



ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΕΥΡΩΣΥΣΤΗΜΑ



ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ

ΕΥΓΕΝΙΑ ΒΕΛΛΑ
ΕΥΘΥΜΙΑ ΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΥ
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΞΕΠΑΠΑΔΕΑΣ

ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΤΣΙΑΟΥΣΗ
ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΔΟΥΛΓΕΡΗΣ
ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΕΜΙΤΖΟΓΛΟΥ
ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΠΑΠΑΔΗΜΟΣ
ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ ΣΕΦΕΡΛΗΣ
ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΧΡΥΣΟΠΟΛΙΤΟΥ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2011

Κίνδυνοι και Επιπτώσεις της Κλιματικής Μεταβολής στη Βιοποικιλότητα και στα Οικοσυστήματα

Ε. Βέλλα*, Ε. Κυριακοπούλου*, Α. Ξεπαπαδέας*

Β. Τσιαούση⁺, Χ. Δουλγέρης⁺, Δ. Κεμιτζόγλου⁺, Δ. Παπαδήμος⁺, Μ. Σεφερλής⁺, Β. Χρυσοπολίτου⁺.

1. Εισαγωγή

Η βιολογική ποικιλότητα ή βιοποικιλότητα αναφέρεται στην ποικιλία των μορφών της ζωής: τα διάφορα φυτά, ζώα και μικροοργανισμοί, τα γονίδια που περιέχουν και τα οικοσυστήματα που σχηματίζουν. Έτσι, ο όρος «βιοποικιλότητα» αγκαλιάζει όλη τη ζωή στη Γη.

ΟΡΙΣΜΟΙ

Σύμφωνα με τη Σύμβαση για τη Βιολογική Ποικιλότητα (Άρθρο 2 «Ορισμοί»), ως **‘Βιολογική ποικιλότητα’** νοείται η ποικιλία των ζώντων οργανισμών πάσης προελεύσεως περιλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, χερσαίων, θαλασσίων και άλλων υδατικών οικοσυστημάτων και οικολογικών συμπλεγμάτων, των οποίων αποτελούν μέρος. Επίσης, περιλαμβάνεται εδώ η ποικιλότητα εντός των ειδών, μεταξύ ειδών και οικοσυστημάτων.

Η βιοποικιλότητα συνήθως εξετάζεται σε τρία επίπεδα: τη γενετική ποικιλότητα, την ποικιλότητα των ειδών και την ποικιλότητα των οικοσυστημάτων. Τα τρία αυτά επίπεδα αντιστοιχούν στα ισάριθμα θεμελιώδη και ιεραρχικά συνδεδεμένα επίπεδα της οργάνωσης της ζωής.

Η ανάγκη συντονισμένης διεθνούς δράσης για την προστασία της βιοποικιλότητας προέκυψε, κυρίως, αφενός από την επιστημονικώς τεκμηριωμένη διαπίστωση απώλειας της βιοποικιλότητας παγκοσμίως και αφετέρου από τη διεθνή αναγνώριση της αξίας της για την ανθρωπότητα. Η διάσκεψη του Ρίο το 1992 ήταν το αποκορύφωμα της παγκόσμιας αναγνώρισης της ανάγκης να διατηρηθεί η βιοποικιλότητα, και της διεθνούς πολιτικής αναγνώρισης του όρου «βιοποικιλότητα». Ο σκοπός της διεθνούς Σύμβασης για τη Βιολογική Ποικιλότητα, η οποία υπεγράφη στο Ρίο το 1992, όπως ορίζεται στο άρθρο 1 αυτής, είναι «η διατήρηση της βιολογικής ποικιλότητας, η αιεφορική χρήση των συστατικών της και ο δίκαιος και ισότιμος καταμερισμός των πλεονεκτημάτων, που θα προκύψουν από τη χρήση των γενετικών πόρων ...». Η Ελλάδα αποτελεί συμβαλλόμενο μέρος στη διεθνή Σύμβαση για τη Βιολογική Ποικιλότητα.

* Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Οικονομικών Σπουδών

⁺ Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας – Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων.

Επιπλέον, το 2001, οι επικεφαλής κρατών και κυβερνήσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) έθεσαν ως στόχο, «να αναχαιτίσουν την απώλεια της βιοποικιλότητας [στην ΕΕ] έως το 2010». Το 2002, ηγέτες 130 κρατών δεσμεύτηκαν να «μειώσουν ουσιαστικά τον ρυθμό απώλειας της βιοποικιλότητας [σε παγκόσμιο επίπεδο] έως το 2010». Σχετικές δημοσκοπήσεις δείχνουν ότι οι πολίτες της ΕΕ ενστερνίζονται ένθερμα τον εν λόγω προβληματισμό για τη βιοποικιλότητα.

2. Αξίες της βιοποικιλότητας

Η βιοποικιλότητα είναι αναγκαία για τη διατήρηση της ζωής πάνω στη Γη. Η πραγματική της αξία είναι ανυπολόγιστη, καθώς παρέχει τη δυνατότητα σε μας και σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς να προσαρμοζόμαστε σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον.

Η βιοποικιλότητα είναι ζωτική για την υγεία και την ευημερία μας. Βελτιώνει την ποιότητα ζωής μας και ενισχύει το βιοτικό μας επίπεδο, συντελεί στην κοινωνική ευημερία και συνοχή και προσφέρει νέες ευκαιρίες για επένδυση και εργασία. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες η ανθρωπότητα επωφελήθηκε κατά πολύ από την ανάπτυξη, η οποία εμπλούτισε τη ζωή μας. Ταυτοχρόνως, μεγάλο μέρος της εν λόγω ανάπτυξης συνδυάστηκε με την υποβάθμιση της βιοποικιλότητας.

Η απώλεια βιοποικιλότητας προκαλεί προβληματισμό, όχι μόνο λόγω της ιδιαίτερης εγγενούς αξίας της, αλλά και επειδή η βιοποικιλότητα αποτελεί στοιχείο του υποβάθρου επί του οποίου βασίζονται η ανταγωνιστικότητα, η ανάπτυξη και η απασχόληση, καθώς και η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2006).

Η απώλεια βιοποικιλότητας συνεπάγεται υποβάθμιση των υπηρεσιών που παρέχουν τα οικοσυστήματα. Ως υπηρεσίες των οικοσυστημάτων ορίζονται οι διεργασίες και λειτουργίες που παρέχονται από το φυσικό περιβάλλον και ωφελούν τον άνθρωπο. Μεταξύ των προαναφερόμενων υπηρεσιών² περιλαμβάνονται η παραγωγή τροφίμων, καυσίμων, ινών και φαρμακευτικών ουσιών, η ρύθμιση των υδάτων, του αέρα και του κλίματος, η διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους και του κύκλου των θρεπτικών στοιχείων.

Η πρόσφατη Αξιολόγηση της Χιλιετίας (Millennium Assessment 2005), η οποία παρέχει ένα διεθνώς αναγνωρισμένο πλαίσιο κατηγοριοποίησης αυτών των υπηρεσιών τονίζει ότι οι

² Στις υπηρεσίες, περιλαμβάνονται και τα αγαθά.

περισσότερες από τις εν λόγω υπηρεσίες υποβαθμίζονται. Το βασικό συμπέρασμα είναι ότι διασπαθίζουμε το κεφάλαιο φυσικών πόρων της γης και θέτουμε σε κίνδυνο την ικανότητα των οικοσυστημάτων να υποστηρίξουν τις μέλλουσες γενεές. Οποιαδήποτε βραχυπρόθεσμα οφέλη προκύψουν, αναμφίβολα θα αναιρεθούν από μαζικές μακροπρόθεσμες απώλειες. Η επιδείνωση είναι δυνατόν να αντιμετωπιστεί μόνο εάν επέλθουν ουσιαστικές αλλαγές στην πολιτική και στην πράξη.

Η Ελλάδα, ιδιαίτερα προικισμένη, σε σχέση με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσον αφορά τη βιοποικιλότητα, φέρει αντίστοιχο βάρος ηθικής ευθύνης για τη διατήρησή της, την αειφορική χρήση της, και τον δίκαιο και ισότιμο καταμερισμό των πλεονεκτημάτων, που θα προκύψουν από τη χρήση των γενετικών πόρων για τις γενιές που έρχονται.

Υπηρεσίες των Οικοσυστημάτων

Ο όρος «υπηρεσίες των οικοσυστημάτων» βρίσκεται στην προμετωπίδα των συζητήσεων για το περιβάλλον. Αυτό το αυξανόμενο δημοφιλές θέμα, μελετήθηκε επισταμένως κατά την αξιολόγηση των οικοσυστημάτων της χιλιετίας (Millennium Assessment 2005), η οποία παρουσιάζει μία οπτική του τρόπου με τον οποίο το φυσικό περιβάλλον στηρίζει τον άνθρωπο και παρέχει ένα πλαίσιο κατηγοριοποίησης των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων.

Τα οικοσυστήματα:

Παρέχουν φυσικούς πόρους για την επιβίωσή μας, όπως καθαρό αέρα και νερό.

Συμβάλλουν στην καλή σωματική και ψυχική μας υγεία, για παράδειγμα με την παρουσία πρασίνου στις πόλεις και την ύπαιθρο, με πρώτες ύλες για την παραγωγή φαρμάκων.

Ρυθμίζουν σπουδαίες διεργασίες όπως το κλίμα και η επικοινωνία των σοδειών.

Στηρίζουν στιβαρές και υγιείς οικονομίες με πρώτες ύλες για τη βιομηχανία και τη γεωργία, ή μέσω του τουρισμού και της αναψυχής.

Παρέχουν κοινωνικά, πολιτισμικά και εκπαιδευτικά οφέλη, συμβάλλουν στην ποιότητα ζωής.

Η βιοποικιλότητα, ως συστατικό στοιχείο των λειτουργιών των οικοσυστημάτων, παίζει πρωταρχικό ρόλο στην ικανότητά τους να παρέχουν αυτές τις υπηρεσίες.

Πληρωμές για τις Υπηρεσίες των Οικοσυστημάτων

Η έννοια αυτή αναπτύχθηκε από την αυξανόμενη ανησυχία που προκαλεί η απώλεια της βιοποικιλότητας και των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων, σε συνάρτηση με τη σχετική επιτυχία του θεσμού της εμπορίας δικαιωμάτων ρύπων. Οι πληρωμές για τις υπηρεσίες των οικοσυστημάτων μπορούν να ορισθούν ως μία εθελοντική ρύθμιση, κατά την οποία μία υπηρεσία οικοσυστήματος, ή μία χρήση γης που εξασφαλίζει αυτή την υπηρεσία, «αγοράζεται» από έναν τουλάχιστον προμηθευτή, εάν και μόνο εάν, ο προμηθευτής εξασφαλίζει την παροχή της υπηρεσίας (Gallacher, προσαρμογή από Wunder 2005). Οι πληρωμές για τις υπηρεσίες των οικοσυστημάτων θεωρούνται ως εργαλείο πολιτικής που πρέπει να εφαρμόζεται με προσοχή και μόνον όταν μπορεί να αποδώσει τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Η έννοια αυτή αναμένεται ότι τα επόμενα έτη θα υποστεί περαιτέρω επεξεργασία και θα δοθούν στη δημοσιότητα παραδείγματα εφαρμογής. Σχετικά με την ώθηση που δίνεται στο θέμα αυτό, επισημαίνεται ότι η 9η Διάσκεψη των Συμβαλλόμενων Μερών στη Σύμβαση για τη Βιολογική Ποικιλότητα, στην απόφασή της για τη δασική βιοποικιλότητα, προσκαλεί τα Συμβαλλόμενα Μέρη, άλλες κυβερνήσεις και σχετικούς διεθνείς και άλλους οργανισμούς να αναπτύξουν περαιτέρω τη γνώση για τις υπηρεσίες που προσφέρουν τα δασικά οικοσυστήματα και να εφαρμόσουν, όπως ενδείκνυται, καινοτόμα εργαλεία, για να εξασφαλίσουν τέτοιες υπηρεσίες, όπως οι Πληρωμές για τις Υπηρεσίες των Οικοσυστημάτων, σε συμβατότητα και αρμονία με τη Σύμβαση και άλλες σχετικές διεθνείς υποχρεώσεις.

3. Η παρούσα κατάσταση της βιοποικιλότητας της Ελλάδας

3.1. Γενικά

Η Ελλάδα διακρίνεται για τη μεγάλη βιολογική ποικιλότητά της, η οποία είναι από τις μεγαλύτερες στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο. Αυτό οφείλεται σε παράγοντες όπως η γεωγραφική θέση της στα όρια τριών ηπείρων, η σύνθετη γεωλογική ιστορία της και η μεγάλη τοπογραφική ποικιλότητά της (έντονο ανάγλυφο, εκτεταμένος κατακερματισμός χέρσου, μεγάλος αριθμός σπηλαίων, παρουσία θάλασσας, σχετικά ήπιες ανθρώπινες επεμβάσεις), οι οποίοι έθεσαν τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη και στήριξη μεγάλης ποικιλίας φυτών, ζώων, οικοσυστημάτων και τοπίων (Ντάφης κ.ά. 1997). Ως αποτέλεσμα της

επίδρασης των ανωτέρω παραγόντων, η βιοποικιλότητα της Ελλάδας σήμερα, αποτελούμενη από ευρωπαϊκά, ασιατικά, αφρικανικά και ενδημικά είδη, εκτιμάται ότι αριθμεί περίπου 5.500 είδη ανώτερων φυτών, 436 είδη πτηνών, 116 είδη θηλαστικών, 79 είδη ερπετών και αμφιβίων, 110 είδη ψαριών γλυκού νερού, 447 είδη θαλασσινών ψαριών, περίπου 4000 είδη ασπονδύλων. Από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της βιοποικιλότητας της Ελλάδας είναι ο υψηλός ενδημισμός στις περισσότερες ζωικές και φυτικές ομάδες. Πολλά ενδημικά είδη έχουν πολύ περιορισμένη εξάπλωση (π.χ. σε μια μόνο νησίδα) και συνεπώς είναι πολύ ευαίσθητα σε διαταραχές.

3.2. Χλωρίδα

Για την Ελλάδα αναφέρονται 5.500 είδη χλωρίδας ανώτερων φυτών. Το ποσοστό των ενδημικών ειδών ανέρχεται σε περίπου 13% του συνόλου των γνωστών ειδών. Περίπου 4% των ειδών θεωρούνται απειλούμενα και σε ένα ίσο ποσοστό προστατεύονται βάσει της ισχύουσας νομοθεσίας. Το Κόκκινο Βιβλίο για τα σπάνια και απειλούμενα φυτά της Ελλάδας (Φοίτος κ.ά. 2010) περιλαμβάνει 300 είδη και υποείδη της ελληνικής χλωρίδας. Καθένα από αυτά εντάσσεται σε μία από τις κατηγορίες κινδύνου που περιέχονται στο σύστημα της Διεθνούς Ένωσης για την Προστασία της Φύσης (IUCN).

3.3. Πανίδα

Αναφορικά με τα σπονδυλόζωα, στο Κόκκινο Βιβλίο για τα ζώα της Ελλάδας (Λεγάκις και Μαραγκού 2009), συνολικά αξιολογήθηκαν 418 είδη που αντιστοιχούν περίπου στο 40% των ειδών σπονδυλόζωων της Ελλάδας (μεταξύ των οποίων το σύνολο των ειδών αμφιβίων, ερπετών και ψαριών του γλυκού νερού που απαντούν στην Ελλάδα). Επίσης, αξιολογήθηκε η κατάσταση 591 ειδών ασπονδύλων από 19 διαφορετικές ζωικές ομάδες, αριθμός που αποτελεί μικρό μόνο ποσοστό των ασπονδύλων της Ελλάδας. Από τα 418 είδη σπονδυλοζώων που αξιολογήθηκαν, τα 171 (40,90%) εντάχθηκαν σε κατηγορία κινδύνου. Ο αριθμός αυτός αντιστοιχεί στο 14,65% του συνολικού αριθμού σπονδυλοζώων που απαντά στην Ελλάδα. Επίσης, 39 είδη εκτιμήθηκαν ως Σχεδόν Απειλούμενα (9,33% των αξιολογηθέντων και 3,34% του συνόλου), ενώ 52 είδη εκτιμήθηκαν ως Ανεπαρκώς Γνωστά.

Η πλέον απειλούμενη ομάδα σπονδυλοζώων είναι τα ψάρια του γλυκού νερού, καθώς απειλείται το 38,58% του συνόλου των ειδών που απαντούν στην Ελλάδα, ενώ διαπιστώνονται και τοπικές εξαφανίσεις. Ακολουθούν τα αμφίβια, με το 27,27% του συνόλου των ειδών που απαντούν στην Ελλάδα να εντάσσεται σε κατηγορία κινδύνου, ενώ

τα πουλιά, ως πιο πολυπληθής ομάδα, εμφανίζουν τον υψηλότερο αριθμό ειδών ανά κατηγορία κινδύνου.

Στην Ελλάδα απαντούν 182 ζωικά είδη Κοινοτικού ενδιαφέροντος, σύμφωνα με την Οδηγία 92/43/ΕΟΚ. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της 2η εθνικής έκθεσης εφαρμογής της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ για την περίοδο 2000 – 2006 (Χρυσοπολίτου και Χατζηχαλαράμπους 2008), υπάρχουν μεγάλες ελλείψεις σε ό,τι αφορά τη χωροδιάταξη, το εύρος και τα πληθυσμιακά μεγέθη των ειδών αυτών καθώς η κατάσταση διατήρησης του 65% των ειδών ζώων είναι άγνωστη (118 από τα 182 είδη). Το 14% βρίσκεται σε ικανοποιητική κατάσταση (25 από τα 182 είδη), και αντίστοιχο ποσοστό σε ανεπαρκή κατάσταση (26 από τα 182 είδη), ενώ το υπόλοιπο 7% βρίσκεται σε κακή κατάσταση διατήρησης (13 από τα 182 είδη). Τα κενά της γνώσης είναι μεγαλύτερα στα ασπόνδυλα (για τα 45 από τα 46 είδη η κατάσταση είναι άγνωστη και για το 1 είδος ανεπαρκής), στα θηλαστικά (75% σε άγνωστη κατάσταση, 14% σε ανεπαρκή κατάσταση και το υπόλοιπο 11% σε κακή κατάσταση) και στα ερπετά (57% σε άγνωστη κατάσταση, 23% σε ανεπαρκή κατάσταση, 11% σε ικανοποιητική κατάσταση και το υπόλοιπο 9% σε κακή κατάσταση). Το 62% των ψαριών βρίσκεται σε ικανοποιητική κατάσταση διατήρησης.

3.4. Τύποι οικοτόπων

Η Ελλάδα φιλοξενεί 85 τύπους οικοτόπων του Παραρτήματος I της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ, εκ των οποίων σχεδόν το ένα τρίτο ανήκουν στην κατηγορία των δασών (27 τύποι ή 32%). Οι παράκτιοι και αλοφυτικοί οικότοποι αντιπροσωπεύουν περίπου το 16,4% των τύπων οικοτόπων Κοινοτικού ενδιαφέροντος που απαντούν στην Ελλάδα (14 από τους 85 τύπους) και κατά φθίνουσα σειρά ακολουθούν οι οικότοποι γλυκών υδάτων (9 ή 10,6%), οι παράκτιες θίνες και οι φυσικές και ημιφυσικές χλοώδεις διαπλάσεις (από 8 τύπους ή 9,4% η κάθε κατηγορία), οι λόχμες με σκληρόφυλλη βλάστηση (7 τύποι ή 8,2%), οι βραχώδεις οικότοποι και τα σπήλαια (6 τύποι ή 7%) οι τυρφώνες και βάλτοι (4 τύποι ή 4,7%), και τέλος, τα εύκρατα χέρσα εδάφη και οι λόχμες (2 τύποι ή 2,3%).

Σύμφωνα με τη 2η εθνική έκθεση εφαρμογής της εν λόγω Οδηγίας για την περίοδο 2000 – 2006 (Χρυσοπολίτου και Χατζηχαλαράμπους 2008), 49 τύποι οικοτόπων, δηλαδή ποσοστό 58% των τύπων που απαντούν στην Ελλάδα, βρίσκονται σε ικανοποιητική κατάσταση διατήρησης, 26 τύποι (30%) βρίσκονται σε ανεπαρκή κατάσταση και 7 τύποι οικοτόπων εντοπίζονται σε κακή κατάσταση διατήρησης. Οι 7 αυτοί τύποι ανήκουν όλοι στην κατηγορία «παράκτιοι και αλοφυτικοί οικότοποι», στοιχείο που δηλώνει ότι οι μισοί από τους

οικοτόπους αυτής της κατηγορίας (7 από 14) βρίσκονται σε κακή κατάσταση. Άγνωστη είναι η κατάσταση τριών τύπων οικοτόπων του Παραρτήματος I, εκ των οποίων δύο είναι τυρφώνες-βάλτοι και ένας είναι παράκτιος (Αμμοσύρσεις που καλύπτονται διαρκώς από θαλάσσιο νερό μικρού βάθους).

3.5. Υγρότοποι

Στη χώρα μας εμφανίζεται πολύ μεγάλη ποικιλία φυσικών οικοσυστημάτων, χερσαίων, υγροτοπικών και θαλάσσιων. Το κύριο γνώρισμά τους είναι η υψηλή ποικιλότητά τους, η φυσικότητα της σύνθεσής τους και η υποβάθμιση της παραγωγικής τους δυνατότητας αλλά και η μεγάλη ικανότητα φυσικής ανόρθωσής τους. Σε ό,τι ειδικότερα αφορά στα υγροτοπικά οικοσυστήματα, στην επικαιροποιημένη απογραφή των ελληνικών υγροτόπων του Ελληνικού Κέντρου Βιοτόπων Υγροτόπων (Φυτώκα κ.ά. 2000) αναφέρονται 411 υγρότοποι στην Ελλάδα, οι περισσότεροι εκ των οποίων (2/3) βρίσκονται στη βόρεια Ελλάδα. Πρόσφατη απογραφή των υγροτόπων των νησιών του Αιγαίου από το WWF Ελλάς (Κατσαδωράκης και Παραγκαμιάν 2007) εντόπισε 352 υγροτόπους σε 51 νησιά και νησίδες του Αιγαίου εκτός της Κρήτης, εκ των οποίων περισσότεροι από τους μισούς είναι μικρότεροι των 10 στρεμμάτων. Οι υφιστάμενοι υγρότοποι είναι πολλοί, πολλών τύπων και πλούσιοι σε βιοποικιλότητα. Οι σημαντικότεροι 10 υγρότοποι έχουν χαρακτηριστεί ως Υγρότοποι Διεθνούς Σημασίας σύμφωνα με τη Σύμβαση Ραμσάρ και έχουν περιληφθεί στους φορείς διαχείρισης προστατευόμενων περιοχών που ιδρύθηκαν με τον Ν. 3044/2002.

4. Απειλές για τη βιοποικιλότητα

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η Αξιολόγηση της Χιλιετίας εξετάζει τα γενεσιουργά αίτια για τις μεταβολές στη βιοποικιλότητα και στις υπηρεσίες των οικοσυστημάτων και τα διακρίνει σε πέντε κατηγορίες: δημογραφία, οικονομία, κοινωνικοπολιτικά αίτια, πολιτισμικά - θρησκευτικά και επιστημονικά – τεχνολογικά. Αν και η βιοποικιλότητα και οι υπηρεσίες των οικοσυστημάτων μεταβάλλονται λόγω φυσικών αιτιών, οι τρέχουσες αλλαγές οφείλονται σε αυτά τα, ανθρωπογενή, γενεσιουργά αίτια. Τα βαθύτερα αυτά γενεσιουργά αίτια, είναι οι παράγοντες που επιτρέπουν ή προκαλούν, στο παρελθόν και σήμερα, τη δημιουργία των άμεσων αιτιών. Τα κυριότερα άμεσα αίτια απώλειας της βιοποικιλότητας και αλλαγών στις υπηρεσίες των οικοσυστημάτων είναι η αλλαγή των ενδιαιτημάτων, περιλαμβανομένων των αλλαγών χρήσεων γης, των διευθετήσεων των ποταμών και των απολήψεων νερού από αυτούς, της απώλειας των κοραλλιογενών σχηματισμών, και της βλάβης στους πυθμένες των

θαλασσών από τις τράτες, **η κλιματική αλλαγή**, τα χωροκατακτητικά ξενικά είδη, η υπερεκμετάλλευση των ειδών και η ρύπανση.

Κάθε ένα από αυτά τα αίτια θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα κατά τον 21^ο αιώνα. Ειδικότερα στοιχεία από την εν λόγω Αξιολόγηση για την κλιματική αλλαγή αναφέρουν:

Κλιματική αλλαγή. Στοιχεία από όλες τις ηπείρους και τους περισσότερους ωκεανούς δείχνουν ότι πολλά φυσικά συστήματα επηρεάζονται από αλλαγές κλίματος σε περιφερειακό επίπεδο και ειδικότερα από αυξήσεις στη θερμοκρασία.

Σε πανευρωπαϊκή κλίμακα, σύμφωνα με την Τέταρτη Αξιολόγηση για το Περιβάλλον του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (2007), οι κύριες πιέσεις στη βιοποικιλότητα, είναι η αστική διασπορά, η ανάπτυξη υποδομών, η οξίνιση, ο ευτροφισμός, η ερημοποίηση, η υπερεκμετάλλευση των πόρων, η εντατικοποίηση της γεωργίας και η εγκατάλειψη της γης. Η κλιματική αλλαγή όλο και περισσότερο αναγνωρίζεται ως σοβαρή απειλή, ιδίως σε ό,τι αφορά τα παράκτια, αλπικά και αρκτικά είδη και ενδιαιτήματα.

5. Φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα

5.1. Γενικά

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί μία παγκόσμια απειλή. Τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής γίνονται όλο και πιο ορατά. Οι επιστήμονες θεωρούν ότι η κλιματική αλλαγή ήδη προκαλεί περισσότερο συχνά συμβάντα ξηρασίας, πλημμύρων και αύξησης της ελonoσίας. Άλλα φαινόμενα που αποδίδονται στην κλιματική αλλαγή είναι η αύξηση των περιστατικών τυφώνων και των δασικών πυρκαγιών. Μεταξύ των μακροχρόνιων επιπτώσεων είναι η ύψωση της στάθμης της θάλασσας και η ζημιά σε καλλιέργειες που μπορεί να οδηγήσει σε ελλείψεις τροφίμων. Πολλές αφρικανικές χώρες είναι μεταξύ των πιο ευάλωτων χωρών στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Πρόσφατες έρευνες επιβεβαιώνουν το ευρύ φάσμα επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος, μεταξύ άλλων στη γεωργία, την αλιεία, το έδαφος, τη βιοποικιλότητα, τους υδάτινους πόρους, τις παράκτιες ζώνες, τη θνησιμότητα που συνδέεται με τον καύσωνα και το ψύχος, και τις ζημιές από πλημμύρες. Η Ευρώπη δεν θα αποτελέσει εξαίρεση. Σύμφωνα με την πράσινη βίβλο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2007), οι πλέον ευάλωτες περιοχές της Ευρώπης είναι οι ακόλουθες:

- Η νότια Ευρώπη και το σύνολο της λεκάνης της Μεσογείου λόγω, αφενός, της υψηλής αύξησης των θερμοκρασιών και αφετέρου, της μείωσης των βροχοπτώσεων σε περιοχές στις οποίες ήδη παρατηρείται λειψυδρία.
- Οι ορεινές περιοχές, και ιδίως οι Άλπεις, όπου η ταχεία άνοδος των θερμοκρασιών προκαλεί εκτεταμένη τήξη των χιονιών και των πάγων, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η ροή των ποταμών.
- Οι παράκτιες ζώνες, λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας που συνδυάζεται με αυξημένο κίνδυνο καταγίδων.
- Οι πυκνοκατοικημένες κατακλυζόμενες εκτάσεις, λόγω του αυξημένου κινδύνου καταγίδων, έντονων βροχοπτώσεων και στιγμιαίων πλημμυρών, ικανών να προκαλέσουν εκτεταμένες ζημιές στους οικισμούς και τις υποδομές.
- Η Σκανδιναβία, όπου αναμένεται αύξηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, και ιδίως των βροχοπτώσεων, που θα υποκαταστήσουν, ως επί το πλείστον, τις χιονοπτώσεις.
- Η περιοχή της Αρκτικής, όπου θα σημειωθούν οι εντονότερες μεταβολές θερμοκρασιών ανά τον κόσμο.

Το Διακυβερνητικό Σώμα για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), κατά την τέταρτη έκθεσή του (Alcamo κ.ά. 2007) συμπέρανε ότι η κλιματική αλλαγή θα προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις σε πολλές πλευρές της βιολογικής ποικιλότητας: στα οικοσυστήματα, τα είδη, τη γενετική ποικιλότητα εντός των ειδών και στις οικολογικές αλληλεπιδράσεις. Οι επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα είναι πολύπλευρες. Η βιοποικιλότητα μπορεί να επηρεάζεται από έναν συνδυασμό: (i) άμεσων επιπτώσεων στους οργανισμούς (για παράδειγμα, η θερμοκρασία επηρεάζει τα ποσοστά επιβίωσης, την αναπαραγωγική επιτυχία, τα πρότυπα διασποράς και συμπεριφοράς), (ii) επιπτώσεων μέσω βιοτικών αλληλεπιδράσεων (π.χ. παραχώρηση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος) και (iii) επιπτώσεων μέσω μεταβολής των αβιοτικών παραγόντων (π.χ. κατάκλυση με νερό, μεταβολές σε ωκεάνια ρεύματα). Ωστόσο, η κλιματική αλλαγή δεν είναι η μόνη πίεση που επιδρά στη βιολογική ποικιλότητα και τα αποτελέσματά της εξαρτώνται και από τις αλληλεπιδράσεις με άλλες πιέσεις, όπως η αλλαγή των χρήσεων γης και η απώλεια ενδιαιτημάτων που θεωρούνται

παγκοσμίως κύριες απειλές προς τη βιοποικιλότητα (Millennium Assessment 2005), καθώς μειώνουν την ικανότητα των οργανισμών να μετατοπίσουν την εξάπλωσή τους σε απόκριση της κλιματικής αλλαγής (Campbell κ.ά. 2009).

Ορισμένα στοιχεία για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Στοιχεία από όλες τις ηπείρους και τους περισσότερους ωκεανούς δείχνουν ότι πολλά φυσικά συστήματα επηρεάζονται από αλλαγές κλίματος σε περιφερειακό επίπεδο και ειδικότερα από αυξήσεις στη θερμοκρασία.

Υπάρχει πολύ υψηλή πιστότητα, με βάση στοιχεία από μεγάλο εύρος ειδών, ότι η τελευταία αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει ισχυρά τα χερσαία βιολογικά συστήματα, προκαλώντας αλλαγές, όπως:

- Πρώιμη έναρξη διεργασιών που σχετίζονται με την άνοιξη, όπως η έκπτυξη φύλλων, η μετανάστευση και η ωοαπόθεση.
- Μετατοπίσεις της εξάπλωσης των ειδών προς τους πόλους και τα μεγαλύτερα υψόμετρα.

Υπάρχει υψηλή πιστότητα, που βασίζεται σε σημαντικά νέα στοιχεία ότι οι παρατηρούμενες μεταβολές σε βιολογικά συστήματα της θάλασσας και των εσωτερικών υδάτων σχετίζονται με την αύξηση της θερμοκρασίας καθώς και με τις συνδεδεμένες αλλαγές στην κάλυψη με πάγο, την αλατότητα, τη συγκέντρωση οξυγόνου και την κυκλοφορία των υδάτων. Αυτές οι μεταβολές περιλαμβάνουν:

- Μετατοπίσεις στην εξάπλωση και μεταβολές στην αφθονία των φυκών, του ζωοπλαγκτού και των ψαριών σε μεγάλου γεωγραφικού πλάτους ωκεανούς.
- Αυξήσεις στην αφθονία των φυκών και του ζωοπλαγκτού σε λίμνες που βρίσκονται σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη και σε μεγάλα υψόμετρα.

Πηγή: IPCC 2007

5.2. Επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στα είδη

Η εξάπλωση πολλών ειδών στην Ευρώπη αναμένεται να επηρεαστεί από την κλιματική αλλαγή και οι αποκρίσεις είναι πιθανό να διαφέρουν μεταξύ των ειδών (Harrison κ.ά. 2006). Σύμφωνα με τους ανωτέρω συγγραφείς, το γενικό πρότυπο είναι μια μετατόπιση από τα νοτιοδυτικά προς τα βορειοανατολικά στον κατάλληλο κλιματικό χώρο, η οποία, κατά τους ιδίους, συμφωνεί με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών, με τα κέρδη να εξισορροπούν τις ζημιές για πολλά είδη. Η αλλαγή του κλίματος, ιδίως οι ηπιότεροι χειμώνες, είναι υπεύθυνοι για την παρατηρούμενη μετατόπιση των φυτικών ειδών προς τον βορρά και προς μεγαλύτερα υψόμετρα. Γενικότερα, τα είδη της Νότιας Ευρώπης φαίνεται να κερδίζουν τον περισσότερο χώρο και τα βορειο-ευρωπαϊκά να χάνουν τον περισσότερο χώρο, εν μέρει εξαιτίας του περιορισμένου μη καταληφθέντος χώρου στον βορρά. Θα πρέπει, βεβαίως, να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα τα οποία εξάγονται θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με τον απαραίτητο βαθμό επιφύλαξης καθώς τα μοντέλα μόνο προσομοιώνουν την πιθανή μελλοντική εξάπλωση των ειδών και ιδανικά απαιτούν επιβεβαίωση με στοιχεία παρακολούθησης.

Σε ό,τι αφορά τα είδη φυτών, η κλιματική αλλαγή έχει ήδη προκαλέσει μετατοπίσεις στην εξάπλωση των φυτικών ειδών σε πολλά μέρη του κόσμου μεταξύ των οποίων και η Ευρώπη. Στο μέλλον αναμένεται αύξηση των επιπτώσεων ενώ είναι λίγες οι μελέτες που στοχεύουν στη γενική κατανόηση της κλιματικής αλλαγής σε σχέση με την ευπάθεια των ειδών σε τοπικό επίπεδο. Στο πλαίσιο έρευνας (Thuiller 2005), προβλέφθηκε η εξάπλωση για 1.350 είδη φυτών της Ευρώπης με βάση επτά διαφορετικά σενάρια αλλαγής του κλίματος. Η εφαρμογή των κριτηρίων του Κόκκινου Βιβλίου της IUCN στις προβλέψεις δείχνει ότι τα περισσότερα από τα εν λόγω φυτικά είδη θα καταστούν πιθανώς σοβαρά απειλούμενα. Περισσότερα από τα μισά είδη που μελετήθηκαν θα θεωρούνται τρωτά ή απειλούμενα το έτος 2080. Ωστόσο οι εκτιμήσεις φαίνεται να διαφέρουν πολύ μεταξύ των διαφορετικών σεναρίων αλλαγής του κλίματος και μεταξύ των διαφορετικών περιοχών. Βεβαίως, οι κίνδυνοι από εξαφάνιση για τα φυτά της Ευρώπης μπορεί να είναι μεγάλοι, ακόμη και σε μέτρια σενάρια αλλαγής του κλίματος και παρά τη μεταβλητότητα μεταξύ των μοντέλων.

Σε ό,τι αφορά τους βιολογικούς κύκλους των φυτών, κατά την τελευταία δεκαετία, περισσότερα από 300 είδη φυτών στη Μεγάλη Βρετανία εμφανίζουν την πρώτη ανθοφορία τους κατά 4,5 ημέρες νωρίτερα (Fitter και Fitter 2002). Πρόκειται για ισχυρές βιολογικές

ενδείξεις αλλαγής του κλίματος. Οι μεγαλύτερες αλλαγές αναμένονται κατά τη μετάβαση μεταξύ των μεσογειακών και των ευρωσιβηρικών περιοχών.

Σε ό,τι αφορά τα είδη ζώων, επισημαίνεται ότι ως απόκριση στην κλιματική αλλαγή, τα πουλιά, τα έντομα, τα θηλαστικά και άλλες ομάδες ζώων της Ευρώπης μετακινούνται προς τα βόρεια και σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Οι ρυθμοί μεταβολής της εξάπλωσης δεν είναι απαραίτητο να συμβαδίζουν με την αλλαγή του κλίματος. Ο συνδυασμός του ρυθμού της αλλαγής του κλίματος, του κατακερματισμού των ενδιαιτημάτων και άλλων εμποδίων εμποδίζει τη μετακίνηση πολλών ειδών ζώων που ενδεχομένως μπορεί να οδηγήσει σε προοδευτική μείωση της βιοποικιλότητας της Ευρώπης.

Τα ενδημικά φυτά και σπονδυλωτά της Μεσογειακής λεκάνης είναι επίσης ιδιαίτερα ευάλωτα στις κλιματικές αλλαγές (Malcolm κ.ά. 2006), ενώ αν ο μεταναστευτικός παράγοντας θεωρηθεί μηδενικός, τότε τα περισσότερα αμφίβια και ερπετά στη νοτιοδυτική Ευρώπη, ειδικά την Ιβηρική χερσόνησο, θα αντιμετωπίσουν μια σημαντική απώλεια του εύρους εξάπλωσής τους (Araújo κ.ά. 2006).

Οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στη σύνθεση των φυτικών ειδών της Μεσογείου αναμένεται να αυξηθούν κατά τις επόμενες δεκαετίες. Η κλιματική αλλαγή, επίσης, εκτιμάται ότι θα επιδεινώσει την απώλεια των ειδών, και ιδίως τα είδη με περιορισμένου εύρους κλιματικές και οικολογικές απαιτήσεις και με περιορισμένες δυνατότητες μετανάστευσης (IPCC 2007). Η αλλαγή του κλίματος είναι πιθανό να αλλάξει τη φαινολογία των φυτών. Μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα (εντός του εύρους που προβλέπεται για το 2100 από την IPCC) αντιστοιχεί σε μια μετατόπιση της εξάπλωσης των ειδών κατά 300-400 χιλιόμετρα προς τον Βορρά ή 500 μέτρα σε υψόμετρο (Hughes, 2000).

Σε ό,τι συγκεκριμένα αφορά σε επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα της Ελλάδας, στο πλαίσιο της έρευνας των Harrison κ.ά. (2006) το μοντέλο SPECIES χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση του πιθανού κλιματικού χώρου 47 ειδών σε όλη την Ευρώπη. Από τα ελληνικά ενδιαιτήματα, επιλέχθηκε να μελετηθούν τα φρύγανα *Sarcopoterium spinosum* τα οποία περιλαμβάνονται στον Κατάλογο της Οδηγίας των Οικοτόπων. Από τα είδη που επιλέχθηκαν γι' αυτό το ενδιαίτημα, το είδος *Vulpes vulpes* δεν εμφανίζει καμία αλλαγή στον κλιματικό του χώρο σε όλα τα σενάρια της αλλαγής του κλίματος ενώ τα δύο είδη *Genista acanthoclada* και *Sarcopoterium spinosum* δείχνουν μεγάλη αύξηση στον κλιματικό εύρος τους (386% και 198% σύμφωνα με ένα σενάριο, αντίστοιχα), εξαπλούμενα από την Νοτιοδυτική, μέσω της Κεντρικής στη Βόρεια Ευρώπη

και κατά μήκος της Δυτικής Γαλλίας και της Ισπανίας και για το *Sarcopoterium spinosum*, επιπλέον βόρεια στη Σκανδιναβία. Από τα Μεσογειακά σκληρόφυλλα είδη δρυός, το είδος *Quercus macrolepis* ακολουθεί ένα παρόμοιο πρότυπο εξάπλωσης, παρουσιάζοντας μια αύξηση κυρίως διαμέσου των Βαλκανίων και της Γαλλίας, ενώ το είδος *Dendrocops medius* εμφανίζει μείωση στον κεντρικό ευρωπαϊκό κλιματικό χώρο συνοδευόμενη όμως από μια βόρεια εξάπλωση προς τη Σκανδιναβία αξιοσημείωτη σε σχέση με ένα από τα σενάρια της κλιματικής αλλαγής. Το είδος *Olea europea* κερδίζει τον περισσότερο χώρο από όλα τα είδη ελιάς, αυξανόμενο προς τα δυτικά και βορειοδυτικά της εξάπλωσής του. Το είδος *Matricaria chamomilla* (χαμομήλι) και το είδος *Sciurus anomalus* (περσικός σκίουρος) χάνουν επιφάνεια εξάπλωσης από τα δυτικά και νοτιοδυτικά. Ο κατάλληλος χώρος για το *Sciurus anomalus* στην Κεντρική Ευρώπη γίνεται όλο και πιο κατακερματισμένος ενώ το *Matricaria chamomilla* κερδίζει χώρο ακόμη πιο βόρεια προς τη Σκανδιναβία. Τρία είδη αντιμετωπίζουν σημαντική μείωση στον πιθανό κλιματικό χώρο στην Ελλάδα: *Matricaria chamomilla*, *Sciurus anomalus* και *Quercus macrolepis* χάνοντας 88%, 98% και 56%, αντίστοιχα σύμφωνα με ένα από τα σενάρια της κλιματικής αλλαγής. Παρ' όλα αυτά, τα είδη αυτά δεν είναι ιδιαίτερα τρωτά σε ευρωπαϊκό επίπεδο και για τον λόγο αυτό το θέμα δεν έχει παρά μόνο εθνικές διαστάσεις (Berry κ.ά. 2007).

Αναφορικά με κάποια από τα θηλαστικά της Ελλάδας και σύμφωνα με τους Levinsky κ.ά. (2007), τα κρητικά ενδημικά είδη *Acomys minous* και *Crocidura zimmermanni* αναμένεται να εξαφανιστούν σε σενάρια ήπιας αλλά και σοβαρής κλιματικής αλλαγής με την παραδοχή ότι δεν υπάρχει πιθανότητα μετανάστευσης. Το ίδιο ισχύει και για τα είδη *Myomimus roachi* και *Sciurus anomalus*. Ωστόσο, τα ενδημικά είδη, εκπροσωπούμενα στο μοντέλο από την ολότητα των κλιματικών θέσεων τους, εμφανίζονται πιο εύαλωτα στην κλιματική αλλαγή (με βάση την παραδοχή της μη μετανάστευσης) σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη, κυρίως εξαιτίας της πιο περιορισμένης εξάπλωσής τους (Schwartz κ.ά. 2006). Τα ενδημικά είδη προβλέπεται επίσης να κερδίσουν περισσότερο κλιματικά κατάλληλο χώρο σε σύγκριση με τα μη ενδημικά είδη. Έχουν, γενικά, πολύ μικρή εξάπλωση, οπότε μια αλλαγή σε μερικά «τετράγωνα» (quadrats) έκτασης αυξάνει ή μειώνει την εξάπλωσή τους αναλογικά πολύ περισσότερο απ' ότι θα συνέβαινε σε είδη με ευρεία εξάπλωση. Σύμφωνα με την ίδια εργασία, οι μεγαλύτερες μειώσεις στην αφθονία των ειδών αναμένονται να συμβούν στη νότια Ευρώπη, σε περιοχές της Ιβηρικής Χερσονήσου, στην Ιταλία και στην Ελλάδα, όπου η πλειονότητα των νησιών της Μεσογείου αναμένεται να χάσουν υπό προϋποθέσεις έως και το 100% της τρέχουσας αφθονίας των ειδών τους.

Η ανάλυση των αγγειόφυτων και του τοπικού κλίματος κατά μήκος της υψομετρικής διαβάθμισης στα Λευκά Όρη της Κρήτης και η αξιολόγηση των ενδεχόμενων συνεπειών της αλλαγής του κλίματος στην ποικιλότητα των φυτών της υπαλπικής και αλπικής ζώνης αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης από τους Kazakis κ.ά. (2007). Η μελέτη παρέχει μια ποσοτική και ποιοτική ανάλυση των σχέσεων της βλάστησης και του περιβάλλοντος για τέσσερις κορυφές της οροσειράς (1664-2339 m). Η ποικιλότητα και η αντικατάσταση των ειδών υπολογίστηκαν σε συνδυασμό με τη χλωριδική ομοιότητα μεταξύ των κορυφών. Συνολικά καταγράφηκαν 70 είδη που ανήκουν σε 23 διαφορετικές οικογένειες, εκ των οποίων τα 20 είδη είναι ενδημικά. Τα κρητικά ενδημικά κυριαρχούν σε αυτά τα μεγάλα υψόμετρα. Η ποικιλότητα και η αντικατάσταση των ειδών μειώνονται με την αύξηση του υψόμετρου. Οι δύο ψηλότερες κορυφές έδειξαν τη μεγαλύτερη χλωριδική ομοιότητα. Μόνο το 20% της συνολικής χλωρίδας που καταγράφηκε εμφανίζεται στην ψηλότερη κορυφή, ενώ το 10% είναι κοινή μεταξύ των βουνοκορυφών. Συνολικά παρατηρήθηκε μείωση της θερμοκρασίας κατά 4,96 °C κατά μήκος της υψομετρικής διαφοράς 675 μέτρων. Λαμβάνοντας υπόψη ένα σενάριο αύξησης της θερμοκρασίας, ο οικοτόνος μεταξύ της υποαλπικής και αλπικής ζώνης είναι πιθανό να παρουσιάσει τη μεγαλύτερη αντικατάσταση των ειδών. Οι εκθέσεις προς τον Νότο είναι πιθανό να παρουσιάσουν εισβολή πρώτα από θερμοφιλά είδη ενώ οι εκθέσεις προς τον Βορρά είναι πιθανό να είναι περισσότερο ανθεκτικές στις αλλαγές. Η κατανομή των ειδών θα εξαρτηθεί επίσης από τη διαθεσιμότητα των ενδιαιτημάτων. Πολλά, ήδη απειλούμενα, τοπικά ενδημικά είδη θα επηρεαστούν πρώτα από την αναμενόμενη αλλαγή του κλίματος.

Τέλος, αναφορικά με τα ψάρια των εσωτερικών υδάτων, από τον Κατάλογο των Ερυθρών Δεδομένων της Διεθνούς Ένωσης για την Προστασία της Φύσης (IUCN) προκύπτει πως 60 από τα 127 αυτόχθονα είδη (ποσοστό ~47%) που απαντούν στην Ελλάδα (Οικονομίδης 2009) απειλούνται από την κλιματική αλλαγή. Από αυτά τα 60 είδη ψαριών: α) τα 31 είναι ενδημικά, δηλαδή απαντούν μόνο στα υδατικά συστήματα της χώρας μας και πουθενά αλλού στον πλανήτη και β) τα 35 έχουν ταξινομηθεί (Οικονομίδης 2009) σε κάποια από τις 3 κατηγορίες κινδύνου (10 Κρισίμως Κινδυνεύοντα, 11 Κινδυνεύοντα και 14 Τρωτά), σύμφωνα με τα κριτήρια της IUCN.

5.2. Οι επιδράσεις στη βιοποικιλότητα των δασών

Στην Ελλάδα τρία φαινόμενα μεταβολών της βιοποικιλότητας των δασών θα μπορούσαν να αποδοθούν στην αλλαγή του κλίματος ή να συνδεθούν με αυτήν (Ντάφης προσ. επικ.). Αυτά είναι:

- Η νέκρωση δένδρων ελάτης, ιδιαίτερα στα ξηροόρια της, στην Πελοπόννησο αλλά και στην υπόλοιπη Ελλάδα. Το φαινόμενο πρωτοπαρουσιάστηκε σε μαζική μορφή το 1989 μετά τα δύο ξηρά και υπερβολικά θερμά καλοκαίρια του 1987 και 1988. Στην αρχή αποδόθηκε σε επιδημία φλοιοφάγων εντόμων. Τα φλοιοφάγα όμως έντομα δρουν δευτερογενώς και ευνοούνται από την εξασθένηση των δένδρων. Στον Πάρωνα, τον Ταΰγετο και το Μαίναλο το ποσοστό των ξηραμένων δένδρων κυμαίνονταν από 20 έως 40%. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάστηκε και στην Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα σε μικρότερο ποσοστό, από 10 έως 20%. Στον Όλυμπο ξεράθηκαν σχεδόν όλα τα άτομα ελάτης που είχαν εισβάλει στη ζώνη των αείφυλλων πλατυφύλλων. Η νέκρωση αυτή συνεχίζεται μέχρι σήμερα με μικρότερη, πιθανώς, ένταση.
- Η εισβολή κωνοφόρων και ιδιαίτερα της υβριδογενούς ελάτης και της μαύρης πεύκης σε δάση πλατυφύλλων ειδών και ιδιαίτερα της πλατύφυλλης δρυός (*Quercus frainetto*), της ευθύφλοιης δρυός (*Quercus cerris*), της καστανιάς και λιγότερο της οξιάς. Η εισβολή αυτή μπορεί να εντείνεται και από την υποβάθμιση του εδάφους λόγω της πρεμνοφυούς διαχείρισης των δασών αυτών και συνεπώς από τη μείωση της ανταγωνιστικής ικανότητας των πλατύφυλλων ειδών, τα οποία έχουν μικρότερο εύρος ανοχής από ό,τι τα κωνοφόρα και ιδιαίτερα τα είδη πεύκης.
- Η νέκρωση ατόμων της δασικής πεύκης στα Πιέρια όρη. Η δασική πεύκη μετανάστευσε στη χώρα μας κατά τη περίοδο των παγετώνων, από διάφορες περιοχές της Μεσευρώπης (Κεντρικής Ευρώπης). Αυτό αποδεικνύεται από το τεράστιο εύρος γενετικής ποικιλότητας του είδους στα Πιέρια. Σε μια μικρή σχετικά έκταση μπορεί να συναντήσει κανείς όλες τις μορφές της δασικής πεύκης από τις ψιλόλιγνες, ευθύκορφες, λεπτόκλαδες και βραχύκλαδες αλπικές μορφές με εντελώς πυραμιδοειδή κόμη μέχρι τις βραχύκορφες, καμπυλόκορφες, χονδρόκλαδες και ευρύκομες μορφές των πεδιάδων της Πολωνίας. Ο πληθυσμός της δασικής πεύκης των Πιερίων αποτελεί πολύτιμη πανευρωπαϊκή τράπεζα γονιδίων. Η νέκρωση οφείλεται στην προσβολή από μύκητες και έντομα η οποία όμως μπορεί να είναι δευτερογενής.

Προσαρμογή της διαχείρισης των δασών της Ελλάδας στην κλιματική αλλαγή

Στα πλαίσια του Κανονισμού (ΕΚ) 614/2007 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (Life+) υλοποιείται το έργο με τίτλο: «Προσαρμογή της διαχείρισης των δασών στην κλιματική αλλαγή στην Ελλάδα - AdaptFor», LIFE08 ENV/GR/000554.

Το έργο αποσκοπεί στην προσέγγιση της δασικής διαχείρισης με γνώμονα την κλιματική αλλαγή σε τέσσερις (4) πιλοτικές περιοχές μελέτης όπου έχουν ήδη παρατηρηθεί αλλαγές στη βλάστηση (ξήρανση δασικής πεύκης, ξήρανση ελάτης, εισβολή κωνοφόρων σε δάση φυλλοβόλων) και την προσαρμογή αυτής ανάλογα με τα προβλήματα και τις εκτιμώμενες τάσεις.

Οι τέσσερις περιοχές μελέτης είναι: Δάσος Ρητίνης - Βρίας στα Πιέρια Όρη, Δάσος Ασπροποτάμου - Καλαμπάκας, Εθνικός Δρυμός Πάρνηθας και Όρος Ταΰγετος.

Οι δράσεις που υλοποιούνται στο πλαίσιο του έργου είναι:

A. Υπολογισμός των τάσεων των κλιματικών δεδομένων για τις περιόδους 1950-2009 και 2010-2050. Ταυτοχρόνως, θα γίνει διερεύνηση των προηγούμενων τάσεων των δασών και της υφιστάμενης κατάστασής τους καθώς και των επιδράσεων της επερχόμενης κλιματικής αλλαγής στα δάση. Στη συνέχεια, και σύμφωνα με τα αποτελέσματα που θα προκύψουν, θα διατυπωθούν προτάσεις και μέτρα προσαρμογής της δασικής διαχείρισης στην κλιματική αλλαγή και θα ακολουθήσει τροποποίηση των δασικών διαχειριστικών σχεδίων. Τέλος, θα πραγματοποιηθεί εγκατάσταση ενός μόνιμου προγράμματος παρακολούθησης στις τέσσερις (4) περιοχές μελέτης.

B. Ενδυνάμωση των δασικών υπηρεσιών στο να προσαρμόσουν τη δασική διαχείριση στις περιοχές αρμοδιότητάς τους μέσω α) της έκδοσης οδηγιών προσαρμογής της δασικής διαχείρισης στην κλιματική αλλαγή στην Ελλάδα και β) της διεξαγωγής σεμιναρίων κατάρτισης προς το προσωπικό των δασικών υπηρεσιών της χώρας με σκοπό να εξοικειωθούν με το θέμα αλλά και να μάθουν πώς να το αντιμετωπίζουν.

Γ. Δράσεις ενημέρωσης και επικοινωνίας (ιστοσελίδα, ενημερωτικό έντυπο, έκθεση, δελτία τύπου, σχέδιο επικοινωνίας μετά το τέλος του LIFE κ.ά.).

Το έργο υλοποιείται από το Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας / Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων – Υγροτόπων και τη Γενική Διεύθυνση Ανάπτυξης και Προστασίας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος του ΥΠΕΚΑ. Ξεκίνησε την 1.1.2010 και προβλέπεται να ολοκληρωθεί την 30.6.2013.

Πηγή: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=562&language=el-GR> και
http://www.ekby.gr/AdaptFor/pages_el/the_project.html

5.3. Οι επιδράσεις στους υγροτόπους

Από τις εκθέσεις 25 κρατών μελών της ΕΕ, που υποβλήθηκαν στο πλαίσιο του Άρθρου 17 της Οδηγίας των Οικοτόπων για την περίοδο 2001-2006, προκύπτει πως η κλιματική αλλαγή έχει αρνητικές επιπτώσεις στην κατάσταση διατήρησης 42 τύπων οικοτόπων (19%) και 144 ειδών (12%) των Παραρτημάτων της Οδηγίας. Υγρότοποι, όπως τυρφώνες και βάλτοι, συγκαταλέγονται μεταξύ αυτών που πλήττονται περισσότερο από την κλιματική αλλαγή, με τις θίνες να επηρεάζονται επίσης αρνητικά. Έξι από τους δώδεκα τύπους οικοτόπων που ανήκουν στην κατηγορία «υψηλοί τυρφώνες, χαμηλοί τυρφώνες και βάλτοι» του Παραρτήματος I της Οδηγίας αναφέρθηκαν από τα κράτη μέλη ως υφιστάμενοι πιέσεων εξαιτίας της αλλαγής του κλίματος (ETC/BD 2009).

Ειδικότερα για τις επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα της Μεσογείου επισημαίνεται ότι η νότια Ευρώπη βιώνει, ήδη, εξαιρετικά ξηρές καιρικές συνθήκες, με τις βροχοπτώσεις να έχουν μειωθεί έως και κατά 20% κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα [από ΕΕΑ 2010]. Τα μεσογειακά οικοσυστήματα συγκαταλέγονται μεταξύ των πλέον ευάλωτων στην Ευρώπη (ΕΕΑ 2005, Schröter κ.ά. 2005, Berry κ.ά. 2007) αφού βρίσκονται κοντά στα περιβαλλοντικά τους όρια. Όσον αφορά στην ξηρασία, για παράδειγμα, στα μεσογειακά οικοσυστήματα αυτή εμφανίζεται νωρίτερα κάθε χρόνο και διαρκεί περισσότερο. Οι περιοχές που επηρεάζονται περισσότερο από την κλιματική αλλαγή θα μπορούσαν να είναι το νότιο τμήμα της Ιβηρικής Χερσονήσου, η ανατολική ακτή της Αδριατικής, και η νότια Ελλάδα (Beniston κ.ά. 2007). Σχετικά ήπια σενάρια ξήρανσης και υπερθέρμανσης του πλανήτη

δείχνουν ότι είναι δυνατό να προκληθεί επέκταση των παρακείμενων ημι-άνυδρων και ξηρών συστημάτων.

Τα εσωτερικά ύδατα στη νότια Ευρώπη είναι πιθανό να εμφανίσουν χαμηλότερο όγκο και αυξημένη αλάτωση ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής (Williams 2001, Zalidis κ.ά. 2002). Πολλά εφήμερα οικοσυστήματα αναμένεται να εξαφανιστούν και πολλά μόνιμα να συρρικνωθούν (Alvarez Cobelas κ.ά. 2005). Σε ό,τι αφορά τους παράκτιους υδροτόπους της Μεσογείου, σύμφωνα με τους French κ.ά. (1995), φαίνεται ότι απειλούνται με απώλεια ή σημαντικές μεταβολές στην ιζηματοπόθεση σε πολλές περιοχές, καθώς η θέση τους συνδέεται στενά με τη στάθμη της θάλασσας, αν και η ικανότητά τους να αντιδρούν δυναμικά στις μεταβολές αυτές θα πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά (από Nicholls και Hoozemans 1996). Τυχόν σημαντική μείωση των υδροτοπικών εκτάσεων αναμένεται να επηρεάσει τις διαδρομές των μεταναστευτικών πουλιών, που εξαρτώνται κυρίως από τη διαθεσιμότητα κατάλληλων μεσογειακών ενδιαιτημάτων για διαχείμαση και ανάπαυση κατά την πορεία τους από τον Βορρά προς τον Νότο.

Σύμφωνα με τα περιφερειακά μοντέλα κλιματικής αλλαγής, η κλιματική αλλαγή ενδέχεται να επηρεάσει σημαντικά τις Μεσογειακές λίμνες, από άποψη διαθεσιμότητας και ποιότητας νερού (Dimitriou και Moussoulis 2010). Επίσης, η αυξημένη συχνότητα ακραίων επεισοδίων βροχής θα μπορούσε να αυξήσει την εισροή θρεπτικών ουσιών σε ορισμένους υδροτόπους (Sanchez Carrillo και Alvarez Cobelas 2001]. Επισημαίνεται ότι η αύξηση των περιστατικών άνθισης επιβλαβών φυκών (HABs - Harmful Algal Blooms) στις λίμνες ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής μπορεί να αποτελεί απειλή για τη δημόσια υγεία και να περιορίσει τη χρήση των υδάτων των λιμνών για απόληψη πόσιμου νερού και αναψυχή. Είναι πιθανό να απαιτηθεί ένταξη πρόσθετων μέτρων μείωσης του φορτίου θρεπτικών στα Σχέδια Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού προκειμένου να επιτευχθεί η καλή οικολογική κατάσταση, όπως αυτή ορίζεται από την Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα.

Οι μεταβολές που επιφέρει η κλιματική αλλαγή στις περιόδους παγοκάλυψης, στο καθεστώς παροχής ποταμού, στη θερμική στρωμάτωση, στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών και στη διάρκεια της περιόδου αύξησης των ειδών επηρεάζουν τη σύνθεση της χλωρίδας και πανίδας και τη δομή των τροφικών πλεγμάτων στα εσωτερικά ύδατα (από ΕΕΑ 2010). Πιο συγκεκριμένα, η θερμοκρασία του νερού είναι μία από τις παραμέτρους που επηρεάζουν τα υδάτινα οικοσυστήματα, καθώς οι περισσότεροι υδρόβιοι οργανισμοί επιβιώνουν σε ένα συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών. Η θερμοκρασία καθορίζει τη χωρική κατανομή τους κατά μήκος ενός ποταμού ή μιας περιοχής. Η αλλαγή του κλίματος θα μπορούσε να οδηγήσει

στην εξαφάνιση ορισμένων υδρόβιων ειδών ή θα μπορούσε να τροποποιήσει την εξάπλωσή τους σε ένα ποτάμιο σύστημα ή να μετακινήσει την εξάπλωσή τους προς τα βόρεια.

Σε ό,τι αφορά ειδικά τους υγροτόπους της Ελλάδας, με βάση δημοσίευτα δεδομένα του ΕΚΒΥ και προσομοίωση του υδατικού ισοζυγίου των λιμνών Χειμαδίτιδα και Κερκίνη με ιστορικά κλιματικά δεδομένα και με τα κλιματικά σενάρια A1B για την περίοδο 2020 – 2050 και A1B και A2 για την περίοδο 2070 - 2100, αναμένεται μείωση της επιφάνειας του νερού της Χειμαδίτιδας από 20 έως 37% και μείωση της επιφάνειας της λίμνης Κερκίνης από 5 έως 14% (Βλ. Πλαίσια 1 και 2).

Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη λίμνη Χειμαδίτιδα

Η λίμνη Χειμαδίτιδα είναι μία σχετικά ρηχή και μικρή λίμνη (μέγιστο βάθος 4 m, έκταση 9 km² περίπου) στη Βόρεια Ελλάδα. Η υδρολογική της λεκάνη έχει έκταση 34,7 km² και υπάγεται στην ευρύτερη υδρογεωλογική λεκάνη του Αμυνταίου. Δέχεται τα υπερχειλίζοντα ύδατα της λίμνης Ζάζαρης, μέσω της υφιστάμενης ενωτικής διώρυγας των δύο λιμνών, ενώ τα πλεονάζοντα ύδατά της διοχετεύονται, μέσω της τάφρου Αμύντα, στη λίμνη Πετρών.

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας (βλ. κατωτέρω), αξιολογήθηκε η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στο υδατικό ισοζύγιο της λίμνης, και συγκεκριμένα στην επιφάνεια του νερού, με τη χρήση υδρολογικού ομοιώματος που προσομοίωσε τη σχέση βροχής – απορροής και τη λειτουργία της λίμνης.

Το ομοίωμα βαθμονομήθηκε για την περίοδο 1979 – 1998 και σύμφωνα με αυτό, η μέση τιμή του απόλυτου υψόμετρου της στάθμης νερού στη λίμνη είναι 591,17 και το εμβαδό της ελεύθερης επιφάνειας νερού είναι 8,96 km².

Με την υιοθέτηση των κλιματικών σεναρίων A1B για την χρονική περίοδο 2020-2050, A1B για τη χρονική περίοδο 2070-2100 και A2 για τη χρονική περίοδο 2070-2100, η στάθμη της λίμνης διαμορφώνεται στα 590,81 m, 590,45 m και 590,35 m αντιστοίχως, δηλαδή παρατηρείται μείωση κατά 36, 72 και 82 cm αντιστοίχως. Επίσης, η επιφάνεια της λίμνης συρρικνώνεται στα 7,14 km², 5,92 km² και 5,61 km² αντίστοιχα. Η μέση μείωση της επιφάνειας του νερού για τα κλιματικά σενάρια A1B/2020-2050, A1B/2070-2100 και A2/2070-2100 είναι 20, 34 και 37% αντιστοίχως.

Τα ευρήματα αυτά καθιστούν απαραίτητη την εφαρμογή μέτρων προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

Πηγή: Δουλγέρης Χ. και Δ. Παπαδήμος. 2010. Επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής σε υγροτόπους της Ελλάδας. Αδημοσίευτα δεδομένα. Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων.

Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην τεχνητή λίμνη Κερκίνη

Η λίμνη Κερκίνη δημιουργήθηκε το 1932 με την κατασκευή ενός φράγματος στον ποταμό Στρυμόνα, στο βορειοδυτικό τμήμα της πεδιάδας των Σερρών, ενός μεγάλου αναχώματος στην ανατολική πλευρά της περιοχής και ενός μικρότερου στα δυτικά για την προστασία του οικισμού της Κερκίνης. Αποτελεί μία πολλαπλώς προστατευόμενη περιοχή (Υγρότοπος διεθνούς σημασίας, περιοχή του δικτύου Natura 2000, Εθνικό Πάρκο). Καθώς η λίμνη λειτουργεί ως ταμιευτήρας αρδευτικού νερού, υπάρχει μία εποχική διακύμανση της στάθμης της λίμνης κατά 4,5 ως 5 m (από υψόμετρο 31,0-31,5 το φθινόπωρο, σε 36 περίπου την άνοιξη), με αποτέλεσμα η επιφάνειά της να μεταβάλλεται από 45.000 σε 74.000 περίπου στρέμματα.

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας (βλ. κατωτέρω), αξιολογήθηκε η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στο υδατικό ισοζύγιο της λίμνης, και συγκεκριμένα στην έκταση της υδάτινης επιφάνειάς της, με τη χρήση υδρολογικού ομοιώματος που προσομοίωσε τη σχέση βροχής – απορροής και τη λειτουργία της λίμνης.

Η προσομοίωση με ιστορικά δεδομένα αναφέρεται στην περίοδο 2001-2006. Η μέση τιμή του απόλυτου υψόμετρου της στάθμης νερού στη λίμνη είναι 32,62 και το μέσο ετήσιο εμβαδό της ελεύθερης επιφάνειας νερού είναι 55,44 km². Με την υιοθέτηση των κλιματικών σεναρίων A1B/2020-2050, A1B/2070-2100 και A2/2070-2100 η στάθμη διαμορφώνεται στα 32,31, 31,9 και 31,82 m και η επιφάνεια της λίμνης στα 52,88, 48,9 και 47,69 km², αντίστοιχα.

Πηγή: Δουλγέρης Χ. και Δ. Παπαδήμος. 2010. Επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής σε υγροτόπους της Ελλάδας. Αδημοσίευτα δεδομένα. Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων.

Ταυτοχρόνως, στην Τριχωνίδα, τη μεγαλύτερη λίμνη της Ελλάδας, αναμένεται μείωση της στάθμης της και αύξηση της συγκεντρώσεως του ολικού αζώτου (Dimitriou και Moussoulis 2010, βλ. Πλαίσιο 3).

Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη λίμνη Τριχωνίδα

Η λεκάνη απορροής της λίμνης Τριχωνίδας, στη δυτική Ελλάδα, καλύπτει μία ημι-ορεινή επιφάνεια 403 km², στην οποία περιλαμβάνεται η μεγαλύτερη, σε όγκο, λίμνη της Ελλάδας (2.6×10⁹m³). Το μέγιστο βάθος της λίμνης είναι 58 m.

Στο πλαίσιο της έρευνας (βλ. πηγή κατωτέρω), αξιολογήθηκε η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην υδρολογία και τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών της λίμνης, με τη χρήση χωρικός κατανεμημένου υδρολογικού ομοιώματος. Προσομοιώθηκαν δύο μελλοντικά σενάρια κλιματικής αλλαγής, το απαισιόδοξο A2 σενάριο του IPCC, το οποίο προβλέπει αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3.8°C και μείωση της βροχόπτωσης κατά 0.25 mm/ημέρα και το πιο αισιόδοξο B2 σενάριο που προβλέπει αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2.5°C και μείωση της βροχόπτωσης κατά 0.25 mm/ημέρα. Το ομοίωμα βαθμονομήθηκε για την περίοδο 1990 – 1992. Τα αποτελέσματα ισοζυγίου της λίμνης για την περίοδο 1990 – 1992 δείχνουν αύξηση της αποθήκευσης ύδατος κατά 922 mm σε δύο έτη.

Τα αντίστοιχα αποτελέσματα για το σενάριο A2 δείχνουν μία αύξηση της αποθήκευσης νερού 671 mm (32.4×10⁶m³/έτος), που αντιστοιχεί σε μείωση της στάθμης της λίμνης κατά 25,1 cm (12.1 cm/έτος ή 12.1×10⁶m³/έτος) σε σχέση με τα δεδομένα βάσης 1990 – 1992.

Τα αποτελέσματα για το σενάριο B2 δείχνουν αύξηση της αποθήκευσης νερού σε 797 mm (38.5×10⁶m³/έτος), που αντιστοιχεί σε μείωση της στάθμης της λίμνης κατά 12, 5 cm (~6 cm/έτος ή 6×10⁶m³/έτος).

Ταυτοχρόνως, προβλέπεται αύξηση των συγκεντρώσεων του ολικού αζώτου κατά 10% στο σενάριο A2 και κατά 3,4% στο σενάριο B2, σε σχέση με τις τιμές στις αρχές της δεκαετίας του 1990, ωστόσο οι τιμές αυτές δεν προβλέπεται να υπερβαίνουν τις οδηγίες για τιμές των νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό.

Τα ευρήματα αυτά καθιστούν απαραίτητη την εφαρμογή σχεδίων διαχείρισης και μετριασμού κλιματικής αλλαγής καθώς και την περαιτέρω έρευνα του φαινομένου.

Πηγή: Dimitriou E. and E. Moussoulis. 2010. Hydrological and nitrogen distributed catchment modeling to assess the impact of future climate change at Trichonis Lake, western Greece. Hydrogeology Journal 18: 441–454

5.4. Οι επιδράσεις σε θαλάσσια και παράκτια οικοσυστήματα

Ως μια μικρογραφία ωκεανού (καταλαμβάνει 0,82% της επιφάνειας των ωκεανών του πλανήτη) με μικρό χρόνο ανανέωσης (40-50 έτη), η Μεσόγειος, η οποία θεωρείται ότι φιλοξενεί περί το 8 - 9% της παγκόσμιας θαλάσσιας βιοποικιλότητας και περιλαμβάνει πλήθος ενδημικών ειδών (Bianchi και Morri 2000), είναι πιθανό να αποκριθεί ταχύτατα σε εξωτερικές πιέσεις, όπως η αλλαγή του κλίματος (Gambaiani κ.ά. 2009).

Η σημερινή βιοποικιλότητα της Μεσογείου υπόκειται σε ραγδαίες μεταβολές στο πλαίσιο της συνδυασμένης δράσης των πιέσεων της αλλαγής του κλίματος και των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Ωστόσο, σε σύγκριση με τα χερσαία οικοσυστήματα, η θάλασσα έχει μελετηθεί πολύ λιγότερο και τα ιστορικά δεδομένα είναι σχετικά σύγχρονα (Roberts και Hawkins 1999).

Στη Μεσόγειο Θάλασσα αναμένεται αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση των απορροών [από EEA-JRC-WHO 2008]. Περαιτέρω, οι μεταβολές στις βιοχημικές και φυσικές ιδιότητες του θαλασσινού νερού που προκύπτουν από την υπερθέρμανση του πλανήτη είναι πιθανό να έχουν επιπτώσεις στη θαλάσσια βιοποικιλότητα, την παραγωγικότητα και τα τροφικά πλέγματα, και να δώσουν ώθηση σε εξάπλωση ασθενειών, άνθιση τοξικών φυκών και διάδοση θερμόφιλων ειδών [από Gambaiani κ.ά. 2009]. Ο Sanford (1999) έδειξε ότι μικρές αλλαγές στο κλίμα μπορεί να προκαλέσουν μεγάλες αλλαγές σε θαλάσσιες κοινωνίες μέσω της ρύθμισης της θήρευσης. Σύμφωνα με τους Petchey κ.ά. (1999), η υπερθέρμανση μεταβάλλει τη δομή των τροφικών πλεγμάτων και τη λειτουργία των υδατικών οικοσυστημάτων. Σε γενικές γραμμές, οι θαλάσσιες κοινωνίες ανταποκρίνονται σε περιβαλλοντικό στρες, με τρεις βασικές αλλαγές: (1) μείωση της ποικιλότητας (2) οπισθοδρόμηση στη διαδοχή και επικράτηση ευκαιριακών ειδών (opportunistic species) και (3) μείωση στο μέσο μέγεθος των κυρίαρχων ειδών (από Bianchi και Morri 2000).

Ειδικότερα σε ό,τι αφορά τους παράκτιους λειμώνες του ενδημικού μεσογειακού αγγειόσπερμου *Posidonia oceanica*, φαίνεται πως είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι στις φυσικές και χημικές μεταβολές που προκαλούνται από ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα (π.χ. καταγίδες και πλημμύρες) (Ott κ.ά. 1992, Bombace 2001), καθώς αυτά τα φαινόμενα προκαλούν τη διάθεση μεγάλων ποσοτήτων χερσαίων αιωρούμενων στερεών και ρύπων στο θαλάσσιο περιβάλλον. Καθώς αυτοί οι λειμώνες αποτελούν τόπο ωοτοκίας και αναπαραγωγής για πολυάριθμα θαλάσσια είδη και διαδραματίζουν σημαντικό οικολογικό ρόλο, τυχόν υποβάθμιση ή εξαφάνισή τους αναμένεται να έχει σοβαρές συνέπειες για τα παράκτια οικοσυστήματα (Francour 1997).

Κατωτέρω γίνεται μία συνοπτική αναφορά στις επιπτώσεις στα κητώδη.

Κητώδη

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να αποτελέσει την πιο σοβαρή μακροπρόθεσμη απειλή για τα κητώδη (Burns 2001), τα οποία δεν φαίνεται πιθανό να μπορέσουν να προσαρμοστούν στις ραγδαίες μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών (MacGarvin και Simmonds 1996).

Τα κητώδη μπορεί να επηρεαστούν από την υπερθέρμανση του πλανήτη με ποικίλους τρόπους. Ειδικότερα, η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει την εξάπλωση, αφθονία και μετανάστευση των κητωδών μέσω της διαθεσιμότητας τροφής (Kenney κ.ά. 1996). Για παράδειγμα, στην Αδριατική Θάλασσα, η αλλαγή του κλίματος θεωρείται υπεύθυνη για τη μεταβολή στην εξάπλωση των κύριων θηραμάτων του κοινού δελφινιού (*Delphinus delphis*)³ και του ρινοδέλφινου (*Tursiops truncatus*)⁴ (Blanco κ.ά. 2001, Bearzi κ.ά. 2003).

Η αυξημένη θερμοκρασία της θάλασσας μπορεί επίσης να προκαλέσει μεγάλης κλίμακας ασθένειες που σχετίζονται με περιστατικά θνησιμότητας των δελφινιών στη Μεσόγειο (Geraci και Lounsbury 2002, από Alcamo κ.ά. 2007). Επιπρόσθετα, η μεταβολή της αλατότητας εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής μπορεί να προκαλέσει καταπόνηση στα κητώδη (για παράδειγμα, δερματικές κακώσεις), καθιστώντας τα περισσότερα ευάλωτα σε ασθένειες ή σε ανθρωπογενείς πιέσεις (Wilson κ.ά. 1999, Learmonth κ.ά. 2006).

Τέλος, η αυξημένη συχνότητα ανθίσεων τοξικών φυκών, όπως τα δινομαστιγωτά τα οποία συχνά παράγουν μπρεβετοξίνες, έχει συσχετιστεί με την κατάρρευση ορισμένων πληθυσμών θαλάσσιων ειδών, περιλαμβανομένων των κητωδών, όπως των ζωνοδέλφινων (*Stenella coeruleoalba*)⁵ στη Μεσόγειο Θάλασσα (από Gambaiani κ.ά. 2009).

³ Το είδος απαντά στην Ελλάδα και περιλαμβάνεται στα Παραρτήματα της Οδηγίας των Οικοτόπων.

⁴ Το είδος απαντά στην Ελλάδα και περιλαμβάνεται στα Παραρτήματα της Οδηγίας των Οικοτόπων.

⁵ Το είδος απαντά στην Ελλάδα και περιλαμβάνεται στα Παραρτήματα της Οδηγίας των Οικοτόπων.

5.5. Κλιματική αλλαγή, βιοποικιλότητα και χωροκατακτητικά ξενικά είδη

Ο αριθμός των χωροκατακτητικών ξενικών ειδών στην Ευρώπη, όπως και παγκοσμίως, έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία έτη. Τα χωροκατακτητικά ξενικά είδη αποτελούν σοβαρή απειλή για τη βιοποικιλότητα, καθώς ανταγωνίζονται τα αυτόχθονα είδη για τους ίδιους φυσικούς πόρους με συχνά δυσμενείς συνέπειες στα φυσικά οικοσυστήματα. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εισαγωγή ξενικών ειδών περιλαμβάνουν οικολογικές μεταβολές στα οικοσυστήματα, μείωση της βιοποικιλότητας, ακόμη και εξάλειψη των αυτοχθόνων ειδών. Άλλη μία, εν δυνάμει, σοβαρή επίπτωση της εισαγωγής ξενικών ειδών είναι η πιθανότητα υβριδισμού με τα αυτόχθονα είδη. Τα χωροκατακτητικά ξενικά είδη αποτελούν επίσης ένα μεγάλο οικονομικό και κοινωνικό ζήτημα στην Ευρώπη. Επιπρόσθετα, είναι δυνατόν να επηρεάσουν αρνητικά την ανθρώπινη υγεία, δρώντας ως φορείς ασθενειών ή προκαλώντας αλλεργίες και δερματικές παθήσεις.

Ξενικό είδος (*alien species*): ένα είδος, υποείδος ή κάποια χαμηλότερη ταξινομική μονάδα, που έχει εισαχθεί εκτός των φυσικών παρελθόντων ή υφιστάμενων ορίων εξάπλωσης· περιλαμβάνει κάθε τμήμα, γαμέτες, σπόρια, αβγά ή πολλαπλασιαστικές μονάδες τέτοιων ειδών, τα οποία θα μπορούσαν να επιβιώσουν και ακολούθως να αναπαραχθούν.

Χωροκατακτητικό ξενικό είδος (*invasive alien species IAS*): ένα ξενικό είδος του οποίου η εισαγωγή ή/και η εξάπλωση αποτελούν απειλή για τη βιοποικιλότητα.

Εισαγωγή (*introduction*): η μετακίνηση μέσω ανθρώπινου παράγοντα, με άμεσο ή έμμεσο τρόπο, ενός ξενικού είδους εκτός των ορίων του φυσικού του εύρους. Αυτή η μετακίνηση μπορεί να συμβεί μέσα σε μία χώρα ή μεταξύ διαφορετικών χωρών ή και περιοχών πέρα από εθνική δικαιοδοσία.

Εγκατάσταση (*establishment*): η διαδικασία κατά την οποία ένα ξενικό είδος σε ένα νέο ενδιαίτημα παράγει επιτυχώς βιώσιμους απογόνους με την πιθανότητα μακροπρόθεσμης επιβίωσης.

Από την Απόφαση VI/23 της Διάσκεψης των Συμβαλλομένων Μερών (Σύμβαση για τη Βιολογική Ποικιλότητα - Χάγη, Απρίλιος του 2002)

5.5.1. Εσωτερικά Ύδατα

Στα εσωτερικά ύδατα (ποταμοί, λίμνες), η κλιματική αλλαγή αναμένεται να οδηγήσει σε εισβολές ειδών που προέρχονται από θερμότερες περιοχές (Galil κ.ά. 2007). Γενικότερα, η κλιματική αλλαγή προκαλεί αλλαγές στα ενδιαίτηματα των εσωτερικών υδάτων, επιτρέποντας στα ξενικά είδη να τα εποικίσουν, επηρεάζοντας με αυτόν τον τρόπο την οικολογική τους κατάσταση [από EEA 2010].

Για παράδειγμα, το υποτροπικό νηματοειδές κυανοβακτήριο *Cylindrospermopsis raciborskii*, το οποίο είναι εξαιρετικά τοξικό, απαντά συνήθως σε ύδατα όπου επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, με στρωματοποιημένη στήλη νερού και υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών. Προσφάτως, εξαπλώθηκε με ταχείς ρυθμούς σε εύκρατες περιοχές και είναι πλέον ευρέως διαδεδομένο σε όλη την Ευρώπη (Dyble κ.ά. 2002). Η εξάπλωση του κυανοβακτηρίου σε ταμιευτήρες νερού που χρησιμοποιούνται για ύδρευση και αναψυχή έχει προκαλέσει διεθνή ανησυχία για τη δημόσια υγεία λόγω της εν δυνάμει παραγωγής τοξινών.

Επίσης, ορισμένα είδη ψαριών προσαρμοσμένα σε θερμότερα νερά, όπως ο κυπρίνος, είναι δυνατό να αντικαταστήσουν αυτόχθονα είδη, όπως η πέρκα και πέστροφα σε πολλές περιοχές (Kolar και Lodge 2000, από EEA-JRC-WHO 2008).

5.5.2. Θαλάσσια και παράκτια οικοσυστήματα

Στη θάλασσα, οι ταχέως μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες παρέχουν ευνοϊκό έδαφος για τα χωροκατακτητικά είδη, τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Τα θαλάσσια χωροκατακτητικά ξενικά είδη προκαλούν απώλεια της βιοποικιλότητας οδηγώντας στην εξαφάνιση τα αυτόχθονα είδη, και μπορούν να μεταβάλουν σημαντικά τη δομή και τις λειτουργίες του θαλάσσιου οικοσυστήματος και να προκαλέσουν βλάβες στις οικονομικές δραστηριότητες (αλιεία, τουρισμός κ.ά.) και στην ανθρώπινη υγεία. Αυτό συμβαίνει ιδίως όταν τα εν λόγω είδη εισβάλλουν σε ένα οικοσύστημα που θεωρείται ήδη ευάλωτο λόγω άλλων πιέσεων (EEA 2010).

Φυτοπλαγκτό

Λίγες πληροφορίες είναι διαθέσιμες αναφορικά με τις μεταβολές στη σύνθεση του φυτοπλαγκτού σε σχέση με την κλιματική αλλαγή στη Μεσόγειο Θάλασσα. Στο πλαίσιο των σεναρίων υπερθέρμανσης του πλανήτη, αναμένεται η γεωγραφική εξάπλωση των τροπικών ειδών. Η σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας στη Μεσόγειο (Salat και Pasqual 2002) διευκόλυνε την προσαρμογή (εγκλιματισμό) και την εγκατάσταση

των τροπικών θαλάσσιων μικροφυκών και άλλων οργανισμών (μακροφύκη, μαλάκια, ψάρια) (Occhipinti-Ambrogi 2007).

Τα διάτομα αναμένεται να βρεθούν σε μειονεκτική θέση εξαιτίας του περιορισμού του πυριτίου λόγω των μειωμένων βροχοπτώσεων και απορροών εσωτερικών υδάτων, ενώ τα μαστιγωτά (περιλαμβανομένων των δινομαστιγωτών) ευνοούνται σε συνθήκες στρωμάτωσης εξαιτίας της ικανότητάς τους να μετακινούνται στη στήλη του νερού (Anderson και Stolzenbach 1985, Levandowsky και Kaneta 1987).

Το τροπικό δινομαστιγωτό *Citharistes regius* αναφέρθηκε για πρώτη φορά στη Μεσόγειο ανοιχτά του Ιονίου Πελάγους (Gomez 2009). Περαιτέρω, οι αναφορές για τοξικά βενθικά δινομαστιγωτά στις ακτές της Μεσογείου αυξάνονται ολοένα κατά την τελευταία δεκαετία. Συγκεκριμένα, η εξάπλωση ειδών τροπικών γενών, όπως τα γένη *Gambierdiscus* και *Prorocentrum* στην Ελλάδα μπορεί να αποτελεί βιολογική ένδειξη της κλιματικής αλλαγής στην περιοχή. Συγκεκριμένα, η πρώτη αναφορά του είδους *Gambierdiscus* sp. στη Μεσόγειο ήρθε από τη θαλάσσια περιοχή της Κρήτης, το έτος 2003 (Aligizaki και Nikolaidis 2008). Το 2009, το είδος βρέθηκε στον Σαρωνικό Κόλπο, Σαλαμίνα, επεκτείνοντας την εξάπλωσή του ακόμη πιο βόρεια (γεωγραφικό πλάτος ~38° N) στη Μεσογειακή λεκάνη (Aligizaki κ.ά. 2009). Αυτό το βενθικό δινομαστιγωτό παράγει τοξίνες (Bagnis κ.ά. 1980) που ευθύνονται για τη σιγκουατέρα (ciguatera), μια μορφή τροφικής δηλητηρίασης από την οποία ασθενούν περισσότεροι από 50.000 άνθρωποι κάθε έτος, έπειτα από κατανάλωση ψαριών, κυρίως σε περιτροπικές περιοχές (Glaziou και Legrand 1994) [από Aligizaki 2009].

Μακροφύκη και αγγειόσπερμα

Έως τον Οκτώβριο του 2007, στις ελληνικές ακτές είχαν καταγραφεί 31 ξενικά θαλάσσια μακροφυτικά είδη, εκ των οποίων τα 4 ταξινομήθηκαν ως χωροκατακτητικά βάσει της εξάπλωσής τους (αν και οι επιπτώσεις τους στη φυσική βλάστηση της χώρας μας δεν έχουν ακόμη τεκμηριωθεί). Τα είδη αυτά είναι τα *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*, *Codium fragile* spp. *tomentosoides*, *Womersleyella setacea* και *Halophila stipulacea* και συγκαταλέγονται ανάμεσα στα 9 πιο χωροκατακτητικά θαλάσσια μακροφύκη που έχουν αναφερθεί για τη Μεσόγειο (Boudouresque και Verlaque 2002), καθώς είναι γνωστό πως εκτοπίζουν (αντικαθιστούν) την αυτόχθονη χλωρίδα, μειώνουν την ποικιλότητα των τοπικών κοινωνιών και μεταβάλλουν τα κύρια οικολογικά χαρακτηριστικά των αυτόχθονων βενθικών κοινωνιών μέσω της διατάραξης των τροφικών πλεγμάτων. Η πρόσφατη αύξηση των εισβολών στη Μεσόγειο θάλασσα επικαλείται ένα σενάριο τροπικοποίησης. Πράγματι, πολλά από τα ξενικά μακροφυτικά είδη που έχουν εισαχθεί και εγκατασταθεί επιτυχώς στην Ελλάδα αποτελούν τροπικά και υποτροπικά είδη [από Tsiamis κ.ά. 2008].

Γενικώς, οι περιοχές με υψηλή ενδημική βιοποικιλότητα θεωρούνται λιγότερο εκτεθειμένες σε εισβολή ξενικών ειδών (Kennedy κ.ά. 2002, Stachowicz κ.ά. 2002, Duffy 2003). Αντιθέτως, αραιοί και γηρασμένοι πληθυσμοί του ενδημικού στη Μεσόγειο θαλάσσιου φανερογάμου *Posidonia oceanica* (λειμώνες Ποσειδωνίας) θεωρούνται περισσότερο ευάλωτοι στην εισβολή και αντικατάσταση από χωροκατακτητικά μακροφύκη, όπως τα είδη *Caulerpa taxifolia* και *Caulerpa racemosa* (Meinesz κ.ά. 2001, Bouderesque και Verlaque 2002, Peirano κ.ά. 2005). Η αλλαγή του κλίματος θα μπορούσε να είναι ένας από τους παράγοντες που ευθύνονται για την υποχώρηση των λειμώνων Ποσειδωνίας και για την επέκταση της εξάπλωσης της *Caulerpa* [από Gambaiani κ.ά. 2009].

Ζωοπλαγκτό, ζωοβένθος και ψάρια

Στις ελληνικές θάλασσες, μία πολυετής ανάλυση τάσεων που βασίζεται σε μία πρόσφατη απογραφή των ξενικών ειδών αποκάλυψε αύξησή τους κατά τα τελευταία έτη (Pancucci-Papadopoulou κ.ά. 2005). Το αυξημένο ποσοστό των εισαγωγών στις ελληνικές θάλασσες θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα μιας συνέργειας διαφορετικών αιτίων, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και η υπερθέρμανση του πλανήτη, η οποία δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες για την εισαγωγή ή και εξάπλωση μιας σειράς ξενικών ειδών και ιδιαίτερα ορισμένων θερμόφιλων λεσεψιανών μεταναστών. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται ο συνολικός αριθμός ξενικών ζωοβενθικών και ζωοπλαγκτικών ειδών, και ειδών ψαριών που καταγράφηκαν στα ελληνικά νερά τον Ιούλιο του 2007 (από Zenetos κ.ά. 2007).

Πίνακας 1. Συνολικός αριθμός (N) ξενικών ζωοβενθικών και ζωοπλαγκτικών ειδών, και ειδών ψαριών που καταγράφηκαν στα ελληνικά νερά τον Ιούλιο του 2007.

Κατηγορία	Αριθμός ειδών
Ζωοπλαγκτό	9
Ζωοβένθος	68
Ψάρια	33
Σύνολο	110

Αναφορικά με τα ψάρια, ο λαγοκέφαλος (*Lagocephalus sceleratus*), ένα τοξικό είδος από την περιοχή του Ινδικού-Ειρηνικού Ωκεανού, καταγράφηκε για πρώτη φορά στη Μεσόγειο στα νότια της Τουρκίας το έτος 2003, και από τότε έχει εξαπλωθεί στην ανατολική Μεσόγειο,

φθάνοντας έως το βόρειο Αιγαίο (Ελλάδα) (Zenetos κ.ά. 2007). Το είδος περιέχει τετραδοτοξίνη, μια πολύ ισχυρή νευροτοξίνη (Katikou κ.ά. 2009), η οποία μπορεί να προκαλέσει δηλητηρίαση, ακόμα και θάνατο εάν το ψάρι καταναλωθεί πριν υποστεί κατάλληλη προετοιμασία [από ΕΕΑ 2010].

6. Οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα

6.1 Γενικά

Στην παρούσα ενότητα επιχειρείται μια εκτίμηση του κόστους που συνδέεται με τις επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στη βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα της Ελλάδας. Επισημαίνεται εξ αρχής η πολυπλοκότητα του υπό εξέταση φαινομένου στον τομέα της βιοποικιλότητας και των οικοσυστημάτων, καθώς πολλά από τα παρεχόμενα οφέλη δεν μπορούν να αξιολογηθούν πλήρως λόγω της περιορισμένης κατανόησης των οικολογικών μηχανισμών και της έλλειψης αναλυτικών στοιχείων πάνω στα οποία θα μπορούσε να βασιστεί μια αξιόπιστη και εμπεριστατωμένη μελέτη επιπτώσεων για την Ελλάδα.

Η απώλεια βιοποικιλότητας συνεπάγεται υποβάθμιση των υπηρεσιών που παρέχουν τα οικοσυστήματα (ecosystem services). Η προσέγγιση που ακολουθήσαμε επομένως για την οικονομική αξιολόγηση των συνεπειών της απώλειας βιοποικιλότητας επικεντρώνεται στις υπηρεσίες οικοσυστήματος. Η πιο πρόσφατη εξέλιξη στην προσπάθεια προσδιορισμού της οικονομικής αξίας των υπηρεσιών που προσφέρουν τα οικοσυστήματα και ανάπτυξης οικονομικών εργαλείων ώστε αυτή να ληφθεί υπόψη προέρχεται από τη μελέτη με τίτλο *Οικονομικά των Οικοσυστημάτων και της Βιοποικιλότητας (The Economics of Ecosystems and Biodiversity - TEEB)*, που διεξήχθη υπό την αιγίδα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.⁶

Ένα σημαντικό αποτέλεσμα της έρευνας στα πλαίσια του TEEB ήταν η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων όπου συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφία οι βασικότερες εκτιμήσεις της οικονομικής αξίας, εκφρασμένες σε μονάδες αμερικάνικων δολαρίων ανά εκτάριο (ha), 22 υπηρεσιών οικοσυστήματος σε ετήσια βάση, οι οποίες κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- *Υπηρεσίες παροχής*: (1) τροφή, (2) νερό, (3) πρώτες ύλες, (4) γενετικοί πόροι, (5) φαρμακευτικές ουσίες, (6) διακοσμητικά υλικά

⁶⁶ Βλέπε Kumar (2010).

- *Ρυθμιστικές υπηρεσίες:* (7) επίδραση στην ποιότητα του αέρα, (8) ρύθμιση του κλίματος, (9) μετριασμός ακραίων καιρικών φαινομένων, (10) ρύθμιση των ροών ύδατος, (11) διαχείριση αποβλήτων/καθαρισμός υδάτων, (12) αποτροπή διάβρωσης εδάφους, (13) διατήρηση κύκλου θρεπτικών στοιχείων και γονιμότητας εδάφους, (14) επικονίαση, (15) βιολογικός έλεγχος
- *Υπηρεσίες ενδιαιτήματος:* (16) διατήρηση κύκλου ζωής, (17) προστασία 'τράπεζας γονιδίων'
- *Πολιτιστικές υπηρεσίες:* (18) αισθητική απόλαυση, (19) ευκαιρίες για αναψυχή και τουρισμό, (20) καλλιτεχνική έμπνευση, (21) πνευματική ευημερία, (22) γνωστικές πληροφορίες (εκπαίδευση και επιστήμη).

Χρησιμοποιώντας τιμές κυρίως από τη βάση δεδομένων του TEEB επιχειρήσαμε ένα υπολογισμό του οικονομικού κόστους από την απώλεια των προσφερόμενων υπηρεσιών στα δασικά οικοσυστήματα και σε υδάτινα οικοσυστήματα γλυκού νερού (λίμνες Χειμαδίτιδα και Κερκίνη) κάτω από τα σενάρια κλιματικής μεταβολής που διατυπώθηκαν για τον ελληνικό χώρο από την ομάδα των φυσικών επιστημόνων. Συγκεκριμένα, τα σενάρια διαμορφώθηκαν ανάλογα με 4 διαφορετικά σενάρια εκπομπών (A2, A1B, B2 και B1) για τις δεκαετίες 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040,, 2081-2090, 2091-2100 και για 12 κλιματικές ζώνες στις οποίες χωρίστηκε η Ελλάδα με βάση κλιματικά και γεωγραφικά κριτήρια (καθώς και για την Ελλάδα ως σύνολο). Οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα αναμένεται αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στην Ελλάδα κατά:

- 3.5 °C (σενάριο A1B)
- 4.5 °C (σενάριο A2)
- 3.1 °C (σενάριο B2)
- 2.4 °C (σενάριο B1)

Τέλος, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των στοιχείων για τις φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, η παρούσα ανάλυση πραγματοποιήθηκε για τα σενάρια A2 και B2 στην περίπτωση των δασών και για τα σενάρια A1B και A2 στην περίπτωση των λιμνών Χειμαδίτιδα και Κερκίνη.

6.2 Αποτίμηση Φυσικών Επιπτώσεων

6.2.1 Δασικά Οικοσυστήματα

Στην υποενότητα αυτή επιχειρείται μία εκτίμηση του οικονομικού κόστους από την απώλεια υπηρεσιών οικοσυστήματος που συνδέεται με τις φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα δασικά οικοσυστήματα της Ελλάδας. Η μελέτη του Ελληνικού Κέντρου Βιοτόπων-Υγροτόπων για τη βιοποικιλότητα της Ελλάδας (EKBY, 2010) προσφέρει μια περιγραφή της κατάστασης των δασών στην χώρα μας. Η δασική έκταση καλύπτει περισσότερη από τη μισή έκταση της χώρας, με το ποσοστό για τα δάση και τις λοιπές δασωμένες γαίες να διαμορφώνεται σε 29,1% και 21,6% αντίστοιχα (στοιχεία του 2005). Από τα στοιχεία της ευρωπαϊκής έκθεσης για τα δάση του 2007 προκύπτει ότι στην Ελλάδα, η δασική έκταση εμφανίζεται περίπου σταθερή κατά την δεκαπενταετία 1990–2005 (6.511.000 ha, 6.525.000 ha και 6.532.000 ha για το 1990, 2000 και 2005 αντιστοίχως). Κατά την περίοδο αυτή, η έκταση των δασών εμφανίζει αύξηση (3.750.000 ha το 2005 σε σχέση με 3.299.000 ha το 1990), ενώ η έκταση της λοιπής δασωμένης γης εμφανίζει αντίστοιχη μείωση (2.780.000 ha το 2005 σε σχέση με 3.212.000 ha το 1990).

Τα δάση της Ελλάδας, όπως και στην υπόλοιπη Μεσογειακή περιοχή, έχουν εκτεθεί σε ανθρώπινες δραστηριότητες (π.χ. υπερβόσκηση, χρήση βαρέων μηχανημάτων για συγκομιδή ξυλείας). Τα παράκτια δάση και τα δάση σε χαμηλό υψόμετρο έχουν υποβαθμιστεί λόγω πολεοδόμησης και μετατροπής τους σε γεωργική γη. Επιπλέον σημαντικοί κίνδυνοι προέρχονται από βιολογικές ασθένειες και επαναλαμβανόμενες ανά μικρά χρονικά διαστήματα πυρκαγιές. Η κλιματική αλλαγή ενισχύει την ευαισθησία των δασών σε βιολογικές ασθένειες και αναμένεται να επιτείνει περαιτέρω τον κίνδυνο εμφάνισης πυρκαγιών στη χώρα μας.

Η ομάδα περιβάλλοντος που συγκροτήθηκε για τα Δάση και τα Λιβάδια στην τελική της αναφορά (Νάσσης και Καρμίρης, 2010) διατύπωσε μία σειρά ποσοτικών εκτιμήσεων για τις φυσικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα αυτά κάτω από τα σενάρια κλιματικής μεταβολής B2 και A2. Από το σύνολο των επιπτώσεων που αναλύονται, για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης θα εξετάσουμε μόνο χωρικά στοιχεία.

Μία από τις σημαντικότερες επιπτώσεις που αναφέρονται αφορά στην αναμενόμενη αύξηση της εμφάνισης και της σφοδρότητας των πυρκαγιών, καθώς η φυτική βιομάζα θα είναι πιο εύφλεκτη εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας και των παρατεταμένων περιόδων

ξηρασίας. Με την υπάρχουσα στρατηγική διαχείρισης και χωρίς να ληφθούν πρόσθετα μέτρα εκτιμάται ότι εξαιτίας κλιματικών αλλαγών ως το έτος 2100 η συνολική καμένη έκταση θα αυξηθεί κατά μέσο όρο ετησίως κατά:

- 10% ή περίπου 20.000 ha (σενάριο B2)
- 20% ή περίπου 40.000 ha (σενάριο A2)

Με την επικείμενη άνοδο της θερμοκρασίας αναμένεται επίσης μετατόπιση των δασικών οικοσυστημάτων. Τα ξηρανθεκτικά (ξηρόφιλα αείφυλλα και θερμόβια κωνοφόρα) αναμένεται να επεκταθούν βορειότερα και υψηλότερα προς τη ζώνη της δρυός, τα δάση δρυός σε μεγαλύτερα υψόμετρα προς τη ζώνη της οξυάς, ελάτης και μαύρης πεύκης, ενώ τα δάση οξυάς, ελάτης και μαύρης πεύκης προς την υπαλπική ζώνη, όπου όμως υπάρχει περιορισμένος χώρος επέκτασης και συνεπώς θα συρρικνωθούν. Οι ποσοτικοποιημένες διαφορές σε σχέση με την υπάρχουσα εξάπλωση των δασών που εκτιμήθηκαν με βάση τις προβλέψεις των σεναρίων A2 και B2 αναφέρουν αύξηση των εκτάσεων των δασών των θερμόβιων κωνοφόρων και αείφυλλων πλατύφυλλων περίπου κατά:

- 2% ή 8.000 ha (σενάριο B2)
- 3% ή 12.000 ha (σενάριο A2)

και συρρίκνωση των εκτάσεων των δασών ερυθρελάτης, ελάτης, οξυάς και μαύρης πεύκης περίπου κατά:

- 4% ή 10.000 ha (σενάριο B2)
- 8% ή 20.000 ha (σενάριο A2).

Τέλος, η αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με τη μείωση των κατακρημνισμάτων θα αυξήσουν τον κίνδυνο ερημοποίησης των παράκτιων περιοχών στη νότια και τη νησιωτική Ελλάδα που σήμερα καλύπτονται από δάση θερμόβιων κωνοφόρων και αείφυλλων πλατύφυλλων. Εκτιμάται ότι έχει αυξημένη πιθανότητα να ερημοποιηθεί και να μετατραπεί από δάσος σε λιβάδι περίπου το:

- 1% ή 4.000 ha (σενάριο B2)
- 2% ή 8.000 ha (σενάριο A2)

της συνολικής δασοκάλυψης των δασών αυτών.

Οι αναμενόμενες μειώσεις στην έκταση που καταλαμβάνουν τα δασικά οικοσυστήματα στην Ελλάδα συνεπάγονται οικονομικό κόστος εξαιτίας της απώλειας υπηρεσιών οικοσυστήματος από το τμήμα των οικοσυστημάτων που καταστρέφεται ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής.

6.2.1.1 Μέθοδος οικονομικής αποτίμησης φυσικών επιπτώσεων

Για τον υπολογισμό του οικονομικού κόστους από την απώλεια υπηρεσιών οικοσυστήματος που συνδέεται με τη μείωση της έκτασης των δασών ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής θα χρησιμοποιήσουμε από τις διαθέσιμες τιμές στη βάση δεδομένων του TEEB, στα πλαίσια τεχνικών μεταφοράς αξίας (transfer value) από τις περιοχές μελέτης σε περιοχές ενδιαφέροντος, τις τιμές που εκτιμήθηκαν στη μελέτη του Brenner-Guillermo (2007). Στην εργασία αυτή αποτιμήθηκαν οι υπηρεσίες οικοσυστήματος, μη καταναλωτικού χαρακτήρα, στην παράκτια ζώνη της περιοχής της Καταλονίας στην Ισπανία, που ως Μεσογειακή χώρα θεωρούμε ότι παρουσιάζει κοινά χαρακτηριστικά με την περίπτωση της Ελλάδας.

Σύμφωνα με τον Brenner-Guillermo (2007) η ετήσια συνολική οικονομική αξία (Total Economic Value) των υπηρεσιών οικοσυστήματος που προσφέρουν τα δάση ανέρχεται σε 3.789 US\$/ha (έτος βάσης: 2004). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, η αξία αυτή προκύπτει ως άθροισμα έντεκα υπηρεσιών οικοσυστήματος. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή αυτή με το πλήθος των ha κατά τα οποία μειώνεται η έκταση των δασών εφαρμόζοντας τα κλιματικά σενάρια, δηλαδή $\Delta x(\text{ha}) \cdot P(\text{US}\$/\text{ha})$, όπου x η έκταση και P η τιμή, προκύπτει η οικονομική αξία των τμημάτων των οικοσυστημάτων που χάνονται και κατά συνέπεια το οικονομικό κόστος που επιφέρει η κλιματική αλλαγή αναφορικά με τα δασικά οικοσυστήματα.

Πίνακας 2. Χρηματική αξία (2004 US\$/ha/yr) των υπηρεσιών που προσφέρουν τα δασικά οικοσυστήματα βάσει της μελέτης του Brenner-Guillermo (2007)

		Εκτίμηση για τιμή
ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ		
1	Τροφή	-
2	Προμήθεια νερού	403
3	Πρώτες ύλες	-
4	Γενετικοί πόροι	20
5	Φαρμακευτικές ουσίες	-
6	Διακοσμητικά υλικά	-
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ		
7	Επίδραση στην ποιότητα του αέρα	-
8	Ρύθμιση κλίματος	133
9	Μετριασμός ακραίων φαινομένων	-
10	Ρύθμιση των ροών ύδατος	-

11	Διαχείριση αποβλήτων / καθαρισμός υδάτων	109
12	Αποτροπή διάβρωσης	122
13	Διατήρηση κύκλου θρεπτικών στοιχείων και γονιμότητας εδάφους	12
14	Επικονίαση	400
15	Βιολογικός έλεγχος	5
ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΟΣ		
16	Διατήρηση κύκλου ζωής	-
17	Προστασία (διατήρηση) 'τράπεζας γονιδίων'	2281
ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ		
18	Αισθητική απόλαυση	-
19	Ευκαιρίες για αναψυχή και τουρισμό	301
20	Καλλιτεχνική έμπνευση	-
21	Πνευματική ευημερία	-
22	Γνωστικές πληροφορίες (εκπαίδευση και επιστήμη)	-
27	Πολιτιστικές υπηρεσίες (γενικά)	2
ΣΥΝΟΛΟ (TEV):		3.789

Πηγή: Van der Ploeg et al. (2010)

6.2.1.2 Αποτελέσματα οικονομικής αποτίμησης φυσικών επιπτώσεων

Με βάση την εκτίμηση για την οικονομική αξία των υπηρεσιών δασικών οικοσυστημάτων σε 3.789 US\$/ha, το ετήσιο κόστος από τις επιπλέον απώλειες δασικών εκτάσεων εξαιτίας πυρκαγιών μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

- $3.789 * 20.000 = 75.780.000$ US\$ (σενάριο B2)
- $3.789 * 40.000 = 151.560.000$ US\$ (σενάριο A2)

Ομοίως, το ετήσιο κόστος από τη συρρίκνωση των εκτάσεων των δασών ερυθρελάτης, ελάτης, οξυάς και μαύρης πεύκης περίπου μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

- $3.789 * 10.000 = 37.890.000$ US\$ (σενάριο B2)
- $3.789 * 20.000 = 75.780.000$ US\$ (σενάριο A2).

Τέλος, το ετήσιο κόστος από την αναμενόμενη ερημοποίηση παράκτιων περιοχών στη νότια και τη νησιωτική Ελλάδα που σήμερα καλύπτονται από δάση θερμόβιων κωνοφόρων και αείφυλλων πλατύφυλλων μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής:

- $3.789 * 4.000 = 15.156.000$ US\$ (σενάριο B2)
- $3.789 * 8.000 = 30.312.000$ US\$ (σενάριο A2)

6.2.1.3 Σύγκριση με άλλες τιμές

Στη μελέτη των Croitoru και Merlo (2005) εκτιμήθηκε η συνολική οικονομική αξία των δασών στις μεσογειακές χώρες. Στην περίπτωση της Ελλάδας (βλ. επίσης Kazana και Kazaklis, 2005), η αξία αυτή υπολογίστηκε σε 96 US\$/ha, όπως δείχνει ο Πίνακας 3.

Αν χρησιμοποιήσουμε αυτή την τιμή οι υπολογισμοί μας για το ετήσιο κόστος από τις επιπλέον απώλειες δασικών εκτάσεων εξαιτίας πυρκαγιών διαμορφώνονται ως εξής:

- $96 * 20.000 = 1.920.000$ US\$ (σενάριο B2)
- $96 * 40.000 = 3.840.000$ US\$ (σενάριο A2)

Ομοίως, το ετήσιο κόστος από τη συρρίκνωση των εκτάσεων των δασών ερυθρελάτης, ελάτης, οξυάς και μαύρης πεύκης περίπου μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

- $96 * 10.000 = 960.000$ US\$ (σενάριο B2)
- $96 * 20.000 = 1.920.000$ US\$ (σενάριο A2).

Τέλος, το ετήσιο κόστος από την αναμενόμενη ερημοποίηση παράκτιων περιοχών στη νότια και τη νησιωτική Ελλάδα που σήμερα καλύπτονται από δάση θερμόβιων κωνοφόρων και αείφυλλων πλατύφυλλων μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής:

- $96 * 4.000 = 384.000$ US\$ (σενάριο B2)
- $96 * 8.000 = 768.000$ US\$ (σενάριο A2)

Τα κόστη αυτά είναι μικρότερα από τις εκτιμήσεις μας βάσει της τιμής στη μελέτη του Brenner-Guillermo (2007).

Πίνακας 3. Συνολική οικονομική αξία των ελληνικών δασών (US\$/ha, τιμές 2007)

	Εκτίμηση για τιμή
ΑΞΙΕΣ ΑΜΕΣΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ	
Προϊόντα ξύλου	14
Προϊόντα εκτός ξύλου	9
Βοσκήσιμη ύλη	45
Αναψυχή	1
Κυνήγι	5
ΑΞΙΕΣ ΑΜΕΣΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ	
Προστασία υδροκριτών	12

Δέσμευση άνθρακα	1
ΑΞΙΑ ΥΠΑΡΞΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ	9
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΑ (TEV)	96

Πηγή: Croitoru and Merlo (2005), στοιχεία ενημερωμένα σε 2007 US\$ (http://www.eoearth.org/article/Value_of_Mediterranean_forests)

6.2.2 Υδάτινα οικοσυστήματα γλυκού νερού

Στην υποενότητα αυτή επιχειρούμε μία εκτίμηση του οικονομικού κόστους από την απώλεια υπηρεσιών οικοσυστήματος που συνδέεται με τις φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις λίμνες Χειμαδίτιδα και Κερκίνη στη Βόρεια Ελλάδα. Οι εισαγωγικές πληροφορίες για τις δύο υπό εξέταση λίμνες, καθώς και τα στοιχεία αναφορικά με τις φυσικές επιπτώσεις προέρχονται από σχετική μελέτη του Ελληνικού Κέντρου Βιοτόπων-Υγροτόπων (Δουλγέρης και Παπαδήμος, 2010) που διεξήχθη για τους σκοπούς της παρούσας ανάλυσης.

Η λίμνη Χειμαδίτιδα ανήκει στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας. Βρίσκεται στο νοτιοανατολικό άκρο του Νομού Φλώρινας και υπάγεται στον Δήμο Αετού. Η λίμνη καταλαμβάνει έκταση περίπου 900 ha, ενώ η υδρολογική της λεκάνη υπάγεται στην ευρύτερη υδρογεωλογική λεκάνη του Αμυνταίου, στην οποία ανήκουν και οι λίμνες Ζάζαρη, Πετρών και Βεγορίτιδα. Δέχεται τα υπερχειλίζοντα ύδατα της λίμνης Ζάζαρης, μέσω της υφιστάμενης ενωτικής διώρυγας των δύο λιμνών, ενώ τα πλεονάζοντα ύδατά της διοχετεύονται, μέσω της τάφρου Αμύντα, στη λίμνη Πετρών.

Η λίμνη Κερκίνη δημιουργήθηκε το 1932 με την κατασκευή ενός φράγματος στον ποταμό Στρυμόνα στο βορειοδυτικό τμήμα της πεδιάδας των Σερρών, ενός μεγάλου αναχώματος στην ανατολική πλευρά της περιοχής και ενός μικρότερου στα δυτικά για την προστασία του οικισμού της Κερκίνης. Αποτελεί μία πολλαπλώς προστατευόμενη περιοχή (Υγρότοπος διεθνούς σημασίας, περιοχή του δικτύου Natura 2000, Εθνικό Πάρκο). Καθώς η λίμνη λειτουργεί ως ταμιευτήρας αρδευτικού νερού, υπάρχει μία εποχική διακύμανση της στάθμης της λίμνης κατά 4,5 ως 5 m (από υψόμετρο 31,0-31,5 m το φθινόπωρο, σε 36 m περίπου την άνοιξη), με αποτέλεσμα η επιφάνειά της να μεταβάλλεται από 4500 σε 7400 ha περίπου.

6.2.2.1 Μέθοδος εκτίμησης φυσικών επιπτώσεων

Για τη διερεύνηση της μεταβολής της στάθμης νερού στις λίμνες Χειμαδίτιδα και Κερκίνη με την αλλαγή του κλίματος, υιοθετήθηκαν τα ποσοστά μεταβολής των τιμών βροχής και θερμοκρασίας, όπως αυτά εκτιμήθηκαν στο πλαίσιο της έρευνας του Ινστιτούτου Κλιματολογίας. Συγκεκριμένα, προσομοιώθηκε το υδατικό ισοζύγιο της στάθμης των λιμνών

με τα ιστορικά κλιματικά δεδομένα και με τα μελλοντικά κλιματικά δεδομένα για τα σενάρια A1B (περίοδοι 2020-2050 και 2070-2100) και A2 (περίοδος 2070-2100), θεωρώντας ότι τα ιστορικά δεδομένα μεταβάλλονται σύμφωνα με τα ποσοστά που δίνονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Μεταβολή της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας στην κλιματική ζώνη Δυτικής-Κεντρικής Μακεδονίας σύμφωνα με τα σενάρια A1B και A2

Σενάριο / Χρονική περίοδος	Εποχή του έτους	Μεταβολή βροχόπτωσης (%)	Μεταβολή θερμοκρασίας (%)
A1B / 2020-2050	Άνοιξη	-7,56	12,5
	Καλοκαίρι		9,73
	Φθινόπωρο		13,5
	Χειμώνας		41,26
A1B / 2070-2100	Άνοιξη	-16,9	29,96
	Καλοκαίρι		20,2
	Φθινόπωρο		26,96
	Χειμώνας		89,66
A2 / 2070-2100	Άνοιξη	-16,5	39,86
	Καλοκαίρι		26,63
	Φθινόπωρο		37,53
	Χειμώνας		144,3

Πηγή: Δουλγέρης και Παπαδήμος (2010)

Συγκεκριμένα, όπως δείχνει ο Πίνακας 4, προσδιορίστηκαν οι τάσεις μεταβολής των κλιματικών παραμέτρων βροχής και θερμοκρασίας για συγκεκριμένες περιόδους που αφορούν σε τριακονταετίες (π.χ. μείωση 16,5% της βροχής για την περίοδο 2070-2100 σύμφωνα με το σενάριο A2), δεδομένου ότι η μεταβλητότητα κυρίως της βροχής είναι μεγάλη από έτος σε έτος. Στη συνέχεια, με δεδομένες αυτές τις μεταβολές αναφορικά με τα ιστορικά κλιματικά δεδομένα εκτιμήθηκε η μελλοντική χρονοσειρά της βροχής (π.χ. στην περίπτωση της Χειμαδίτιδας οι ιστορικές κλιματικές συνθήκες αναφέρονται στην εικοσαετία 1979-1998 και με δεδομένη τη μείωση της βροχής κατά 16,5% εκτιμήθηκε μία μελλοντική εικοσαετή χρονοσειρά για την περίοδο 2070-2100).⁷

⁷ Ως εκ τούτου, δεν μπορεί να τοποθετηθεί επακριβώς η μελλοντική εικοσαετή χρονοσειρά βροχής στην τριακονταετία 2070-2100, άρα ούτε και η προσομοιωμένη τιμή της επιφάνειας της λίμνης.

Τέλος, η προσομοίωση του υδατικού ισοζυγίου των λιμνών έγινε με το εργαλείο διαχείρισης υδατικών πόρων MIKE BASIN, στο οποίο προσομοιώθηκε η σχέση βροχής-απορροής στη λεκάνη απορροής των λιμνών καθώς και η λειτουργία των λιμνών, π.χ. ικανοποίηση αρδευτικών αναγκών, βροχή και εξάτμιση στην επιφάνεια των λιμνών, υπερχειλίση κ.λπ.

6.2.2.2 Αποτελέσματα εκτίμησης φυσικών επιπτώσεων

Στον Πίνακα 5 δίνεται η μέση τιμή της επιφάνειας της λίμνης Χειμαδίτιδας για κάθε εποχή του έτους καθώς και η ποσοστιαία μεταβολή για τα σενάρια σε σχέση με τα ιστορικά δεδομένα. Η προσομοίωση με τα ιστορικά δεδομένα αναφέρεται στην περίοδο 1979-1998, κατά τη διάρκεια της οποίας η μέση τιμή του απόλυτου υψόμετρου της στάθμης νερού στη λίμνη ήταν 591,17 m και η μέση τιμή του εμβαδού της ελεύθερης επιφάνειας νερού ήταν 896 ha. Με την υιοθέτηση των κλιματικών σεναρίων A1B/2020-2050, A1B/2070-2100 και A2/2070-2100 η μέση τιμή της στάθμης αναμένεται να διαμορφωθεί στα 590,81 m, 590,45 m και 590,35 m, αντίστοιχα, και η μέση τιμή της επιφάνειας της λίμνης αναμένεται να διαμορφωθεί στα 714 ha, 592 ha και 561 ha, αντίστοιχα.

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 6 δίνεται η μέση τιμή της επιφάνειας της λίμνης Κερκίνης για κάθε εποχή του έτους καθώς και η ποσοστιαία μεταβολή για τα σενάρια σε σχέση με τα ιστορικά δεδομένα. Η προσομοίωση με τα ιστορικά δεδομένα αναφέρεται στην περίοδο 2001-2006, κατά τη διάρκεια της οποίας η μέση τιμή του απόλυτου υψόμετρου της στάθμης νερού στη λίμνη ήταν 32,62 m ενώ το μέσο ετήσιο εμβαδό της ελεύθερης επιφάνειας νερού ήταν 5544 ha. Με την υιοθέτηση των κλιματικών σεναρίων A1B/2020-2050, A1B/2070-2100 και A2/2070-2100 η μέση τιμή της στάθμης αναμένεται να διαμορφωθεί στα 32,31 m, 31,9 m και 31,82 m, αντίστοιχα, και η μέση τιμή της επιφάνειας της λίμνης αναμένεται να διαμορφωθεί στα 5288 ha, 4890 ha και 4769 ha, αντίστοιχα.

Πίνακας 5. Μεταβολή της επιφάνειας νερού στη λίμνη Χειμαδίτιδα με την εφαρμογή των σεναρίων A1B και A2 και οικονομικό κόστος από την απώλεια υπηρεσιών οικοσυστήματος.

Σενάριο Χρονική περίοδος	Εποχή έτους	Επιφάνεια νερού			Οικονομική αποτίμηση (US\$)
		απόλυτη τιμή (ha)	μεταβολή (%)	μεταβολή (ha)	
Ιστορικά δεδομένα 1979-1998	Άνοιξη	932			
	Καλοκαίρι	925			
	Φθινόπωρο	842			
	Χειμώνας	884			
	Ετήσιο	896			
A1B / 2020-2050	Άνοιξη	782	-16	-150	-283.500
	Καλοκαίρι	745	-19	-180	-340.200
	Φθινόπωρο	628	-25	-214	-404.460
	Χειμώνας	702	-21	-182	-343.980
	Ετήσιο	714	-20	-182	-343.980
A1B / 2070-2100	Άνοιξη	674	-28	-258	-487.620
	Καλοκαίρι	618	-33	-307	-580.230
	Φθινόπωρο	490	-42	-352	-665.280
	Χειμώνας	584	-34	-300	-567.000
	Ετήσιο	592	-34	-304	-574.560
A2 / 2070-2100	Άνοιξη	653	-30	-279	-527.310
	Καλοκαίρι	589	-36	-336	-635.040
	Φθινόπωρο	456	-46	-386	-729.540
	Χειμώνας	545	-38	-339	-640.710
	Ετήσιο	561	-37	-335	-633.150

Πηγή: Δουλγέρης και Παπαδήμος (2010) και υπολογισμοί των συγγραφέων

Συμπερασματικά, για τα κλιματικά σενάρια που μελετήθηκαν, η έκταση που καταλαμβάνει η επιφάνεια της λίμνης Χειμαδίτιδας μειώνεται από 20% έως 37%, ενώ αντίστοιχα για τη λίμνη Κερκίνη αναμένεται μείωση από 5% έως 14%. Οι αναμενόμενες μειώσεις στην έκταση που καταλαμβάνουν τα δύο υπό εξέταση οικοσυστήματα συνεπάγονται οικονομικό κόστος

εξαιτίας της απώλειας υπηρεσιών οικοσυστήματος από το τμήμα των οικοσυστημάτων που καταστρέφεται ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής.

Πίνακας 6. Μεταβολή της επιφάνειας νερού στη λίμνη Κερκίνη με την εφαρμογή των σεναρίων A1B και A2 και οικονομικό κόστος από την απώλεια υπηρεσιών οικοσυστήματος.

Σενάριο Χρονική περίοδος	Εποχή έτους	Επιφάνεια νερού			Οικονομική αποτίμηση (US\$)
		απόλυτη τιμή (ha)	μεταβολή (%)	μεταβολή (ha)	
Ιστορικά δεδομένα 2001-2006	Άνοιξη	6.145			
	Καλοκαίρι	6.593			
	Φθινόπωρο	4.383			
	Χειμώνας	5.054			
	Ετήσιο	5.544			
A1B / 2020-2050	Άνοιξη	6.053	-1	-92	-173.880
	Καλοκαίρι	6.046	-8	-547	-1.033.830
	Φθινόπωρο	4.096	-7	-287	-542.430
	Χειμώνας	4.958	-2	-96	-181.440
	Ετήσιο	5.288	-5	-256	-483.840
A1B / 2070-2100	Άνοιξη	5.891	-4	-254	-480.060
	Καλοκαίρι	5.356	-19	-1237	-2.337.930
	Φθινόπωρο	3.655	-17	-728	-1.375.920
	Χειμώνας	4.656	-8	-398	-752.220
	Ετήσιο	4.890	-12	-654	-1.236.060
A2 / 2070-2100	Άνοιξη	5.862	-5	-283	-534.870
	Καλοκαίρι	5.272	-20	-1321	-2.496.690
	Φθινόπωρο	3.409	-22	-974	-1.840.860
	Χειμώνας	4.531	-10	-523	-988.470
	Ετήσιο	4.769	-14	-775	-1.464.750

Πηγή: Δουλγέρης και Παπαδήμος (2010) και υπολογισμοί των συγγραφέων

6.2.2.3 Μέθοδος οικονομικής αποτίμησης φυσικών επιπτώσεων

Για τον υπολογισμό του οικονομικού κόστους από την απώλεια υπηρεσιών οικοσυστήματος που συνδέεται με τη μείωση της επιφάνειας των λιμνών Χειμαδίτιδας και Κερκίνης ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής θα χρησιμοποιήσουμε από τις διαθέσιμες τιμές στη βάση δεδομένων του TEEB, όπως και στην προηγούμενη ενότητα, τις τιμές που εκτιμήθηκαν στη μελέτη του Brenner-Guillermo (2007).

Σύμφωνα με τον Brenner-Guillermo (2007) η ετήσια συνολική οικονομική αξία (Total Economic Value) των υπηρεσιών οικοσυστήματος που προσφέρουν τα ανοιχτά οικοσυστήματα γλυκού νερού (“open freshwater”) ανέρχεται σε 1.890 US\$/ha (έτος βάσης: 2004). Η αξία αυτή προκύπτει ως το άθροισμα δύο κύριων υπηρεσιών: παροχής νερού (1.011 US\$/ha) και αισθητικής απόλαυσης / αναψυχής (880 US\$/ha). Πολλαπλασιάζοντας την τιμή αυτή με το πλήθος των ha κατά τα οποία μειώνεται η έκταση κάθε λίμνης εφαρμόζοντας τα κλιματικά σενάρια στους Πίνακες 3 και 4, δηλαδή $\Delta x(\text{ha}) \cdot P(\text{US}/\text{ha})$, όπου x η έκταση και P η τιμή, προκύπτει η οικονομική αξία των τμημάτων των οικοσυστημάτων που χάνονται και κατά συνέπεια το οικονομικό κόστος που επιφέρει η κλιματική αλλαγή αναφορικά με τις υπό εξέταση λίμνες.

6.2.2.4 Αποτελέσματα οικονομικής αποτίμησης φυσικών επιπτώσεων

Όπως δείχνει ο Πίνακας 5, με την υιοθέτηση των κλιματικών σεναρίων A1B/2020-2050, A1B/2070-2100 και A2/2070-2100 η μέση τιμή της επιφάνειας της λίμνης Χειμαδίτιδας μειώνεται, αναφορικά με την περίοδο 1979-1998, κατά 182 ha, 304 ha, και 335 ha, αντίστοιχα, των οποίων η οικονομική αξία εκτιμάται σε 343.980 US\$, 574.560 US\$, και 633.150 US\$ αντίστοιχα.

Όπως δείχνει ο Πίνακας 6, η μέση τιμή της επιφάνειας της λίμνης Κερκίνης μειώνεται, αναφορικά με την περίοδο 2001-2006, κατά 256 ha, 654 ha και 775 ha κάτω από τα κλιματικά σενάρια A1B/2020-2050, A1B/2070-2100 και A2/2070-2100 αντίστοιχα. Η οικονομική αξία αυτών των εκτάσεων εκτιμάται αντιστοίχως σε 483.840 US\$, 1.236.060 US\$, και 1.464.750 US\$.

Επομένως, το συνολικό οικονομικό κόστος που εκτιμήθηκε ανέρχεται σε 827.820 US\$, 1.810.620 US\$, και 2.097.900 US\$ σύμφωνα με τα κλιματικά σενάρια A1B/2020-2050,

A1B/2070-2100 και A2/2070-2100 αντίστοιχα, και προκύπτει εξαιτίας της απώλειας υπηρεσιών οικοσυστήματος από μεταβολές στην επιφάνεια νερού των λιμνών Χειμαδίτιδας και Κερκίνης.

6.2.3.5 Σύγκριση με άλλες τιμές

Στη μελέτη των Costanza et al. (1997) αποτιμήθηκε η αξία των υπηρεσιών οικοσυστήματος παγκοσμίως. Στην περίπτωση των υπηρεσιών που προσφέρουν οι λίμνες και τα ποτάμια η συνολική οικονομική αξία υπολογίστηκε σε 8.498 US\$/ha, όπως δείχνει ο Πίνακας 7.

Αν χρησιμοποιήσουμε αυτή την τιμή οι υπολογισμοί μας για την οικονομική αξία της μέσης έκτασης της λίμνης Χειμαδίτιδας που αναμένεται να απωλεσθεί με την υιοθέτηση των κλιματικών σεναρίων A1B/2020-2050, A1B/2070-2100 και A2/2070-2100 ανέρχονται σε 1.546.636 US\$, 2.583.392 US\$, και 2.846.830 US\$ αντίστοιχα. Στην περίπτωση της λίμνης Κερκίνης η οικονομική αξία αυτών των εκτάσεων εκτιμάται αντιστοίχως σε 2.175.488 US\$, 5.557.692 US\$, και 6.585.950 US\$. Επομένως, το συνολικό οικονομικό κόστος ανέρχεται σε 3.722.124 US\$, 8.141.084 US\$, και 9.432.780 US\$ κάτω από τα τρία υπό εξέταση σενάρια.

Πίνακας 7. Χρηματική αξία των υπηρεσιών που προσφέρουν οι λίμνες και τα ποτάμια (US\$/ha, τιμές 1994)

Υπηρεσίες οικοσυστημάτων	Εκτίμηση για τιμή
Ρύθμιση υδάτων	5.445
Προμήθεια νερού	2.117
Διαχείριση αποβλήτων	665
Παραγωγή τροφής	41
Αναψυχή	230
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΑ (TEV)	8.498

Πηγή: Costanza et al. (1994)

Τα κόστη αυτά είναι υψηλότερα από τις εκτιμήσεις μας βάσει της τιμής στη μελέτη του Brenner-Guillermo (2007), οι οποίες θα μπορούσαν να θεωρηθούν σαν ένα κατώτατο όριο (lower limit) για τα υπολογιζόμενα κόστη.

6.3 Εκτιμώμενο κόστος των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα οικοσυστήματα.

Στην παρούσα υποενότητα γίνεται μια προσπάθεια να προσδιοριστεί η παρούσα αξία του κόστους απώλειας των υπηρεσιών οικοσυστήματος ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής. Η ανάλυσή μας περιορίζεται στα δασικά οικοσυστήματα και στα υδάτινα οικοσυστήματα γλυκού νερού (λίμνη Χειμαδίτιδα και λίμνη Κερκίνη) που αναφέρθηκαν παραπάνω, λόγω έλλειψης στοιχείων, ενώ οι εκτιμώμενες τιμές αφορούν στα έτη 2011-2100, ακολουθώντας τα κλιματικά σενάρια. Επίσης, οι χρηματικές ροές κάθε έτους περιλαμβάνουν τα κόστη που συνεπάγεται η απώλεια των υπηρεσιών οικοσυστήματος, βασιζόμενοι στις εκτιμήσεις διαφόρων μελετών για τις ετήσιες τιμές ανά εκτάριο, καθώς και για τις εκτάσεις που θα χαθούν, ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής.

Ως προς τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε, η παρούσα αξία (ΠΑ) του κόστους της απώλειας των εν λόγω υπηρεσιών υπολογίζεται ως εξής:

$$ΠΑ = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

όπου C_t είναι το χρηματικό κόστος από την απώλεια των υπηρεσιών οικοσυστήματος τη χρονικό περίοδο t , T το σύνολο των υπό εξέταση ετών, και r ένα κατάλληλα επιλεγμένο επιτόκιο προεξόφλησης, το οποίο αντανάκλα το κόστος κεφαλαίου. Το ύψος του επιτοκίου προεξόφλησης αντικατοπτρίζει το σχετικό βάρος μεταξύ τωρινών και μελλοντικών ωφελειών. Όσο μεγαλύτερο είναι το επιτόκιο προεξόφλησης, τόσο μικρότερο είναι το βάρος που δίνεται στις μελλοντικές γενεές σε σχέση με τις σημερινές. Γι' αυτό τον λόγο, η επιλογή του κατάλληλου επιτοκίου προεξόφλησης αποτελεί και θα αποτελεί πάντα αντικείμενο συζητήσεων των οικονομολόγων. Στην παρούσα μελέτη, επιλέχθηκαν δύο σχετικά χαμηλά επιτόκια προεξόφλησης (1% και 3%) προκειμένου να τονίσουμε τη σημασία που ενέχουν οι υπηρεσίες οικοσυστημάτων και η διατήρησή τους για τις μελλοντικές γενεές. Έτσι, το ενδιαφέρον μας για το εάν οι μελλοντικές γενεές θα είναι σε θέση να απολαμβάνουν τις υπηρεσίες που προέρχονται από την ύπαρξη και τη διασφάλιση των οικοσυστημάτων θα είναι μεγαλύτερο χρησιμοποιώντας ως επιτόκιο προεξόφλησης το 1%, παρά το 3%.

6.3.1 Δασικά οικοσυστήματα

Οι Πίνακες 8 και 9 παρουσιάζουν τις χρηματικές ροές του κόστους από την απώλεια υπηρεσιών οικοσυστήματος που συνδέονται με τις φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα δασικά οικοσυστήματα της Ελλάδας. Η ετήσια αξία ανά εκτάριο που χρησιμοποιήθηκε σε αυτούς τους πίνακες εκτιμήθηκε στη μελέτη του Brenner-Guillermo (2007) και ισούται με 3.789 US\$/εκτάριο. Ο Πίνακας 8 βασίζεται στα κλιματικά δεδομένα του σεναρίου A2, ενώ ο Πίνακας 9 στα αντίστοιχα δεδομένα του σεναρίου B2. Για λόγους παρουσίας, στους πίνακες παρατίθενται οι τιμές για 10 έτη (από τα 90 που περιλαμβάνονται στην ανάλυσή μας).

Χωρίς τη λήψη πρόσθετων μέτρων και λόγω των κλιματικών αλλαγών, υπολογίζεται ότι έως το 2100 θα μειωθεί η έκταση των δασών λόγω αύξησης των πυρκαγιών, λόγω συρρίκνωσης των εκτάσεων των δασών ερυθρελάτης, ελάτης, οξυάς και μαύρης πεύκης και τέλος, λόγω αυξημένων πιθανοτήτων ερημοποίησης. Οι ποσοτικές εκτιμήσεις, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, καταγράφονται στην τελική αναφορά της ομάδας περιβάλλοντος που συγκροτήθηκε για τα Δάση και τα Λιβάδια (Νάστης και Καρμίρης, 2010). Έτσι, βασιζόμενοι στο σενάριο A2 υπολογίζεται ότι μέχρι το 2100 θα έχουν χαθεί συνολικά 3.628.000 εκτάρια δάσους, εκ των οποίων τα 3.600.000 θα είναι αποτέλεσμα πυρκαγιών, τα 20.000 θα προέρχονται από την συρρίκνωση των δασικών εκτάσεων και τέλος, τα 8.000 από την ερημοποίηση των δασών. Βασιζόμενοι στις πιο μετριοπαθείς εκτιμήσεις του σεναρίου B2, η συνολική απώλεια το 2100 θα ανέρχεται στα 1.814.000 εκτάρια, εκ των οποίων τα 1.800.000 θα χαθούν από πυρκαγιές, τα 10.000 από τη συρρίκνωση των δασικών εκτάσεων και τα 4.000 από την ερημοποίηση των δασών.

Χρησιμοποιώντας, λοιπόν, τα ετήσια ποσοτικά μεγέθη για τη μείωση των δασικών εκτάσεων και την εκτιμώμενη ετήσια αξία ανά εκτάριο, υπολογίζεται το κόστος από την απώλεια των δασικών εκτάσεων ανά έτος. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι για το έτος 2100 το κόστος από την απώλεια των δασικών εκτάσεων, θα αγγίζει τα 13.746 εκατ. US\$, σύμφωνα με το σενάριο A2 και τα 6.873 εκατ. US\$, σύμφωνα με το σενάριο B2. Η παρούσα αξία των χρηματικών ροών που περιγράφουν το κόστος απώλειας υπηρεσιών οικοσυστήματος κατά την περίοδο 2011-2100 υπολογίζεται στα 351.618 εκατ. και στα 130.790 εκατ. US\$, με επιτόκιο προεξόφλησης 1% και 3% αντίστοιχα για το σενάριο A2 και στα 176.227 εκατ. ή 65.614 εκατ. US\$, με επιτόκιο 1% ή 3% αντίστοιχα για το σενάριο B2.

Τα ίδια ακριβώς δεδομένα χρησιμοποιούνται και στους Πίνακες 10 (σενάριο A2) και 11 (σενάριο B2). Η μόνη διαφορά εντοπίζεται στην ετήσια αξία ανά εκτάριο των υπηρεσιών

οικοσυστήματος, η οποία εκτιμήθηκε στη μελέτη των Croitoru και Merlo (2005) και υπολογίστηκε στα 96 US\$/εκτάριο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μεγάλη διαφορά που εντοπίζεται στην παραπάνω τιμή σε σύγκριση με την τιμή του Brenner-Guillermo (2007) έγκειται στις διαφορετικές υπηρεσίες που θεωρήθηκε ότι προσφέρουν τα δασικά οικοσυστήματα.

Ενδεικτικά, πάλι, αναφέρουμε ότι για το 2100, το κόστος από την απώλεια των δασικών εκτάσεων ανέρχεται στα 348,3 εκατ. US\$, σύμφωνα με το σενάριο A2 και στα 174,1 εκατ. US\$, σύμφωνα με το σενάριο B2. Επιπλέον, η παρούσα αξία των χρηματικών ροών του κόστους απώλειας υπηρεσιών οικοσυστήματος κατά την περίοδο 2011-2100 υπολογίζεται στα 8.908,8 εκατ. και στα 3.313,7 εκατ. US\$, με επιτόκιο προεξόφλησης 1% και 3% αντίστοιχα, για το σενάριο A2 και στα 4.465 εκατ. ή 1.663 εκατ. US\$, με επιτόκιο προεξόφλησης 1% και 3% αντίστοιχα για το σενάριο B2.

Οι παρούσες αξίες του κόστους της απώλειας υπηρεσιών οικοσυστήματος που εκτιμήθηκαν σε αυτήν την υποενοότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση και προώθηση ορισμένων μέτρων, των οποίων η εφαρμογή θα μετριάσει την απώλεια δασικών εκτάσεων. Για παράδειγμα, εάν το κόστος εγκατάστασης αρτιότερων και πιο σύγχρονων συστημάτων πυρόσβεσης μπορεί να μειώσει τις εκτιμώμενες καμένες εκτάσεις και ταυτόχρονα το κόστος αυτό είναι μικρότερο του οφέλους που χάνεται από την απώλεια των υπηρεσιών οικοσυστήματος που μας παρέχουν τα δάση, τότε η επένδυση σε συστήματα πυρόσβεσης κρίνεται ως αποδοτική σε χρηματικούς όρους. Αλγεβρικά, εάν συμβολίσουμε με I το κόστος εγκατάστασης συστημάτων πυρόσβεσης και με O_t το λειτουργικό κόστος των εν λόγω συστημάτων τη χρονική περίοδο t , τότε η παρούσα αξία του κόστους θα είναι:

$$I + \sum_{t=0}^T \frac{O_t}{(1+r)^t}$$

Η επένδυση κρίνεται ως αποδοτική όταν ισχύει:

$$I + \sum_{t=0}^T \frac{O_t}{(1+r)^t} < \sum_{t=0}^T \frac{C_t^*}{(1+r)^t}$$

όπου ως C_t^* ορίζεται το κόστος της απώλειας δασικών οικοσυστημάτων λόγω πυρκαγιών της χρονική περίοδο t , ενώ όλο το δεξί μέλος της παραπάνω σχέσης απεικονίζει το όφελος, σε όρους παρούσας, που χάνεται από τις καμένες εκτάσεις. Έτσι, όταν το προεξοφλημένο

όφελος που θα είχαμε εάν αποτρέπονταν οι πυρκαγιές και δεν χάνονταν δασικές εκτάσεις υπερβαίνει το κόστος συστημάτων πυρόσβεσης, τότε η επένδυση κρίνεται ως συμφέρουσα.⁸

⁸ Βλ. Fankhauser et al. (1999) για μια ανάλυση ως προς τη βέλτιστη χρονική περίοδο επένδυσης σε μέτρα που θα μετριάσουν τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής.

Πίνακας 8: Συνολικό κόστος απώλειας δασικών εκτάσεων για την περίοδο 2011-2100 σύμφωνα με το σενάριο A2.
(βάσει της εκτίμησης για την αξία των υπηρεσιών του Brenner-Guillermo (2007))

	2011	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Καμένη έκταση (ha)	40.000	400.000	800.000	1.200.000	1.600.000	2.000.000	2.400.000	2.800.000	3.200.000	3.600.000
Συρρικνωση δασ. Εκτάσεων (ha)	4.120	4.120	5.060	6.760	8.960	10.340	12.320	15.300	16.860	20.000
Ερημοποίηση δασ. Εκτάσεων (ha)	1.648	1.648	2.024	2.704	3.584	4.136	4.928	6.120	6.744	8.000
Συνολική απώλεια εκτάσεων (ha)	45.768	405.768	807.084	1.209.464	1.612.544	2.014.476	2.417.248	2.821.420	3.223.604	3.628.000
Οικονομική αξία υπηρεσιών (US\$/ha)	3.789	3.789	3.789	3.789	3.789	3.789	3.789	3.789	3.789	3.789
Κόστος απώλειας δασ. Εκτάσεων (εκατ.US\$)	173	1.537	3.058	4.583	6.110	7.633	9.159	10.690	12.214	13.746
Παρούσα Αξία (1%) (εκατ.US\$)	351.618									
Παρούσα Αξία (3%) (εκατ.US\$)	130.790									

Πίνακας 9: Συνολικό κόστος απώλειας δασικών εκτάσεων για την περίοδο 2011-2100 σύμφωνα με το σενάριο B2.

(βάσει της εκτίμησης για την αξία των υπηρεσιών του Brenner-Guillermo (2007))

	2011	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Καμένη έκταση (ha)	20.000	200.000	400.000	600.000	800.000	1.000.000	1.200.000	1.400.000	1.600.000	1.800.000
Συρρικνωση δασ. Εκτάσεων (ha)	2.700	2.700	3.954	5.209	6.366	7.395	8.135	8.553	9.003	10.000
Ερημοποίηση δασ. Εκτάσεων (ha)	1.080	1.080	1.582	2.084	2.546	2.958	3.254	3.421	3.601	4.000
Συνολική απώλεια εκτάσεων (ha)	23.780	203.780	405.536	607.293	808.912	1.010.353	1.211.389	1.411.974	1.612.604	1.814.000
Οικονομική αξία υπηρεσιών (US\$/ha)	3.789	3.789	3.789	3.789	3.789	3.789	3.789	3.789	3.789	3.789
Κόστος απώλειας δασ. Εκτάσεων (εκατ.US\$)	90	772	1.536	2.301	3.065	3.828	4.668	5.350	6.110	6.873
Καθαρή Παρούσα Αξία (1%) (εκατ.US\$)	176.227									
Καθαρή Παρούσα Αξία (3%) (εκατ.US\$)	65.614									

Πίνακας 10: Συνολικό κόστος απώλειας δασικών εκτάσεων για την περίοδο 2011-2100 σύμφωνα με το σενάριο A2.

(βάσει της εκτίμησης για την αξία των υπηρεσιών των Croitoru & Merlo (2005))

	2011	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Καμένη έκταση (ha)	40.000	400.000	800.000	1.200.000	1.600.000	2.000.000	2.400.000	2.800.000	3.200.000	3.600.000
Συρρικνωση δασ. Εκτάσεων (ha)	4.120	4.120	5.060	6.760	8.960	10.340	12.320	15.300	16.860	20.000
Ερημοποίηση δασ. Εκτάσεων (ha)	1.648	1.648	2.024	2.704	3.584	4.136	4.928	6.120	6.744	8.000
Συνολική απώλεια εκτάσεων (ha)	45.768	405.768	807.084	1.209.464	1.612.544	2.014.476	2.417.248	2.821.420	3.223.604	3.628.000
Οικονομική αξία υπηρεσιών (US\$/ha)	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
Κόστος απώλειας δασ. Εκτάσεων (εκατ.US\$)	4,4	38,9	77,5	116,1	154,8	193,4	232,1	270,8	309,5	348,3
Παρούσα Αξία (1%) (εκατ.US\$)	8.909									
Παρούσα Αξία (3%) (εκατ.US\$)	3.314									

Πίνακας 11: Συνολικό κόστος απώλειας δασικών εκτάσεων για την περίοδο 2011-2100 σύμφωνα με το σενάριο B2.

(βάσει της εκτίμησης για την αξία των υπηρεσιών των Croitoru & Merlo (2005))

	2011	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Καμένη έκταση (ha)	20.000	200.000	400.000	600.000	800.000	1.000.000	1.200.000	1.400.000	1.600.000	1.800.000
Συρρικνωση δασ. Εκτάσεων (ha)	2.700	2.700	3.954	5.209	6.366	7.395	8.135	8.553	9.003	10.000
Ερημοποίηση δασ. Εκτάσεων (ha)	1.080	1.080	1.582	2.084	2.546	2.958	3.254	3.421	3.601	4.000
Συνολική απώλεια εκτάσεων (ha)	23.780	203.780	405.536	607.293	808.912	1.010.353	1.211.389	1.411.974	1.612.604	1.814.000
Οικονομική αξία υπηρεσιών (US\$/ha)	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
Κόστος απώλειας δασ. Εκτάσεων (εκατ.US\$)	2,3	19,5	38,9	58,3	77,6	97	116,3	135,5	154,8	174,1
Παρούσα Αξία (1%) (εκατ.US\$)	4.465									
Παρούσα Αξία (3%) (εκατ.US\$)	1.663									

6.3.2 Υδάτινα οικοσυστήματα γλυκού νερού

Οι Πίνακες 12 και 13 παρουσιάζουν τις χρηματικές ροές του κόστους από την απώλεια υπηρεσιών οικοσυστήματος που συνδέονται με τις φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην έκταση της λίμνης Χειμαδίτιδας. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε είναι η ίδια με αυτή που αναλύθηκε παραπάνω, στην περίπτωση των δασικών οικοσυστημάτων. Τα στοιχεία που αφορούν στις φυσικές επιπτώσεις προήλθαν από τη μελέτη του Ελληνικού Κέντρου Βιοτόπων – Υγροτόπων (Δουλγέρης και Παπαδήμος, 2010). Η ετήσια αξία ανά εκτάριο των υπηρεσιών οικοσυστήματος που προσφέρουν τα ανοιχτά οικοσυστήματα γλυκού νερού και η οποία χρησιμοποιήθηκε στους Πίνακες 12 και 13 εκτιμήθηκε από τον Brenner-Guillermo (2007) και ανέρχεται στα 1.890 US\$/εκτάριο. Τέλος, ο Πίνακας 12 βασίζεται στα κλιματικά δεδομένα του σεναρίου A1B, ενώ ο Πίνακας 13 στα αντίστοιχα δεδομένα του σεναρίου A2. Η βασική υπόθεση που έχει γίνει προκειμένου να υπολογιστεί η μείωση που επέρχεται στην επιφάνεια της λίμνης σε κάθε χρονική περίοδο, ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής, είναι ότι η εν λόγω μείωση είναι ανάλογη της αύξησης της θερμοκρασίας. Έτσι, κρατώντας ως δεδομένο ότι, σύμφωνα με το σενάριο A1B, η επιφάνεια της λίμνης Χειμαδίτιδας θα έχει μειωθεί κατά 182 και 304 εκτάρια τα έτη 2050 και 2100 αντίστοιχα, ενώ σύμφωνα με το σενάριο A2, θα έχει μειωθεί κατά 335 εκτάρια το έτος 2100 (βλ. Δουλγέρης και Παπαδήμος (2010)), υπολογίσαμε τις ενδιάμεσες τιμές, υποθέτοντας ότι η μείωση της έκτασης και η αύξηση της θερμοκρασίας έχουν γραμμική σχέση.

Όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 12, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του σεναρίου A1B για τη μείωση της έκτασης της λίμνης Χειμαδίτιδας, το ετήσιο κόστος απώλειας των υπηρεσιών οικοσυστήματος που συνδέονται με τη λίμνη υπολογίζεται στα 574,6 χιλ. US\$, για το 2100. Η παρούσα αξία των χρηματικών ροών του κόστους απώλειας αυτών των υπηρεσιών υπολογίζεται στα 20.291,7 χιλ. US\$ εάν χρησιμοποιηθεί επιτόκιο προεξόφλησης 1% και στα 8.539,7 χιλ. US\$ εάν χρησιμοποιηθεί επιτόκιο προεξόφλησης 3%. Στο ίδιο πλαίσιο, το ετήσιο κόστος για το 2100, βασιζόμενοι στις ποσοτικές εκτιμήσεις του σεναρίου A2, παρουσιάζεται στον Πίνακα 12 και ισούται με 633,2 χιλ. US\$. Παρομοίως, η παρούσα αξία του κόστους απώλειας των υπηρεσιών οικοσυστήματος για την περίοδο 2011-2100 αγγίζει τις 17.114 χιλ. και 6.868 χιλ. US\$ για επιτόκια 1% και 3% αντίστοιχα.

Η ίδια ακριβώς μεθοδολογία χρησιμοποιείται και στους Πίνακες 14 και 15, με τη διαφορά ότι για την αποτίμηση του κόστους χρησιμοποιείται η τιμή που έχει υπολογιστεί από τους Costanza et al. (1997), η οποία προσεγγίζει τα 8.498 US\$/εκτάριο. Όπως και στην περίπτωση των δασών που οι εκτιμήσεις για την αξία των υπηρεσιών διέφεραν αρκετά μεταξύ τους, έτσι και εδώ υπάρχει μεγάλη απόκλιση στις εκτιμήσεις της αξίας των υπηρεσιών που προσφέρουν

τα ανοιχτά οικοσυστήματα γλυκού νερού. Οι εν λόγω διαφορές οφείλονται στις διαφορετικές υπηρεσίες που λαμβάνονται υπόψη σε κάθε μελέτη. Σύμφωνα με τον Πίνακα 14 και το σενάριο A1B, ενδεικτικά, για το έτος 2100, το εκτιμώμενο κόστος από την απώλεια των υπηρεσιών οικοσυστήματος της λίμνης Χειμαδίτιδας ισούται με 2.583,4 χιλ. US\$. Οι παρούσες αξίες του κόστους για την περίοδο 2011-2100 υπολογίζονται σε 91.237 χιλ. και 38.397 χιλ. US\$ για επιτόκια προεξόφλησης 1% και 3% αντίστοιχα. Επίσης, σύμφωνα με τον Πίνακα 15 και το σενάριο A2, για το έτος 2100, το κόστος από την απώλεια των υπηρεσιών οικοσυστήματος ισούται με 2.846,8 χιλ. US\$. Τέλος, οι παρούσες αξίες του κόστους για την υπό εξέταση περίοδο προσεγγίζουν τις 76.949 χιλ. (επιτόκιο 1%) και 30.881 (επιτόκιο 3%) χιλ. US\$.

Η ίδια ανάλυση γίνεται και για την αποτίμηση του κόστους από τη μείωση της επιφάνειας της λίμνης Κερκίνης ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής. Πιο συγκεκριμένα, οι Πίνακες 16 και 17 βασίζονται στα σενάρια A1B και A2 αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας την αξία των υπηρεσιών που εκτιμήθηκε από τον Brenner-Guillermo (2007). Σύμφωνα με τους Δουλγέρη και Παπαδήμο (2010), βασιζόμενοι στις κλιματικές εκτιμήσεις του σεναρίου A1B, η επιφάνεια της λίμνης Κερκίνη θα έχει μειωθεί στο τέλος του 2050 κατά 256 εκτάρια και στο τέλος του 2100 κατά 654 εκτάρια. Με βάση το σενάριο A2, η εκτιμώμενη μείωση το 2100 θα αγγίξει τα 775 εκτάρια.

Από τον Πίνακα 16 (σενάριο A1B) προκύπτει ότι η παρούσα αξία του κόστους απώλειας των υπηρεσιών οικοσυστήματος που σχετίζονται με τη λίμνη Κερκίνη για την περίοδο 2011-2100 εκτιμάται στα 35.592 χιλ. (με επιτόκιο 1%) και 13.873 (με επιτόκιο 3%) χιλ. US\$. Ομοίως, σύμφωνα με τον Πίνακα 17 (σενάριο A2), η παρούσα αξία του κόστους κυμαίνεται από 15.888 χιλ. (επιτόκιο 3%) έως 39.592 (επιτόκιο 1%) χιλ. US\$. Εάν αντί για την εκτίμηση της αξίας των υπηρεσιών του Brenner-Guillermo (2007), χρησιμοποιηθεί η αντίστοιχη εκτίμηση των Costanza et al. (1997), τότε προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα. Η παρούσα αξία του κόστους της απώλειας των υπηρεσιών οικοσυστήματος ισούται με 160.034 χιλ. και 62.375 χιλ. US\$ για επιτόκια προεξόφλησης 1% και 3% αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας το σενάριο A1B (βλ. Πίνακα 18). Τέλος, η παρούσα αξία του κόστους, σύμφωνα με το σενάριο A2, ισούται με 178.016 χιλ. (για επιτόκιο 1%) και 71.440 (3%) χιλ. US\$ (βλ. Πίνακα 19).

Όπως αναφέρθηκε και στην περίπτωση των δασικών οικοσυστημάτων, οι υπολογισμοί της παρούσας αξίας του κόστους που απορρέει από τη μείωση της επιφάνειας των λιμνών και τη συσχετιζόμενη απώλεια των υπηρεσιών που παρέχουν τα οικοσυστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εξέταση μέτρων που θα μετριάσουν ή θα παρεμποδίσουν την εν λόγω μείωση της επιφάνειας. Συνεπώς, μέτρα, των οποίων η εφαρμογή ενέχει μικρότερο κόστος συγκρινόμενο με το όφελος που θα προκύψει εάν αποφευχθεί η απώλεια των υπηρεσιών

οικοσυστημάτων (η οποία υπολογίζεται στην παρούσα μελέτη) κρίνονται ως αποδοτικά και θα έπρεπε να εφαρμόζονται. Βέβαια, όπως έχει γίνει φανερό ως τώρα, υπάρχουν μεγάλες διαφορές στα αριθμητικά αποτελέσματα, οι οποίες προκύπτουν από τις υποθέσεις και τα διαφορετικά σενάρια που υιοθετούνται κάθε φορά. Γι' αυτό το λόγο τα αποτελέσματα θα πρέπει να ερμηνεύονται με μεγάλη προσοχή. Ένα πολύ γενικό συμπέρασμα, όμως, που θα μπορούσε να εξαχθεί σε κάθε περίπτωση είναι ότι είναι δυνατόν να εφαρμοστούν μέτρα τα οποία θα περιορίσουν την απώλεια των υπηρεσιών που προσφέρουν τα οικοσυστήματα και τα οποία θα είναι οικονομικά αποδοτικότερα σε σχέση με το κόστος που θα υπάρξει από την εκτιμώμενη απώλεια των υπηρεσιών στην περίπτωση που δεν γίνει καμία παρέμβαση. Η παρούσα μεθοδολογία, λοιπόν, καθώς και οι εκτιμώμενες τιμές για τα δάση της Ελλάδας και για τις 2 λίμνες που συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη μας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την αξιολόγηση διαφόρων παρεμβατικών μέτρων που θα μετριάσουν τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής.

Πίνακας 12: Συνολικό κόστος μείωσης της επιφάνειας της λίμνης Χειμαδίτιδας για την περίοδο 2011-2100 σύμφωνα με το σενάριο A1B.
(βάσει της εκτίμησης για την αξία των υπηρεσιών του Brenner-Guillermo (2007))

	2011	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Μείωση της επιφάνειας της λίμνης (ha)	68,1	68,1	95,7	153,5	182	209,8	244,8	261,6	295,2	304
Οικον. αξία υπηρεσιών οικοσυστήματος (US\$/ha)	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890
Κόστος απώλειας οισουστημάτων (χιλ. US\$)	128,7	128,7	180,9	290,1	343,9	396,5	462,7	494,4	557,9	574,6
Παρούσα Αξία (1%) (χιλ. US\$)	20.292									
Παρούσα Αξία (3%) (χιλ. US\$)	8.540									

Πίνακας 13: Συνολικό κόστος μείωσης της επιφάνειας της λίμνης Χειμαδίτιδας για την περίοδο 2011-2100 σύμφωνα με το σενάριο A2.
(βάσει της εκτίμησης για την αξία των υπηρεσιών του Brenner-Guillermo (2007))

	2011	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Μείωση της επιφάνειας της λίμνης (ha)	67,8	67,8	76,1	88,9	122,7	150,9	192,4	255,7	291,5	335
Οικον. αξία υπηρεσιών οικοσυστήματος (US\$/ha)	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890
Κόστος απώλειας οισουστημάτων (χιλ. US\$)	128,1	128,1	143,8	167,9	232	285,2	363,7	483,3	551	633,2
Παρούσα Αξία (1%) (χιλ. US\$)	17.114									
Παρούσα Αξία (3%) (χιλ. US\$)	6.868									

Πίνακας 14: Συνολικό κόστος μείωσης της επιφάνειας της λίμνης Χειμαδίτιδας για την περίοδο 2011-2100 σύμφωνα με το σενάριο A1B.
(βάσει της εκτίμησης για την αξία των υπηρεσιών των Costanza et al. (1997))

	2011	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Μείωση της επιφάνειας της λίμνης (ha)	68,1	68,1	95,7	153,5	182	209,8	244,8	261,6	295,2	304
Οικον. αξία υπηρεσιών οικοσυστήματος (US\$/ha)	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498
Κόστος απώλειας οισουστημάτων (χιλ.US\$)	578,7	578,7	813,3	1.304,4	1.546,6	1.782,9	2.080,3	2.223,1	2.508,6	2.583,4
Παρούσα Αξία (1%) (χιλ.US\$)	91.238									
Παρούσα Αξία (3%) (χιλ.US\$)	38.397									

Πίνακας 15: Συνολικό κόστος μείωσης της επιφάνειας της λίμνης Χειμαδίτιδας για την περίοδο 2011-2100 σύμφωνα με το σενάριο A2.
(βάσει της εκτίμησης για την αξία των υπηρεσιών των Costanza et al. (1997))

	2011	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Μείωση της επιφάνειας της λίμνης (ha)	67,8	67,8	76,1	88,9	122,7	150,9	192,4	255,7	291,5	335
Οικον. αξία υπηρεσιών οικοσυστήματος (US\$/ha)	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498
Κόστος απώλειας οισουστημάτων (χιλ.US\$)	575,9	575,9	646,5	755,2	1.043,1	1.282,2	1.635,3	2.173,2	2.477,4	2.846,8
Παρούσα Αξία (1%) (χιλ.US\$)	76.949									
Παρούσα Αξία (3%) (χιλ.US\$)	30.881									

Πίνακας 16: Συνολικό κόστος μείωσης της επιφάνειας της λίμνης Κερκίνης για την περίοδο 2011-2100 σύμφωνα με το σενάριο A1B.
(βάσει της εκτίμησης για την αξία των υπηρεσιών του Brenner-Guillermo (2007))

	2011	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Μείωση της επιφάνειας της λίμνης (ha)	95,8	95,8	134,7	216	256	346,6	461	515,8	625,4	654
Οικον. αξία υπηρεσιών οικοσυστήματος (US\$/ha)	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890
Κόστος απώλειας οισυστημάτων (χιλ.US\$)	181,2	181,2	254,5	408,2	483,8	655	871,2	974,8	1.182	1.236,1
Παρούσα Αξία (1%) (χιλ.US\$)	35.593									
Παρούσα Αξία (3%) (χιλ.US\$)	13.873									

Πίνακας 17: Συνολικό κόστος μείωσης της επιφάνειας της λίμνης Κερκίνης για την περίοδο 2011-2100 σύμφωνα με το σενάριο A2.
(βάσει της εκτίμησης για την αξία των υπηρεσιών του Brenner-Guillermo (2007))

	2011	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Μείωση της επιφάνειας της λίμνης (ha)	156,8	156,8	176	205,6	284	349	445,2	591,6	674,4	775
Οικον. αξία υπηρεσιών οικοσυστήματος (US\$/ha)	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890
Κόστος απώλειας οισυστημάτων (χιλ.US\$)	296,3	296,3	332,6	388,6	536,7	659,7	841,4	1.118,1	1.274,7	1.464,7
Παρούσα Αξία (1%) (χιλ.US\$)	39.592									
Παρούσα Αξία (3%) (χιλ.US\$)	15.889									

Πίνακας 18: Συνολικό κόστος μείωσης της επιφάνειας της λίμνης Κερκίνης για την περίοδο 2011-2100 σύμφωνα με το σενάριο A1B.
(βάσει της εκτίμησης για την αξία των υπηρεσιών των Costanza et al. (1997))

	2011	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Μείωση της επιφάνειας της λίμνης (ha)	95,8	95,8	134,7	216	256	346,6	461	515,8	625,4	654
Οικον. αξία υπηρεσιών οικοσυστήματος (US\$/ha)	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498
Κόστος απώλειας οισουστημάτων (χιλ.US\$)	814,5	814,5	1.144,5	1.835,2	2.175,5	2.945,1	3.917,2	4.383	5.314,7	5.557,7
Παρούσα Αξία (1%) (χιλ.US\$)	160.034									
Παρούσα Αξία (3%) (χιλ.US\$)	62.375									

Πίνακας 19: Συνολικό κόστος μείωσης της επιφάνειας της λίμνης Κερκίνης για την περίοδο 2011-2100 σύμφωνα με το σενάριο A2.
(βάσει της εκτίμησης για την αξία των υπηρεσιών των Costanza et al. (1997))

	2011	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Μείωση της επιφάνειας της λίμνης (ha)	156,8	156,8	176	205,6	284	349	445,2	591,6	674,4	775
Οικον. αξία υπηρεσιών οικοσυστήματος (US\$/ha)	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498	8.498
Κόστος απώλειας οισουστημάτων (χιλ.US\$)	1.332,3	1.332,3	1.495,7	1.747	2.413,2	2.966,2	3.783,2	5.027,4	5.731,3	6.585,9
Παρούσα Αξία (1%) (χιλ.US\$)	178.016									
Παρούσα Αξία (3%) (χιλ.US\$)	71.440									

7. Δυνατότητες προσαρμογής και αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής μεταβολής

Μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα, οι επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής αναμένεται ότι θα είναι η πρωταρχική αιτία για την απώλεια της βιοποικιλότητας και των υπηρεσιών που προσφέρονται σε παγκόσμια κλίμακα (MEA, 2005, Thomas et al., 2004). Η διατήρηση και η προστασία των φυσικών οικοσυστημάτων αποτελεί το καλύτερο και το πιο αποτελεσματικό – σε όρους κόστους – μέτρο ενάντια στην κλιματική αλλαγή (Zaunberger et al., 2008). Πιο συγκεκριμένα, τα χερσαία και θαλάσσια οικοσυστήματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση του κλίματος αφού απορροφούν περίπου τις μισές ανθρωπογενείς εκπομπές CO₂. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2009), τα χερσαία οικοσυστήματα αποθηκεύουν περίπου 2.100 Gt άνθρακα στους ζωντανούς οργανισμούς, στα απορρίμματα και στην οργανική ύλη του εδάφους, δηλαδή περίπου τριπλάσια ποσότητα από ό,τι περιέχει η ατμόσφαιρα. Επίσης, οι ωκεανοί και τα παράκτια οικοσυστήματα παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαχείριση του άνθρακα, με τους πρώτους να αποθηκεύουν τις μεγαλύτερες ποσότητες. Είναι, λοιπόν, προφανές ότι η διατήρηση των υφιστάμενων φυσικών δεξαμενών άνθρακα είναι απαραίτητη, προκειμένου η δέσμευση και η αποθήκευση άνθρακα να έχει σημαντική συμβολή στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

Μεταξύ των μέτρων για τη μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου, υπάρχουν πολλές επιλογές «χαμηλού κόστους με παράλληλα οφέλη» που συμβάλλουν ταυτόχρονα στην προστασία και αειφόρο χρήση της βιοποικιλότητας. Ορισμένα εξ' αυτών καταγράφονται στον Πίνακα 19. Έτσι, τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής, όπως για παράδειγμα οι επιπτώσεις από την αυξημένη ξηρασία και οι ακραίες υψηλές θερμοκρασίες, μπορούν να μετριαστούν υιοθετώντας τις κατάλληλες πρακτικές που θα αυξήσουν την ικανότητα του εδάφους να κατακρατεί νερό και αυξάνοντας τους χώρους πρασίνου στις πόλεις, οι οποίοι δρουν ως ρυθμιστές του κλίματος. Επιπλέον, η υπερχειλίση των ποταμών μπορεί να μετριαστεί με τη διατήρηση και την αποκατάσταση των υγροτόπων, μέτρα που παρεμποδίζουν τις πλημμύρες. Τέλος, ο αυξημένος κίνδυνος πυρκαγιών μπορεί να περιοριστεί με την καλλιέργεια ποικίλων δασών που παρουσιάζουν μικρότερο κίνδυνο ανάφλεξης.

Η αδράνεια και η καθυστέρηση υιοθέτησης των κατάλληλων μέτρων θα οδηγήσει στην απώλεια ή ακόμα και στην καταστροφή οικοσυστημάτων, γεγονός που θα μειώσει την ικανότητά τους για δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα. Το κλιματικό σύστημα έχει σημεία ανατροπής, στα οποία τα οικοσυστήματα μπορεί να έχουν απρόβλεπτες αντιδράσεις και να

χάσουν την προσαρμοστικότητα τους, με αποτέλεσμα οι δεξαμενές αποθήκευσης άνθρακα να μετατρέπονται σε πηγές άνθρακα.

Πίνακας 19: Μέτρα Προσαρμογής με βάση τα οικοσυστήματα.

Αντίκτυπος στο κλίμα	Προσαρμογή με βάση τα οικοσυστήματα
Αυξημένη ξηρασία	Χρήση κατάλληλων γεωργικών και δασικών πρακτικών για την αύξηση της ικανότητας κατακράτησης νερού και τον μετριασμό της ξηρασίας
Ακραίες υψηλές θερμοκρασίες	Αύξηση χώρων πρασίνου στις πόλεις για τη βελτίωση του μικροκλίματος και της ποιότητας του αέρα
Υπερχείλιση ποταμών	Διατήρηση και αποκατάσταση υγροτόπων και κοιτών ποταμών που θα δρουν ως φυσικοί κυματοθραύστες για τις πλημμύρες
Αυξημένος κίνδυνος ανάφλεξης	Καλλιέργεια ποικίλων δασών που είναι πιο ανθεκτικά στις επιθέσεις επιβλαβών οργανισμών και παρουσιάζουν μικρότερο κίνδυνο ανάφλεξης

Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2009).

Ενώ η κλιματική αλλαγή έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών συζητήσεων και επιστημονικών μελετών τα τελευταία χρόνια, ο προβληματισμός σχετικά με την απώλεια βιοποικιλότητας είναι πιο περιορισμένος. Αυτό που έχει σημασία να τονιστεί είναι ότι τα υγιή προσαρμοστικά οικοσυστήματα έχουν περισσότερες δυνατότητες να προσαρμοστούν στην κλιματική αλλαγή και να την μετριάσουν και κατά συνέπεια, να περιορίσουν και την υπερθέρμανση του πλανήτη. Σε αυτό το πλαίσιο, ο ρόλος του δικτύου προστατευόμενων περιοχών Natura 2000 είναι κρίσιμος γιατί παρέχει τον χώρο που χρειάζονται τα φυσικά είδη για να προσαρμοστούν στην κλιματική αλλαγή. Το εύρος των υπηρεσιών οικοσυστήματος που παρέχουν το Natura 2000 και οι άλλες εθνικές προστατευόμενες περιοχές καλύπτει μια μεγάλη ποικιλία ανθρώπινων αναγκών (π.χ. καθαρό νερό, ατμόσφαιρα, αναψυχή, αντιπλημμυρική προστασία). Έτσι, η προστασία των περιοχών αυτών είναι ζωτικής σημασίας. Πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι είναι αδύνατον να αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή χωρίς πρώτα να προστατευτούν η βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα.

Η αδυναμία επίτευξης των στόχων βιοποικιλότητας μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τις προσπάθειες για τη μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Αντίθετα, η εντατικοποίηση των προσπαθειών για την προστασία της φύσης και τη μείωση των περιβαλλοντικών πιέσεων που δέχονται η βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα συμβάλλουν στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και παρέχουν πολλαπλά οφέλη.

8. Συμπεράσματα

Η Ελλάδα διακρίνεται για τη μεγάλη βιολογική ποικιλότητά της, η οποία είναι από τις μεγαλύτερες στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο. Η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις πλέον ευάλωτες περιοχές της Ευρώπης, από την κλιματική αλλαγή. Ωστόσο, η κλιματική αλλαγή δεν είναι η μόνη πίεση που επιδρά στη βιολογική ποικιλότητα και τα αποτελέσματά της εξαρτώνται και από τις αλληλεπιδράσεις με άλλες πιέσεις, όπως η αλλαγή των χρήσεων γης και η απώλεια ενδιαιτημάτων, καθώς αυτές μειώνουν την ικανότητα των οργανισμών να μετατοπίσουν την εξάπλωσή τους σε απόκριση της κλιματικής αλλαγής. Ειδικότερα για τους υγροτόπους, στη Μεσόγειο πολλά εφήμερα οικοσυστήματα αναμένεται να εξαφανιστούν και πολλά μόνιμα να συρρικνωθούν. Σε μεγάλο βαθμό ενδέχεται να επηρεαστούν οι λίμνες, από άποψη διαθεσιμότητας και ποιότητας νερού. Δεδομένα από τρεις λίμνες της Ελλάδας φαίνεται να επιβεβαιώνουν τη μείωση της επιφάνειας και του όγκου των υδάτων τους. Τα εσωτερικά ύδατα εν γένει είναι πιθανό να εμφανίσουν χαμηλότερο όγκο ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής. Περαιτέρω, στη θάλασσα της Μεσογείου, οι ταχέως μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες παρέχουν ευνοϊκό έδαφος για την εισβολή χωροκατακτητικών ειδών, τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν τα θαλάσσια οικοσυστήματα.

Μία από τις σημαντικότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα δασικά οικοσυστήματα της Ελλάδας αφορά στην αναμενόμενη αύξηση της εμφάνισης και της σφοδρότητας των πυρκαγιών, καθώς η φυτική βιομάζα θα είναι πιο εύφλεκτη εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας και των παρατεταμένων περιόδων ξηρασίας. Με την υπάρχουσα στρατηγική διαχείρισης εκτιμάται ότι εξαιτίας κλιματικών αλλαγών ως το έτος 2100 η συνολική καμένη έκταση θα αυξηθεί κατά μέσο όρο ετησίως από 10% (σενάριο B2) έως 20% (σενάριο A2). Οι αναμενόμενες μειώσεις στην έκταση που καταλαμβάνουν τα δασικά οικοσυστήματα στην Ελλάδα συνεπάγονται οικονομικό κόστος εξαιτίας της απώλειας υπηρεσιών οικοσυστήματος από το τμήμα των οικοσυστημάτων που καταστρέφεται ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής. Το ετήσιο αυτό κόστος εκτιμάται σε 75.780.000 US\$ (σενάριο B2) έως 151.560.000 US\$ (σενάριο A2) αν χρησιμοποιηθεί η τιμή από τη μελέτη του Brenner-Guillermo (2007). Πιο μετριοπαθείς εκτιμήσεις προκύπτουν χρησιμοποιώντας την τιμή των Croitoru και Merlo

(2005) για τα ελληνικά δάση και συγκεκριμένα οι εκτιμήσεις αυτές είναι 1.920.000 US\$ (σενάριο B2) και 3.840.000 US\$ (σενάριο A2).

Με την υιοθέτηση των κλιματικών σεναρίων A1B/2020-2050, A1B/2070-2100 και A2/2070-2100, η έκταση που καταλαμβάνει η επιφάνεια της λίμνης Χειμαδίτιδας μειώνεται από 20% έως 37% (αναφορικά με την περίοδο 1979-1998), ενώ αντίστοιχα για τη λίμνη Κερκίνη αναμένεται μείωση από 5% έως 14% (αναφορικά με την περίοδο 2001-2006). Οι αναμενόμενες μειώσεις στη μέση τιμή της επιφάνειας των δύο υπό εξέταση λιμνών συνεπάγονται οικονομικό κόστος εξαιτίας της απώλειας υπηρεσιών οικοσυστήματος από το τμήμα των οικοσυστημάτων που καταστρέφεται ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής. Το συνολικό οικονομικό κόστος που εκτιμήθηκε ανέρχεται σε 827.820 US\$, 1.810.620 US\$, και 2.097.900 US\$ σύμφωνα με τα κλιματικά σενάρια A1B/2020-2050, A1B/2070-2100 και A2/2070-2100 αντίστοιχα (βασίζόμενοι στη μελέτη του Brenner-Guillermo (2007)), και επιμερίζεται ως εξής: 343.980 US\$, 574.560 US\$, και 633.150 US\$ για τη λίμνη Χειμαδίτιδα και 483.840 US\$, 1.236.060 US\$, και 1.464.750 US\$ για τη λίμνη Κερκίνη. Το συνολικό αυτό οικονομικό κόστος ανέρχεται σε 3.722.124 US\$, 8.141.084 US\$, και 9.432.780 US\$ κάτω από τα τρία υπό εξέταση σενάρια αν χρησιμοποιηθεί η αξία των υπηρεσιών οικοσυστήματος που προσφέρουν οι λίμνες και τα ποτάμια παγκοσμίως από τη μελέτη των Costanza et al. (1997).

Στο επόμενο βήμα έγινε μια προσπάθεια να προσδιοριστεί η παρούσα αξία του κόστους απώλειας των υπηρεσιών οικοσυστήματος ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής. Οι υπολογισμοί αφορούν τις δασικές εκτάσεις της Ελλάδας, καθώς και τις λίμνες Χειμαδίτιδα και Κερκίνης, για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία. Οι παρούσες αξίες του κόστους που θα προκύψει από την απώλεια των υπηρεσιών οικοσυστήματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση και προώθηση επενδύσεων που θα αφορούν μέτρα, η υιοθέτηση των οποίων θα μετριάσει τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής.

Όσον αφορά στα δάση, στην περίπτωση που χαθούν 3.628.000 εκτάρια έως το 2100 (σύμφωνα με το σενάριο A2), το προεξοφλημένο κόστος απώλειας των υπηρεσιών οικοσυστήματος κυμαίνεται από 8.908 εκατ. έως 351.618 εκατ. US\$ (με επιτόκιο προεξόφλησης 1%) και από 3.313 εκατ. έως 130.790 εκατ. US\$ (με επιτόκιο προεξόφλησης 3%), διαφορά η οποία προκύπτει από τις διαφορετικές τιμές που χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση της αξίας των υπηρεσιών οικοσυστήματος που παρέχουν τα δάση. Εάν χρησιμοποιηθούν οι πιο συντηρητικές εκτιμήσεις του σεναρίου B2, σύμφωνα με το οποίο υπολογίζεται ότι θα χαθούν 1.814.000 εκτάρια έως το 2100, τότε το προεξοφλημένο κόστος κυμαίνεται από 4.465 εκατ. έως 176.227 εκατ. US\$ (με επιτόκιο προεξόφλησης 1%) και από 1.663 εκατ. έως 65.614 εκατ. US\$ (με επιτόκιο προεξόφλησης 3%).

Παρόμοιοι υπολογισμοί έγιναν για τα υδάτινα οικοσυστήματα γλυκού νερού, βάσει των σεναρίων A1B και A2. Αρχικά, για τη λίμνη Χειμαδίτιδα, εάν επαληθευτούν οι προβλέψεις του σεναρίου A1B και μειωθεί η επιφάνειά της κατά 304 εκτάρια έως το 2100, τότε η παρούσα αξία του κόστους της απώλειας των υπηρεσιών οικοσυστήματος που προσφέρονται από τη λίμνη κυμαίνεται από 20.292 χιλ. έως 91.238 χιλ. US\$ (με επιτόκιο 1%) και από 8.540 χιλ. έως 38.397 χιλ. US\$ (με επιτόκιο 3%). Εάν αντίθετα επαληθευτούν οι προβλέψεις του σεναρίου A2 και μειωθεί η επιφάνεια της λίμνης Χειμαδίτιδας κατά 335 εκτάρια το 2100, τότε το προεξοφλημένο κόστος κυμαίνεται από 17.114 χιλ. έως 76.949 χιλ. US\$ (με επιτόκιο 1%) και από 6.868 χιλ. έως 30.881 χιλ. US\$ (με επιτόκιο 3%).

Όσον αφορά στη λίμνη Κερκίνη, οι εκτιμήσεις είναι οι εξής. Σύμφωνα με το σενάριο A1B, μέχρι το 2100, η επιφάνεια της λίμνης θα έχει μειωθεί κατά 654 εκτάρια. Το προεξοφλημένο κόστος απώλειας των υπηρεσιών οικοσυστήματος σε αυτή την περίπτωση κυμαίνεται από 35.593 χιλ. έως 160.034 χιλ. US\$ (με επιτόκιο 1%) και από 13.873 χιλ. έως 62.375 χιλ. US\$ (με επιτόκιο 3%). Βάσει του σεναρίου A2, μέχρι το 2100 η επιφάνεια της λίμνης θα μειωθεί κατά 775 εκτάρια. Σ' αυτή την περίπτωση, το προεξοφλημένο κόστος κυμαίνεται από 39.592 χιλ. έως 178.016 χιλ. US\$ (με επιτόκιο 1%) και από 15.889 χιλ. έως 71.440 χιλ. US\$ (με επιτόκιο 3%).

Είναι αναγκαίο να τονισθεί ότι οι εκτιμήσεις μας αποτελούν μια μερική αποτίμηση με βάση τις διαθέσιμες πληροφορίες για τις φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα ελληνικά οικοσυστήματα κάτω από τα σενάρια που διαμορφώθηκαν στα πλαίσια της παρούσας έρευνας. Είναι επομένως πέρα από κάθε αμφιβολία ότι το οικονομικό κόστος που υπολογίστηκε θα ήταν πολύ υψηλότερο αν μπορούσαν να ληφθούν υπόψη όλα τα οικοσυστήματα τα οποία θα επηρεαστούν από την κλιματική αλλαγή.

Τέλος, συζητήθηκαν μέτρα προσαρμογής και αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι υπηρεσίες βιοποικιλότητας και οικοσυστήματος μας βοηθούν να προσαρμοστούμε στην κλιματική αλλαγή και να μετριάσουμε τις επιπτώσεις της. Ταυτόχρονα, όμως, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τα φυσικά οικοσυστήματα, με συνέπεια η συνεχιζόμενη απώλεια βιοποικιλότητας και υποβάθμισης των οικοσυστημάτων να εξασθενεί την ικανότητά τους να παρέχουν βασικές υπηρεσίες, με κίνδυνο να φτάσουμε σε μη αναστρέψιμα «σημεία ανατροπής».

Εν κατακλείδι, η κλιματική αλλαγή αποτελεί μια από τις κύριες αιτίες απώλειας βιοποικιλότητας με σημαντικές οικονομικές συνέπειες. Ταυτόχρονα, όμως, η κλιματική αλλαγή θα επιταχυνθεί ακόμα περισσότερο αν δεν προστατεύσουμε αποτελεσματικά τη βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα, τα οποία αποτελούν σύμμαχο στο αγώνα μας εναντίον αυτού του φαινομένου.

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνόγλωσση

Δουλγέρης, Χ. και Δ. Παπαδήμος (2010), «Επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής σε υγροτόπους της Ελλάδας», Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων. Αδημοσίευτα δεδομένα.

Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ) (2010), «Η βιοποικιλότητα της Ελλάδας: κατάσταση και τάσεις».

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2006), «Η Ανάσχεση της απώλειας της βιοποικιλότητας έως το 2010 - και μετέπειτα. Η υποστήριξη των υπηρεσιών οικοσυστήματος με στόχο την ευημερία του ανθρώπου», Ανακοίνωση, COM (2006) 216 τελικό.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2007), «Η προσαρμογή της Ευρώπης στην αλλαγή του κλίματος – επιλογές δράσης για την ΕΕ». Πράσινη Βίβλος που υποβάλλεται από την Επιτροπή προς το Συμβούλιο, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών, COM (2007) 354 τελικό.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, (2009), «Φύση και βιοποικιλότητα: Ο ρόλος της φύσης στην κλιματική αλλαγή».

Κατσαδωράκης, Γ. και Κ. Παραγκαμιάν (2007), «Απογραφή των υγροτόπων των νησιών του Αιγαίου: ταυτότητα, οικολογική κατάσταση και απειλές», WWF Ελλάς.

Λεγάκης Α. και Παναγιώτα Μαραγκού (2009), «Κόκκινο Βιβλίο των Απειλούμενων Ειδών Ζώων της Ελλάδας», Ελληνική Ζωολογική Εταιρία, Αθήνα.

Νάστης Α. και Η. Καρμίρης, (2010), «Τελική αναφορά ομάδας περιβάλλοντος για τα Δάση και Λιβάδια», Επιτροπή μελέτης επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής, Οκτώβριος 2010.

Ντάφης, Σ., Εύα Παπαστεργιάδου, Κ. Γεωργίου, Δ. Μπαμπαλώνας, Θ. Γεωργιάδης, Μαρία Παπαγεωργίου, Θάλεια Λαζαρίδου και Βασιλική Τσιαούση (1997), «Οδηγία 92/43/ΕΟΚ. Το Έργο Οικοτόπων στην Ελλάδα: Δίκτυο ΦΥΣΗ 2000», Συμβόλαιο αριθμός Β4-3200/94/756, Γεν. Διεύθυνση XI Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας – Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων.

Οικονομίδης, Π.Σ. (2009), «Ψάρια Εσωτερικών Υδάτων». Σε: Λεγάκις, Α. και Π. Μαραγκού (επιμ. εκδ), Το Κόκκινο Βιβλίο των Απειλούμενων Ζώων της Ελλάδας, Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Αθήνα.

Φοίτος Δ., Θ. Κωνσταντινίδης και Γεωργία Καμάρη (2010), «Βιβλίο Ερυθρών Δεδομένων των σπανίων και απειλούμενων φυτών της Ελλάδας», Ελληνική Βοτανική Εταιρία, Πάτρα.

Φυτώκα, Ε., Θ. Παρτόζης, Δ. Χουβαρδός, Π.Α. Γεράκης και Μ. Καρτέρης (2000), «Απογραφή υγροτόπων στο πλαίσιο του έργου Ενημέρωση και Εμπλουτισμός Εθνικής Βάσης Δεδομένων για τους Ελληνικούς Υγροτόπους Βάση Δεδομένων», Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ) και Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Χρυσοπολίτου Β. και Έ. Χατζηχαλαράμους (Συντονίστριες Έκδοσης) (2008), «Δεύτερη εθνική έκθεση για την εφαρμογή της Οδηγίας των Οικοτόπων στην Ελλάδα (περίοδος αναφοράς: 2001-2006): Έντυπα αναφοράς και χάρτες για τους τύπους οικοτόπων του Παραρτήματος Ι και τα είδη των Παραρτημάτων ΙΙ, ΙV και V που απαντούν στην Ελλάδα. Τριετές πρόγραμμα δράσεων σε θέματα διαχείρισης φυσικού περιβάλλοντος», ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα – ΕΚΒΥ, Θέρμη.

Β. Ξενόγλωσση

Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen and A. Shvidenko (2007), «Europe. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change», M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.

Aligizaki, K. and G. Nikolaidis (2008), “Morphological identification of two tropical dinoflagellates of the genera *Gambierdiscus* and *Sinophysis* in the Mediterranean Sea”, *J. Biol. Res.-Thessalon.* 9, 75-82.

Aligizaki, K. (2009), “Spread of potentially toxic benthic dinoflagellates in the Mediterranean Sea: a response to climate change?” CIESM Workshop n°40: *Phytoplankton response to Mediterranean environmental change*, Tunis.

Aligizaki, K., P. Katikou, and G. Nikolaidis (2009), “Toxic benthic dinoflagellates spreading and potential risk in the Mediterranean Sea”, 7th International Conference in Molluscan Shellfish Safety, Nantes.

Alvarez Cobelas, M., J. Catalán and D. García de Jalón (2005), “Impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales. Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático”, in Moreno J.M. (ed), Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 113-146 .

Anderson, D.M. and K.D. Stolzenbach (1985), “Selective retention of two dinoflagellates in a well-mixed estuarine embayment: the importance of diel vertical migration and surface avoidance”, Mar. Ecol. Progr. Series, 25, 39-50.

Araújo, M.B., W. Thuiller, and R.G. Pearson (2006), «Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe». Journal of Biogeography 33, 1712-1728.

Bagnis, R., S. Chanteau, E. Chungue, L.M. Hurtel, T. Yasumoto, and A. Inoue (1980), “Origins of ciguatera fish poisoning: a new dinoflagellate, *Gambierdiscus toxicus* Adachi and Fukuyo, definitely involved as a causal agent”, *Toxicon*, 18, 199-208.

Bearzi, G., R.R. Reeves, G. Notarbartolo di Sciara, E. Politi, A. Canadas, A. Frantzis, and B. Mussi (2003), “Ecology, status and conservation of short-beaked common dolphins (*Delphinus delphis*) in the Mediterranean Sea”, *Mammal Review*, 33, 224–252.

Beniston, M., D.B. Stephenson, O.B. Christensen, C.A.T. Ferro, C. Frei, S. Goyette, K. Halsnaes, T. Holt, K. Jylhä, B. Koffi, J. Palutikof, R. Schöll, T. Semmler, and K. Woth (2007), “Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections.” *Climatic Change*, 81, S71-S95.

Berry, P.M., A.P. Jones, R.J. Nicholls, and C.C. Vos (eds.) (2007), “Assessment of the vulnerability of terrestrial and coastal habitats and species in Europe to climate change, Annex 2 of Planning for biodiversity in a changing climate - BRANCH project Final Report”, Natural England, UK.

Bianchi, C.N. and C. Morri. (2000), «Marine Biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, Problems and Prospects for Future Research», *Marine Pollution Bulletin*, 40, 5, 367-376.

Blanco, C., O. Salomon, and J.A. Raga (2001), “Diet of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the western Mediterranean Sea”, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81, 1053–1058.

Bombace, G. (2001), «Influence of climatic changes on stocks, fish species and marine ecosystems in the Mediterranean Sea», *Archives of Oceanography and Limnology*, 22, 67–72.

Brenner-Guillermo, J. (2007), “Valuation of ecosystem services in the Catalan coastal zone”, *Marine Sciences*, Polytechnic University of Catalonia.

Boudouresque, C.-F. and M. Verlaque (2002), “Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes” *Mar. Pollut. Bull.*, 44, 32-38.

Burns, W.C.G. (2001), “From the harpoon to the heat: climate change and the International Whaling Commission in the 21st century”, *Georgetown International Environmental Law Review*, 13, 335–359.

Campbell, A., V. Kapos, J. P.W. Scharlemann, P. Bubba, A. Chenery, L. Coad, B. Dickson, N. Doswald, M. S. I. Khan, F. Kershaw, and M. Rashid. (2009), «Review of the Literature on the Links between Biodiversity and Climate Change: Impacts, Adaptation and Mitigation», Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series No. 42.

Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruel, R.G. Raskin, P. Sutton and M. van den Belt, (1997), “The value of the world's ecosystem service and natural capital”, *Nature*, 387, 253-260.

Croitoru L. and M. Merlo, (2005), “Mediterranean forest values”. In: M. Merlo and L. Croitorou (eds.) *Mediterranean forests and people: Towards a total economic value*. CABI Publishing, Wallingford, Chapter 3, 105-122.

Dimitriou, E. and E. Moussoulis (2010), «Hydrological and nitrogen distributed catchment modeling to assess the impact of future climate change at Trichonis Lake, western Greece», *Hydrogeology Journal*, 18, 441–454.

Duffy, J.E (2003), “Biodiversity loss, trophic skew and ecosystem functioning”, *Ecology Letters*, 6, 680–687.

Dyble, J., H.W. Paerl and B.A. Neilan (2002), “Genetic characterization of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) isolated from diverse geographic origins based on *nifH* and *cpcBA*-IGS nucleotide sequence analysis”, *Applied and Environmental Microbiology*, 68, 5, 2567-2571.

European Environment Agency, Joint Research Centre EC and World Health Organization Europe, EEA-JRC-WHO, (2008), “Impacts of Europe’s changing climate - 2008 indicator-based assessment”, EEA No4/2008, Copenhagen, Denmark.

European Environment Agency (EEA) (2005), “Vulnerability and Adaptation to Climate Change in Europe”, EEA Technical Report No 7/2005, European Environment Agency, Copenhagen.

European Environment Agency (2007), “Europe’s Environment – The Fourth Assessment”, State of the Environment Report No 1/2007, Copenhagen.

European Environment Agency (EEA), (2010), “10 messages for 2010. Climate Change and Biodiversity”, Copenhagen.

European Environment Agency (EEA), (2010), “10 messages for 2010. Marine Ecosystems”, Copenhagen.

European Topic Center/Biodiversity (2009), “Habitats Directive Article 17 Reporting (2001–2006) — Some specific analysis on conservation status”, Paris 2009.

Fankhauser S., J. B. Smith, R. S.J. Tol, (1999), “Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions”, *Ecological Economics*, 30, 67-78.

Fitter, A. H., and R. S. R. Fitter (2002), “Rapid changes in flowering time in British plants” *Science*, 296: 1689-1691.

Francour, P. (1997), «Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): assessment of composition and long-term fluctuations by visual census), *Marine Ecology*, 18, 157–173.

French, J.R., Spencer, T. and D.J. Reed, (ed.) (1995), “Geomorphic response to sea-level rise”, *Earth Surface Processes and Landforms*, 20, 1-103.

Galil, B.S., Nehring, S. and V. Panov (2007), “Waterways as Invasion Highways – Impact of Climate Change and Globalization”, in Nentwig, W. (ed.), *Biological Invasions*. Ecological Studies 193. Springer, Berlin, Heidelberg.

Gambaiani, D.D., P. Mayol, S.J. Isaac, and M.P. Simmonds (2009), «Potential impacts of climate change and greenhouse gas emissions on Mediterranean marine ecosystems and cetaceans», *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **89**, 1, 179 - 201.

Gomez, F. (2009), “Changes in the Mediterranean phytoplankton community related to climate warming”, CIESM Workshop n°40: *Phytoplankton response to Mediterranean environmental change*, Tunis.

Harrison, P.A., P.M. Berry, N. Butt and M. New (2006), «Modelling climate change impacts on species’ distributions at the European scale: implications for conservation policy», *Environmental Science and Policy*, **9**, 116 – 128.

Hughes, L. (2000), “Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?”, *Tree*, **15**, 56–61.

IPCC (2007), Summary for Policymakers, in “Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (Eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 7-22.

Katikou, P., D. Georgantelis, N. Sinouris, A. Petsi, and T. Fotaras (2009), “First report on toxicity assessment of the Lessepsian migrant pufferfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) from European waters (Aegean Sea, Greece)”, *Toxicon* **54**, 1, 50-55.

Kazakis, Z D. Z I. N. Ghosn, Z V. P. Vogiatzakis, and V. Papanastasis (2007), «Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Lefka Ori, Crete», *Biodivers Conserv*, **16**, 1603–1615

Kazana V. and A. Kazaklis, (2005), “Greece”. In: M. Merlo and L. Croitorou (eds.) *Mediterranean forests and people: Towards a total economic value*. CABI Publishing, Wallingford, Chapter 15, 229-240.

Kennedy, T.A., S. Naemm, K.M. Howe, J.M.H. Knops, D. Tilman, and P. Reich (2002), “Biodiversity as a barrier to ecological invasion”, *Nature*, 417, 636–638.

Kenney, R.D., P.M. Payne, D.W. Heinemann, and H.E. Winn (1996), “Shifts in northeast shelf cetacean distributions relative to trends in Gulf of Maine/Georges Bank finfish abundance”, in Sherman K., Jaworski N.A. and Smada T. (eds) *The northeast shelf ecosystem: assessment, sustainability and management*, Cambridge, MA, Blackwell Science.

Kolar, C.S. and D.M. Lodge (2000), “Freshwater non-indigenous species: interactions with other global changes.” in Mooney HA and Hobbs RJ (eds), *Invasive species in a changing world*, Washington, DC: Island Press.

Kumar, P. (editor) (2010), “The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations”. ISBN 9781849712125, Earthscan, London, UK.

Learmonth, J.A., C.D. Macleod, M.B. Santos, J.G. Pierce, H.Q.P. Crick, and R.A. Robinson (2006), «Potential effects of climate change on marine mammals», *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 44, 431–464.

Levandowsky, M. and P.J. Kaneta (1987), “Behaviour in dinoflagellates”, in *The biology of dinoflagellates*, Taylor, F.J.R. (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Levinsky, I., F. Skov, J. C Svenning, and C. Rahbek (2007), «Potential impacts of climate change on the distributions and diversity patterns of European mammals», *Biodiversity and Conservation*, 16, 3803-3816.

Malcolm, J.R., C. Liu, R.P. Neilson, L. Hansen, and L. Hannah (2006), “Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots”, *Conservation Biology*, 20, 538-548.

MacGarvin, M. and M. Simmonds (1996), “Whales and climate change”, in Simmonds M.P. and J.D. Hutchinson (eds), *The conservation of whales and dolphins*, Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Meinesz, A., Belsher T., Thibaut T., Antolic B., Mustapha K.B., Boudouresque C.F., Chiaverini D., Cinelli F., Cottalorda J.M., Djellouli A., El Abed A., Orestano C., Grau A.M.,

Ivesa L., Jaklin A., Langar H., Massuti-Pascual E., Peirano A., Tunesi L., de Vaugelas J., Zavodnik N. and A. Zuljevic (2001), “The introduced green alga *Caulerpa taxifolia* continues to spread in the Mediterranean”, *Biological Invasions*, 3, 201–210.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA), (2005), “Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis”. World Resource Institute, Washington, DC, USA.

Nicholls, R.J. and F.M.J. Hoozemans (1996), «The Mediterranean: vulnerability to coastal implications of climate change», *Ocean & Coastal Management*, 31, 2-3, 105-132.

Occhipinti-Ambrogi, A. (2007), «Global change and marine communities: alien species and climate change», *Mar. Pollut. Bull*, 55, 342-352.

Orr, J.C., E. Maier-Reimer, U. Mikolajewicz, P. Monfray, G.C. Ray, B.P. Hayden, A.J. Bulger, and M.G. McCormick-Ray (1992), «Effects of global warming on the biodiversity of coastal-marine zones», in Peters R.L. and Lovejoy T.E. (eds) *Global warming and biological diversity*, New Haven, CT, Yale University Press.

Pancucci-Papadopoulou, M.A., A. Zenetos, M. Corsini-Foka, and C.Y. Politou (2005), «Update of marine aliens in Hellenic waters», *Mediterranean Marine Science*, 6, 147–158.

Roberts, C.M. and J.P. Hawkins (1999), «Extinction risk in the sea», *Trends in Ecology and Evolution*, 14, 6, 241-245.

Peirano, A., V. Damasso, M. Montefalcone, C. Morri, and C.N. Bianchi (2005), “Effects of climate, invasive species and anthropogenic impacts on the growth of seagrass *Posidonia oceanica* (L) Delile in Liguria (NW Mediterranean Sea)”, *Marine Pollution Bulletin*, 50, 817–822.

Petchey, O.L., McPhearson, P.T., Casey, T.M. and P.J. Morin (1999), “Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function”, *Nature*, 402, 69-72.

Salat, J. and J. Pasqual (2002), «The oceanographic and meteorological station at L’ Estartit (NW Mediterranean)», in Briand F. (ed) *Tracking long-term hydrological change in the Mediterranean Sea*, CIESM Workshop Monograph no 16, Monaco.

Sanford, E. (1999), “Regulation of keystone predation by small changes in ocean temperature”, *Science*, 283, 2095–2097.

Sanchez Carrillo, S. and M. Alvarez Cobelas (2001), “Nutrient dynamics and eutrophication patterns in a semiarid wetland: the effects of fluctuating hydrology”, *Water Air Soil Poll.*, 131, 97-118.

Schröter, D., Cramer, W., Leemans, R., Prentice, I. C., Araújo, M. B., Arnell, N. W., Bondeau, A., Bugmann, H., Carter, T. R., Gracia, C. A., Vega-Leinert, A.Cdl, Erhard, M., Ewert, F., Glendining, M., House, J. I., Kankaanpää, S., Klein, R. J. T., Lavorel, S., Lindner, M., Metzger, M. J., Meyer, J., Mitchell, T. D., Reginster, I., Rounsevell, M., Sabaté, S., Sitch, S., Smith, B., Smith, J., Smith, P., Sykes, M. T., Thonicke, K., Thuiller, W., Tuck, G., Zaehle, S., and Zierl, B. (2005), “Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe”, *Science*, 310, 1333–1337.

Schwartz, M.W., L.R. Iverson, A.M. Prasad, S.N. Matthews, and R.J. O’Connor (2006), “Predicting extinctions as a result of climate change”, *Ecology*, 87, 1611–1615.

Stachowicz, J.J., H. Fried, R.W. Osman, and R.B. Whitlatch (2002), “Biodiversity, invasion resistance, and marine ecosystem function: reconciling pattern and process”, *Ecology*, 83, 2575–2590.

Thomas, C., D. Alison, A. Cameron, R. E. Green, M. Bakkenes, L.J. Beaumont, Y.C. Collingham, B.F.N. Erasmus, M Ferreira de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. S. van Jaarsveld, G. F. Midgley, L. Miles, M. Ortega-Huerta, A. T. Peterson, O. L. Phillips and S. E. Williams, (2004), “Extinction risk from climate change”. *Letters to Nature*, *Nature*, 427, 145-148.

Thuiller, W., S. Lavorel, M.B. Araújo, M.T. Sykes, I.C. Prentice (2005), «Climate change threats to plant diversity in Europe», *PNAS* 102, 23.

Tsiamis K., P. Panayotidis and A. Zenetos (2008), “Alien marine macrophytes in Greece: a review”, *Botanica Marina*, 51, 4, 237-246.

Van der Ploeg, S., Wang, Y. and R.S. de Groot, (2010), “The TEEB Valuation Database: An introduction and overview of data and results”, Final report for TEEB – D0-report. FSD, Wageningen, The Netherlands.

Williams, W.D. (2001), “Anthropogenic salinisation of inland waters.” *Hydrobiologia*, 466: 329-337.

Wilson, B., H. Arnold, G. Bearzi, C.M. Fortuna, R. Gaspar, S. Ingram, C. Liret, S. Pribanic, A.J. Read, V. Ridoux, K. Schneider, K.W. Urian, R.S. Wells, C. Wood, P.M. Thompson, and P.S. Hammond (1999), “Epidermal diseases in bottlenose dolphins: impacts of natural and anthropogenic factors”, *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, 266, 1077–1083.

Wunder, S. (2005), “Payments for environmental services: Some nuts and bolts” Occasional Paper No. 42, Center for International Forestry Research

Zalidis, G.C., T.L. Crisman and P.A. Gerakis (eds) (2002), “Restoration of Mediterranean Wetlands”, Hellenic Ministry of Environment, Physical Planning and Public Works, Athens and Greek Biotope/Wetland Centre, Thermi.

Zauneberger, K., S. Ange, L. Miko, (2008), “The climate change-biodiversity nexus key to co-benefit approaches”, Draft paper for the European Commission, Directorate General for Environment. Available in: http://circa.europa.eu/Public/irc/env/biodiversity_climate/library

Zenetos, A., V. Vassilopoulou, M. Salomidi, and D. Poursanidis (2007), “Additions to the marine alien fauna of Greek waters (2007 update)”, *Biodiversity records*.