των ήδη υπάρχοντων για τους ωκεανούς μέτρα διαχείρισης και διατήρησης. Ωστόσο, χωρίς να είναι απομονωμένες προσπάθειες προσαρμογής από τις συζητήσεις και τα σχέδια υλοποίησης της UNFCCC.

Επίσης, σε θεσμικό επίπεδο έχουμε τις MEAs ως ένα μοντέλο πολυκεντρικής διακυβέρνησης με πλεονεκτήματα, στη περίπτωση της οξίνισης των ωκεανών παρουσιάζει ίσως αδυναμία, ως εκ' τούτου θα πρέπει να έχουμε ως δεύτερη σκέψη το κανονιστικό μοντέλο. Συγκεκριμένα, η πιθανότητα μιας πολυκεντρικής διακυβέρνησης για την οξίνιση των ωκεανών στο θεσμικό τοπίο θα παρουσιάζει διαρθρωτικά χαρακτηριστικά μεταβλητά, καθώς θα επηρεάζεται από το κλιματικό καθεστώς, ωστόσο μοναδικό πλεονέκτημα θα είναι η ευκαιρία που θα υπάρξει για μετριασμό του

φαινομένου. Ως εκ τούτου, είναι απίθανο ότι μια αναδυόμενη ανασυγκρότηση καθεστώτος ΜΕΑ να αντιμετωπίσει επαρκώς το φαινόμενο της οξίνισης στο μέλλον.

Ωστόσο, η δημιουργία μιας νέας ΜΕΑ με σαφή εντολή για παρεμβάσεις και προτάσεις για την αντιμετώπιση της οξίνισης των ωκεανών θα αποτελέσει μέρος μιας προσαρμοστικής διαδικασίας ενισχύοντας την προσαρμογή μεταξύ του Διεθνούς Περιβαλλοντικού Δικαίου και του συστήματος της Γης.

Αν και οι περισσότερες δραστηριότητες προσαρμογής για την οξίνιση των ωκεανών δεν θα επαναφέρουν τον χαμένο χρόνο για την υγεία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, αξίζει σίγουρα η προσπάθεια, ιδιαίτερα αν ο μετριασμός αρχίσει άμεσα.

Η ανάλυση των επιπτώσεων της οξίνισης σε οργανισμούς, κοινότητες και στον άνθρωπο μας κατευθύνει στο να κατανοήσουμε εύκολα την ανάγκη για οριζόντια αντιμετώπιση του φαινομένου σε περιφερειακό επίπεδο με άμεσα αποτελέσματα. Επίσης, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η δημιουργία κανονιστικού μοντέλου-κειμένου εξ' ολοκλήρου για το φαινόμενο δεν θα αποτελέσει υλοποιήσιμη πρόταση για την διεθνή κοινότητα, καθώς η αντιμετώπιση του αιτίου, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, αποτελεί αγκάθι για το περιβάλλον και την οικονομία.

Επιπλέον, η απάντηση του ερωτήματος που τέθηκε στην αρχή της έρευνας, για την ενσωμάτωση του φαινομένου σε ένα ήδη υπάρχον πλαίσιο, προκύπτει ότι η αναμόρφωση ενός πλαισίου δεν θα αποδώσει άμεσα τα πλεονεκτήματα των δράσεων που πρέπει να υλοποιηθούν από τα ενδιαφερόμενα μέρη για την άμεση αντιμετώπιση της οξίνισης των ωκεανών.

Τέλος, στο κομμάτι των πολιτικών κειμένων έχουν υπάρξει διεθνείς συνεργασίες για την τόνωση των δράσεων σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο. Τα Ηνωμένα Έθνη στις συναντήσεις τους για την πορεία των ωκεανών έχουν ως κύριο θέμα στην πολιτική τους ατζέντα την οξίνιση των ωκεανών, την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της και τις οδηγίες για τον μετριασμό τους. Μακροπρόθεσμος στόχος της διεθνούς κοινότητας είναι η πρόληψη, η διατήρηση, η προσαρμογή και όπως έχουμε προαναφέρει ο μετριασμός για τις επιπτώσεις των περιβαλλοντικών απειλών μέσα από προγράμματα δράσεων, με σχέδια στρατηγικής και διακηρυκτικά κείμενα, όπως τους Στόχους της Χιλιετίας και τους Στόχους για την Βιώσιμη Ανάπτυξη.

Επομένως, ένα γενικό συμπέρασμα, η αντιμετώπιση της οξίνισης των ωκεανών είναι μέρος της Βιώσιμης Ανάπτυξης, πρέπει να αναγνωρίσουμε την επείγουσα ανάγκη για

επίλυση του προβλήματος, πρέπει να ερευνήσουμε τις σύνθετες επιπτώσεις στις ανθρώπινες κοινότητες υπό το πρίσμα του μετριασμού και της προσαρμογής και για το τέλος πρέπει να ζήσουμε με την κληρονομιά της προηγούμενης ανάπτυξης διασφαλίζοντας τον χώρο ώστε και η επόμενη γενιά να μπορέσει να αναπτυχθεί.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Βιβλία

Τσάλτας, Γ. Ι. (2017). Περιβάλλον και Παγκόσμια Υποβάθμιση του. In Μ. Σ. Γρηγόρης Ι. Τσάλτας, Περιβάλλον: Διεθνής Προστασία, Πολιτική, Δίκαιο, Θεσμοί (pp. 1-649). Αθήνα: εκδόσεις Ι. Σιδέρης.

Ξενόγλωσση

Άρθρα

Abbasi T., Abbasi S. A., . (2011). Ocean Acidification: The Newest Threat to the Global Environment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*.

Archer D. (2005). Fate of fossil fuel CO₂ in geologic time. *Journal of Geophysical Research*, 1-6.

Ardron J. A., Rayfuse R., Gjerde K., Warner R. (2014). The sustainable use and conservation of biodiversity in ABNJ: What can be achieved using international agreements? *Marine Policy*, 1-11.

Barry P. J., Widdicombe S., Hall-Spencer J. M.,. (2011). Effects of ocean acidification on marine biodiversity and ecosystem function. In H. L. Gattuso J. P., *Ocean Acidification* (pp. 1-347). Oxford: Oxford University Press.

Barton A., Hales B., Waldbusser G. G. (2012). The Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, shows negative colleration to naturally elevated carbon dioxide levels: implications for near-tern ocean acidification effects. *Limnology and Oceanography*, 678-710.

Blackford J. C. (2010). Predicting the impacts of ocean acidification: Challenges from an ecosystem prespective. *Journal of Marine Systems*, 12-18.

Boyle A. (2012). Law of the Sea Perspectives on Climate Change. *The International Journal of Marine and Coastal Law*, 831-838.

Branch T. A., DeJoseph B. M., Ray L. J., et. al.,. (2013). Impacts of ocean acidification on marine seafood. *Trends in Ecology & Evolution*, 178-186.

C., O. J. (2011). Resent and Future Changes in Ocean Carbonate Chemistry. In J. P. Cattuso, & L. Hansson, *Ocean Acidification* (pp. 41-66). Oxford: Oxford University Press.

Cao L., Caldeira K., Jain A. K.,. (2007). Effects of carbon dioxide and climate change on ocean acidification and carbonate mineral saturation. *Geophysical Research Letters*, 1-5.

Cooley S. R., Kite-Powell H. L., Doney S. C. . (2009). Ocean acidification's potential to alter global marine ecosystems services. *Oceanography*, 172-181.

- Cooley S. R., Mathis J. T., (2012). Addressing Ocean Acidification as Part of Sustainable Ocean Development. *Ocean Yearbook*, 29-47.
- Dickson A. G., Sabine C. L., Christian J. R., (2007). Guide to best practices for ocean CO₂ measurements. *PICES Special Publication*, 1-191.
- Doney S. C., Balch W. M., Fabry V. J., Feely R. A., (2009). Ocean Acidification: a critical emerging problem for the ocean sciences. *Oceanography*.
- Doney S. C., Fabry V. J., Feely R. A., Kleypas J. A., (2009). Ocean acidification: the other CO₂ problem. *Annual Review of Marine Science*, 169-192.
- Feely R. A., Sabine C. L., Fabry V. J., (2006). Retrieved from www.oceanlegacy.org.
- Frieler K., Meinshausen M., Golly A., et. al., (2013). Limiting global warming to 2°C is unlikely to save most coral reefs. *Nature Climate Change*, 165-170.
- Gattuso J. P., Hansson L., (2008-2012). *European Project on Ocean Acidification (EPOCA)*. France: European Union.
- Harrould-Kolieb E., Herr D., (2011). Ocean acidification and climate change: synergies and challenges of addressing both under the UNFCCC. *Climate Policy*, 1-12.
- Hendriks I. E., Duarte C. M., Alvarez M. (2010). Vulnerability of marine biodiversity to ocean acidification: a meta-analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 157-164.
- Hilmi N., Allemand D., Dupont S., et. al. (2013). Towards improved socio-economic assessments of ocean acidification's impacts. *Marine Biology*, 1773-1787.
- Hilmi N., Allemand D., Kavanagh C., Laffoley D., Metian M., Osborn D., Reynaud S., (2015). *Bridging the Gap Between Ocean Acidification Impacts and Economic Valuation: Regional Impacts of Ocean Acidification on Fisheries and Aquaculture*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Hofmann G. E., Barry J. P., Edmunds P. J., Gates R. D., Hutchins D. A., Klinger T., Sewell M. A., (2010). The effect of ocean acidification on calcifying organisms in marine ecosystems: an organism to ecosystem perspective. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 127-147.
- Howarth R., Swaney D., Billen G., Garnier J., Hong B., Humborg C., Johnes P., Morth G. M., Marino R., (2012). Nitrogen fluxes from landscape are controlled by net anthropogenic nitrogen inputs and by climate. *Frontiers in Ecology and Environment*, 37-43.
- Hutchins D. A., Mulholland M. R., Fu F., (2009). Nutrient cycles and marine microbes in a CO₂ enriched ocean. *Oceanography*, 128-145.
- Laffoley D. d' A., Baxter J. M., (2010). Ocean Acidification: Questions Answered. *Ocean Acidification Reference User Group*.

- Metz B., Davidson O. R., Bosch P. R., Dave R., Meyer L. A., (2007). *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Miles H., Widdicombe S., Spicer J. I., Hall-Spencer J., (2007). Effects of anthropogenic seawater acidification on acid-base balance in the sea urchin *Psammechnus miliaris*. *Marine Pollution Bulletin*, 89-96.
- Mora C., Aburto-Oropeza O., Bocos A. A., Ayotte P. M., Banks S., Bauman A. G., Beger M., et al., (2011). Global human footprint on the linkage between biodiversity and ecosystem functioning in reef fishes. *Plos Biology*, 1-11.
- Narita D., Rehdanz K., Tol R. S. J., (2012). Economic costs of ocean acidification: a look into the impacts on shellfish production. *Climatic Change*, 1049-1063.
- Olivier J. G. J., Janssens-Maenhout G., Muntean M., Peters J., (2016). *Trends in global CO2 emissions: 2016 Report*. Netherlands: European Commission Joint Research Centre Directorate Energy, Transport & Climate, JRC Science for Policy Report.
- Raphaël B., Kelly R., Biastoch A., Harrould-Kolieb E., Herr D., Joos F., Kroeker K., Laffoley D., Oschlies A., Gattuso J. P. (2013). Taking Action Against Ocean Acidification: A Review of Management and Policy Options. *Environmental Management*, 761-779.
- Rau G. H. (2008). Electrochemical splitting of calcium carbonate to increase solution alkalinity: Implications for mitigation of carbon dioxide and ocean acidity. *Environmental Science & Technology*, 8935-8940.
- Rau G. H., McLeod E. L., Hoegh-Guldberg O., . (2012). The need for new ocean conservation strategies in a high-carbon dioxide world. *Nature Climate Change*, 720-724.
- Thompson A., Taylor B. N., (2008). Guide for the use of the International System of Units (SI). *NIST Special Publication*, 1-85.
- Turley C. (2013). Ocean Acidification. In K. J. Noone, U. R. Sumaila , & R. J. Diaz, *Managing Ocean Environments in a Changing Climate: Sustainability and Economic Rerspectives* (pp. 1-372). Oxford: Elsevier Inc.
- Turley C., Eby M., Ridgwell A. J., et al. (2010a). The societal challenge of ocean acidification . *Marine Pollution Bulletin*, 787-792.
- Turley C., Gattuso J. P., (2012). Future biological and ecosystem impacts of ocean acidification and their socioeconomic-policy implications. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 278-286.
- Worm B., Barbier E. B., Beaumont N., et al. . (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 787-790.

Πρωτογενείς πηγές

- UN. (1992). *Convention on Biological Diversity*. New York: United Nations.
- UN. (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. New York: United Nations.
- UN. (1994). *United Nations Convention on the Law of the Sea*. New York: UN.

Κείμενα τεκμηρίωσης

- CBD COP 10. (2010). *Marine and coastal biodiversity*. Nagoya, Japan: UNEP.
- CBD COP 12. (2012). *The Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets*. Pyeongchang, Korea: UNEP.
- CBD/SBSTTA. (2012). *Addressing adverse impacts of human activities on marine and coastal biodiversity, including coral bleaching, ocean acidification, fisheries and underwater noise. Executive Summary*. Montreal, Canada: UNEP/CBD/SBSTTA/16/6.
- Secretariat CBD. (2004). *Quarterly Report on the Administration of the Convention on Biological Diversity*. Geneva, Switzerland: UNEP.
- Secretariat CBD. (2009). *Quarterly Report on the Administration of the Convention on Biological Diversity*. Geneva, Switzerland: UNEP.
- UN. (2009). *Ocean Acidification: A Hidden Risk for Sustainable Development*. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs Policy Brief (UNDESA).
- UNFCCC 2011/Decision 1/CP.16.
- UNFCCC 2013/Decision 2/CP.19.
- UNGA. (15 July 2005). *Oceans and the law of the sea. Report of the Secretary-General Addendum*. A/60/63/Add.1: Διαθέσιμο στο: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N05/425/11/PDF/N0542511.pdf?OpenElement>.
- UNGA. (17 July 2013). *Report on the work of the United Nations Open-ended Informal Consultative Process on Oceans and the Law of the Sea at its fourteenth meeting Letter from the Co-Chairs of the Consultative Process addressed to the President of the General Assembly*. A/68/159: Διαθέσιμο στο: <http://undocs.org/A/68/159>.
- UNGA. (20 December 2006). *Oceans and the law of the sea. Resolution adopted by the General Assembly*. A/RES/61/222 : Διαθέσιμο στο: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N06/507/69/PDF/N0650769.pdf?OpenElement>.
- UNGA 2012a. (11 December 2012). *Oceans and the law of the sea. Resolution adopted by the General Assembly*. A/RES/67/78: Διαθέσιμο στο: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N12/483/28/PDF/N1248328.pdf?OpenElement>.

UNGA. (27 July 2012). *The future we want. Resolution adopted by the General Assembly.* A/66/288: Διαθέσιμο στο: http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_66_288.pdf.

Εκθέσεις – Αναφορές

FAO. (2009). *The state of world fisheries and aquaculture (2008)*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

IPCC 2007b. (n.d.). *Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC.* Διαθέσιμο στο: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf.

Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. (2007). *Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.

Ηλεκτρονικές πηγές

Scheinman, T. (2017, June 2). *Six points on Trump's withdrawal from the Paris Agreement.* Retrieved from Pacific Standard: <https://psmag.com/environment/six-points-trump-and-paris-agreement>

United Nations Millennium Development Goals. (n.d.). Retrieved from <http://www.un.org/millenniumgoals/reports.shtml>