



ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΕΥΡΩΣΥΣΤΗΜΑ



ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΑ ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΔΑΣΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΝΑΣΤΗΣ, ΟΜΟΤΙΜΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ, ΑΠΘ

ΗΛΙΑΣ ΚΑΡΜΙΡΗΣ, ΔΡ. ΛΙΒΑΔΟΠΟΝΟΣ, ΑΠΘ

ΕΥΓΥΧΙΟΣ ΣΑΡΤΖΕΤΑΚΗΣ, ΑΝ. ΚΑΘ. ΟΙΚΟΝ. ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΠΑΝ/ΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΝΑΣΤΗΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ, ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΑΠΘ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2011

Περιεχόμενα

	Σελίδα
1. Εισαγωγή	2
2. Υπάρχουσα κατάσταση δασικών οικοσυστημάτων	4
2.1. Έκταση και κατανομή των δασικών οικοσυστημάτων	4
2.2. Παραγωγή προϊόντων ξύλου και βοσκήσιμης ύλης στην Ελλάδα	6
2.3. Κύκλοι του άνθρακα (C) και του νερού (H ₂ O)	10
2.4. Πυρκαγιές	12
2.5. Ακραία καιρικά φαινόμενα	13
2.6. Στάθμη της θάλασσας	13
3. Φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στα δασο-λιβαδικά οικοσυστήματα	15
3.1. Επιπτώσεις στην έκταση και κατανομή των δασικών οικοσυστημάτων	16
3.2. Φαινολογικές μεταβολές, παραγωγή προϊόντων ξύλου και βοσκήσιμης ύλης	18
3.3. Κύκλοι του άνθρακα (C) και του νερού (H ₂ O)	21
3.4. Αριθμός συμβάντων και έκταση των δασικών πυρκαγιών	23
3.5. Ακραία καιρικά φαινόμενα	23
3.6. Στάθμη της θάλασσας	25
3.7. Άλλες επιπτώσεις	26
4. Οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής	28
5. Δυνατότητες προσαρμογής	35
6. Αναμενόμενα αποτελέσματα με την εφαρμογή των προσαρμογών	38
6.1. Σενάριο B2	38
6.2. Σενάριο A2	38
7. Πρόσθετα θεσμικά μέτρα για περαιτέρω αντιστάθμιση των επιπτώσεων της κλιματικής μεταβολής	40
8. Αναμενόμενα αποτελέσματα με την υιοθέτηση των προσαρμογών και των πρόσθετων νομοθετικών και οργανωτικών ρυθμίσεων	42
9. Συμπεράσματα	43
10. Περίληψη	45
11. Βιβλιογραφία	48
11.1. Ελληνική	48
11.2. Ξενόγλωσση	49

1. Εισαγωγή

Οι ποικίλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, κυρίως μετά τη βιομηχανική εποχή (19^{ος} αιώνας), έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων περιβαλλοντικών συνθηκών, με πολλαπλές επιπτώσεις στο σύνολο των έμβιων όντων. Οι σημαντικότερες ίσως επιπτώσεις σχετίζονται με τις μεταβολές στις κλιματικές συνθήκες και κυρίως την άνοδο της θερμοκρασίας, τη μεταβολή της ποσότητας και του εποχιακού προτύπου των κατακρημνισμάτων καθώς και τη συχνότητα, ένταση και διάρκεια ακραίων καιρικών φαινομένων όπως ξηρασία, καύσωνες, πλημμύρες κ.λπ. Οι μεταβολές αυτές επηρεάζουν άμεσα και προκαλούν αλυσιδωτές αντιδράσεις στη δομή, τη σύνθεση και τις διεργασίες που επιτελούνται στα φυσικά οικοσυστήματα, που στην πλειονότητα των περιπτώσεων είναι αρνητικές. Μόνο κατά το 2^ο ήμισυ του 20^{ού} αιώνα, συνειδητοποιήθηκαν οι επιπτώσεις από την κλιματική μεταβολή. Τα προηγούμενα 3.000 χρόνια, η μέση θερμοκρασία του αέρα ήταν σχεδόν σταθερή και εκτιμάται ότι αυξήθηκε συνολικά μόνο κατά 0,5 °C (Salinger et al., 2005). Στις μέρες μας, η άνοδος της θερμοκρασίας είναι πιο εμφανής και άμεσα μετρήσιμη (Kuglitsch et al., 2010). Το ανησυχητικό είναι ότι στο άμεσο μέλλον αναμένεται περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας, μεταβολές στην ποσότητα και την κατανομή των κατακρημνισμάτων και συχνότερη εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων. Τα περισσότερα μοντέλα προβλέπουν αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη από 2 °C στην καλύτερη περίπτωση ως και 5-6 °C τα επόμενα 100 έτη (European Environmental Agency, 2007).

Οι επικείμενες κλιματικές μεταβολές προβλέπεται να είναι εντονότερες στη Μεσογειακή ζώνη και επομένως το 'στρες' που θα προκληθεί στους φυτικούς οργανισμούς και οι επιπτώσεις στα φυσικά οικοσυστήματα θα είναι σαφώς μεγαλύτερες, σε σχέση με ότι γνωρίζουμε μέχρι σήμερα (Maracchi et al., 2005). Τα δασικά οικοσυστήματα θα ζημιωθούν κατά κύριο λόγο από τα μειωμένα κατακρημνίσματα και τις υψηλές θερμοκρασίες που θα επικρατήσουν κατά την ξηροθερμική περίοδο, ενώ διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο καταστροφικών πυρκαγιών (Giannakopoulos et al., 2009). Στη Μεσογειακή ζώνη παρά το γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία είναι αυξημένη σε

σύγκριση με τις βρειότερες Ευρωπαϊκές χώρες και επομένως θα αναμένονταν μεγαλύτερη συνολική παραγωγή δασικής βιομάζας, αυτή είναι μικρότερη λόγω της παρατεταμένης θερινής ξηρασίας και της αυξημένης θερμοκρασίας. Το ερώτημα που τίθεται είναι σε ποιο βαθμό τα δασικά είδη είναι ικανά να προσαρμοστούν στο ταχέως διαφοροποιούμενο περιβάλλον. Εάν δεν προσαρμοστούν σε σύντομο χρόνο, τα δασικά οικοσυστήματα διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο αποσταθεροποίησής τους και, σε ακραίες περιπτώσεις, κατάρρευσής τους. Οι επιπτώσεις αυτές θα μπορούσαν να μετριαστούν σημαντικά, εάν υιοθετηθούν έγκαιρα κατάλληλες διαχειριστικές στρατηγικές, όπως ειδική καλλιεργητική φροντίδα (FAO, 2003). Γι' αυτό είναι ανάγκη η δασική πολιτική και η στρατηγική διαχείρισης να προσαρμοστούν άμεσα για να μετριαστούν και να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικότερα οι αρνητικές επιπτώσεις των επικείμενων κλιματικών μεταβολών. Σκοπός του παρόντος τμήματος του κεφαλαίου είναι η πρόβλεψη των δομικών και λειτουργικών αλλαγών στα δασο-λιβαδικά οικοσυστήματα της Ελλάδας κατά τον 21^ο αιώνα, η εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής με ιδιαίτερη έμφαση στην παραγωγή ξυλείας και βοσκήσιμης ύλης και η διερεύνηση των ενδεδειγμένων επεμβάσεων για περιορισμό των δυσμενών επιπτώσεων.

2. Υπάρχουσα κατάσταση δασικών οικοσυστημάτων

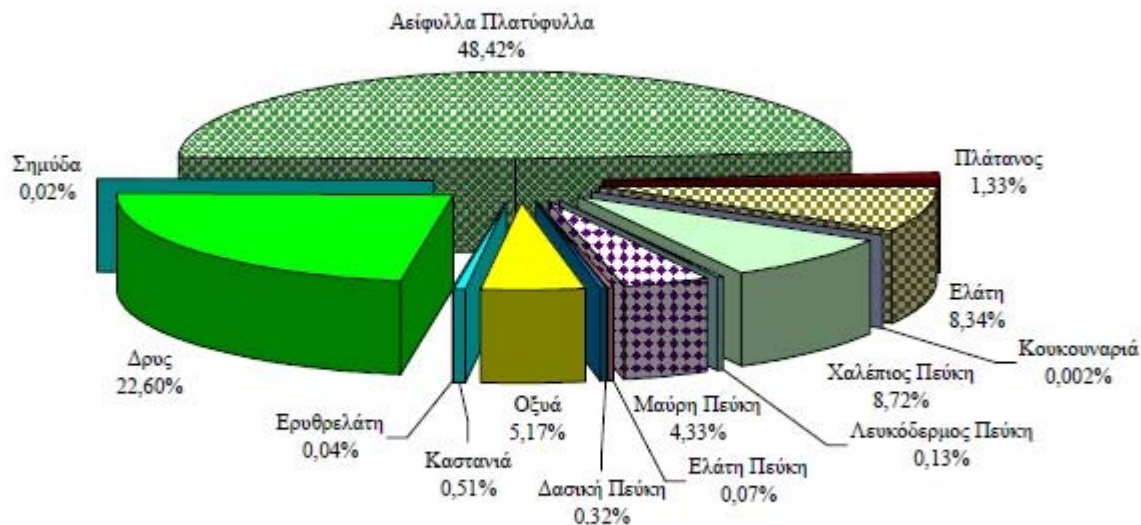
Τα δασικά οικοσυστήματα καταλαμβάνουν το 65% περίπου της χερσαίας επιφάνειας της Ελλάδος (δάση 25%, λιβάδια 40%). Αυτά παράγουν ποικιλία υλικών αγαθών όπως ξυλική βιομάζα (τεχνική και καύσιμη ξυλεία, χαρτοπολτό), καρπούς, μανιτάρια, μέλι, βότανα, συμβάλλουν στην παραγωγή και ποιότητα του νερού, την ποιότητα του αέρα, τη δέσμευση και αποθήκευση του CO₂, προσφέρουν ποικίλες άυλες υπηρεσίες όπως προστασία εδαφικών πόρων, βιοποικιλότητα, συμβάλουν στη δέσμευση και αποθήκευση του CO₂, παρέχουν ενδιαίτημα και τροφή σε πληθώρα έμβιων όντων όπως θηράματα – ιχθύες, κ.ά. Επιπρόσθετα, αυτά έχουν σημαντική πολιτιστική και αισθητική αξία καθώς προσφέρουν ευκαιρίες για ποικίλες δραστηριότητες αναψυχής (πεζοπορία, κατασκήνωση, θήρα, κ.λπ.), στοιχεία απαραίτητα για τη διατήρηση και προστασία της βιοκοινότητας, του περιβάλλοντος και εν κατακλείδι την ευζωία του ανθρώπου. Η αφθονία των αγαθών και η ποιότητα των υπηρεσιών εξαρτώνται πρωτίστως από τη σταθερότητα των οικοσυστημάτων, που είναι συνάρτηση της βιοποικιλότητας καθώς και από τις διεργασίες που επιτελούνται σε αυτά. Η ευεξία και η δυναμική αύξησης των φυτών εξαρτώνται άμεσα από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, το διαθέσιμο νερό και τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους ενώ επηρεάζονται και από συνοικολογικούς παράγοντες, όπως ο ανταγωνισμός, οι επιδράσεις της ζωοκοινότητας και των μικροοργανισμών, οι πυρκαγιές κ. ά. (Johnsen et al., 2001).

2.1. Έκταση και κατανομή των δασικών οικοσυστημάτων

Το ποσοστό της έκτασης των παραγωγικών δασών της Ελλάδας (συνολική έκταση Ελλάδος 13,194 εκατ. εκτ.) βαίνει συνεχώς αυξανόμενο σύμφωνα με τις πρόσφατες απόγραφες, που αναφέρονται στον Απολογισμό Δραστηριοτήτων Δασικών Υπηρεσιών Έτους 2008, διαθέσιμος στην ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=588&language=en-US>). Η δασοκάλυψη από 19,0% το 1964 ανήλθε σε 22,4% το 1981 και σε 24,5% το 1992.

Επομένως, περίπου το ¼ της χερσαίας επιφάνειας της χώρας μας σήμερα καλύπτεται από δάση. Στόχος θα πρέπει να είναι η διατήρηση του ποσοστού δασοκάλυψης σε συνδυασμό με την ισχυροποίηση των δασικών οικοσυστημάτων τις επόμενες δεκαετίες. Η πλειονότητα των παραγωγικών δασών βρίσκονται στη βόρεια και την κεντρική Ελλάδα, ενώ στη νότια ηπειρωτική Ελλάδα και τα νησιά ακόμη και η δασοκάλυψη είναι μικρότερη.

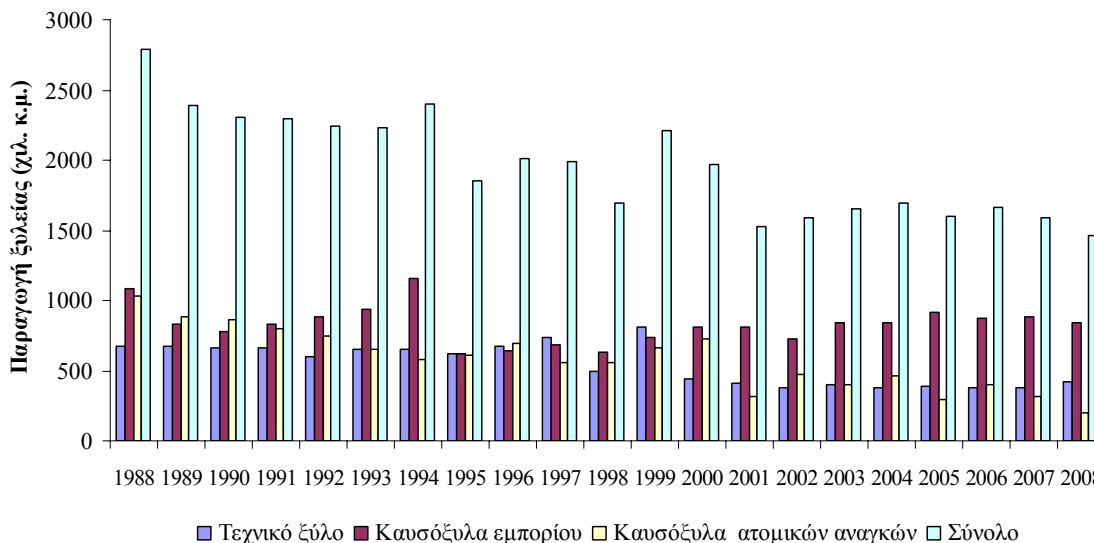
Όσον αφορά την κάλυψη κατά κατηγορία και δασοπονικό είδος (Διάγραμμα 1), τα αείφυλλα πλατύφυλλα είδη καλύπτουν σχεδόν το ήμισυ της συνολικής έκτασης, τα φυλοβόλλα πλατύφυλλα το 30% περίπου και τα κωνοφόρα το 22% των δασών της Ελλάδας. Μεταξύ των πλατύφυλλων ειδών αξιοσημείωτο ποσοστό καταλαμβάνουν τα δάση δρυός και οξυάς, ενώ μεταξύ των κωνοφόρων τα δάση των θερμόβιων χαλέπιου - τραχείας πεύκης και των ψυχρόβιων κωνοφόρων ελάτης και μαύρης πεύκης. Η έκταση των φυσικών λιβαδιών ανέρχεται σε 5,2 εκατ. εκτ. ή περίπου το 40% της Ελληνικής επικράτειας, κατανεμημένα σε 17% στην πεδινή, 32% στην ημιορεινή και 51% στην ορεινή ζώνη (Ε.Σ.Υ.Ε., 1995).



Διάγραμμα 1. Φυτοκάλυψη ανά δασοπονικό είδος στην Ελλάδα, το έτος 2008 (<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=588&language=en-US>, 2010).

2.2. Παραγωγή προϊόντων ξύλου και βοσκήσιμης ύλης στην Ελλάδα

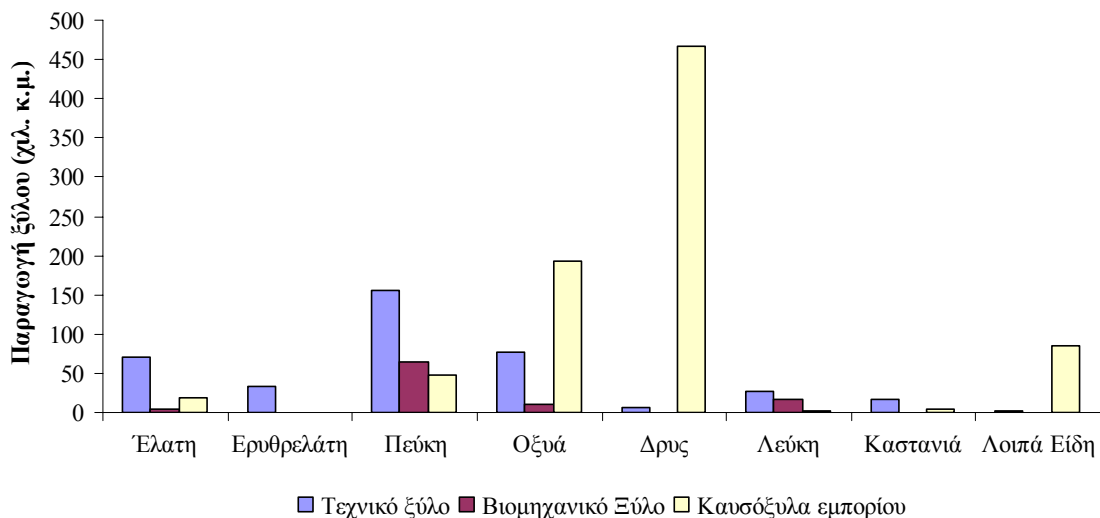
Η εγχώρια παραγωγή ξυλικών προϊόντων (κωνοφόρων και πλατύφυλλων) από το 1988 έως το 2008 ανήλθε κατά μέσο όρο σε 1.960,24 χιλ. κ.μ. ετησίως, κατανεμημένα κατά 28% σχεδόν σε τεχνική ξυλεία και 72% σε καυσόξυλα εμπορίου και ατομικών αναγκών. Η τεχνική ξυλεία και το βιομηχανικό ξύλο αποτελούν την πρώτη ύλη για τη βιομηχανία παραγωγής μεταποιημένων προϊόντων ξύλου όπως, πριστή ξυλεία οικοδομών, μοριοσανίδες, νοβοπάν, MDF, έπιπλα, κουφώματα, παρκέτα, κορνίζες κ.λπ..



Διάγραμμα 2. Ετήσια παραγωγή ξύλου (χιλ. κ.μ.) από τα Ελληνικά δάση, την περίοδο 1988-2008. (Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2010 – Απολογισμός Δραστηριοτήτων Δασικών Υπηρεσιών Έτους 2008).

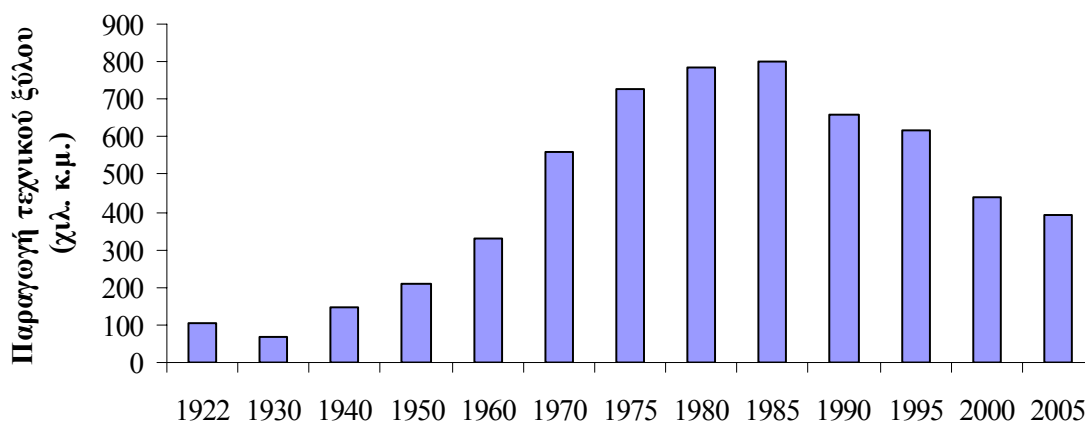
Τα δασοπονικά είδη που συνεισφέρουν περισσότερο στην παραγωγή τεχνικού ξύλου (Διάγραμμα 3) είναι η πεύκη, η ελάτη και η οξυά. Η παραγωγή τεχνικού ξύλου στην Ελλάδα αυξανόταν σταδιακά (Διάγραμμα 4) μέχρι το έτος 1985, γεγονός που αποδίδεται κυρίως στην προσπάθεια εφαρμογής ορθολογικής διαχείρισης καθώς και στον εκσυγχρονισμό συγκομιδής των δασικών προϊόντων. Έκτοτε όμως, παρατηρείται σταδιακή μείωση της συγκομιζόμενης παραγωγής σε όλες τις κατηγορίες ξύλου (Διάγραμμα 2) μολονότι είναι τεκμηριωμένο ότι η έκταση των δασών αυξήθηκε σύμφωνα με τις απογραφές των ετών 1964, 1981 και 1992. Η ετήσια παραγωγή τεχνικού ξύλου το 2008 είχε μειωθεί περίπου στο ήμισυ εκείνης του έτους 1985 και ήταν ισοδύναμη περίπου με εκείνη του έτους 1960. Η μείωση αυτή αποδίδεται, στη μη εφαρμογή ορθολογικής διαχείρισης ως συνεπακόλουθο της αποδιοργάνωσης της δασικής υπηρεσίας (τα αντικείμενα έχουν κατανεμηθεί σε διάφορα Υπουργεία), την αλλαγή της κοινωνικοοικονομικής δομής, τις εκτεταμένες πυρκαγιές και τον παραγκωνισμό της σημασίας των δασών για την οικονομία της χώρας. Η διαφορά εγχώριας παραγωγής –

εισαγωγών θα αυξάνει, τα δασικά επαγγέλματα θα εγκαταλείπονται και η παραγόμενη ποσότητα ξυλείας που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί υπό το πρίσμα της αειφορίας δεν θα υλοτομείται, εάν δεν αλλάξει η φιλοσοφία της δασικής πολιτικής. Τα τελευταία έτη σημειώθηκε μικρή αύξηση μόνο στην παραγωγή βιομηχανικού ξύλου για νοβοπάν, MDF, κόντρα πλακέ, κ.λπ., (Διάγραμμα 2), ενώ η παραγωγή καυσόξυλων έχει μειωθεί συνολικά. Αυτό οφείλεται στην αλλαγή του τρόπου θέρμανσης και στην αστυφιλία. Η παραγωγή ξυλείας γενικά στην Ελλάδα κατά την τελευταία 20ετία υπολείπεται κατά πολύ της δυναμικής των δασών και οφείλεται κυρίως στο υψηλό κόστος παραγωγής, τις φθηνές εισαγωγές ξυλείας και την αποδιοργάνωση της δασικής υπηρεσίας. Ενώ η παραγωγή τεχνικού κυρίως ξύλου μειώνεται οι ανάγκες αυξάνονται με αποτέλεσμα τη συνεχή αύξηση των εισαγωγών. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Διεύθυνσης Ανάπτυξης Δασικών Πόρων και την Ε.Σ.Υ.Ε. (2007), τα τελευταία 30 έτη που υπάρχουν καταγραφές, η εγχώρια παραγωγή καλύπτει μόλις το 30-35% των ετήσιων αναγκών της χώρας σε τεχνικό ξύλο και σχεδόν όλη τη ζήτηση σε καυσόξυλα. Το 2008 η συνολική παραγωγή τεχνική ξυλείας στην Ελλάδα ανήλθε σε 0,416 εκατ. κ.μ. και οι εισαγωγές εκτιμάται ότι ήταν τριπλάσιες (δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία) αλλά το κόστος των εισαγωγών προϊόντων ξύλου για το έτος αυτό ανήλθε σε 956 εκατ. ευρώ. Πρωταρχικός στόχος της δασικής πολιτικής πρέπει να είναι η αύξηση της παραγωγής τεχνικού ξύλου για περιορισμό των εισαγωγών, που επιβαρύνουν σημαντικά το ισοζύγιο εξωτερικών συναλλαγών της χώρας.



Διάγραμμα 3. Παραγωγή ξύλου ανά δασοπονικό είδος στην Ελλάδα το έτος 2005.
 (http://www.minagric.gr/greek/data/Apologismos_dash_2005.pdf).

Η ετησία συνολική παραγωγή υπέργειας φυτικής ύλης των λιβαδιών ανέρχεται σε 11 εκατ. τόνους, που προέρχεται κατά 70% από ποώδη και 30% από ξυλώδη είδη (Νάσσης, 1990). Με αειφορική διαχείριση το 50% της παραγωγής αυτής είναι δυνατό να αξιοποιηθεί με βόσκηση. Από πειραματικά δεδομένα και σύμφωνα με το δυναμικό παραγωγής για τα κλιματεδαφικά περιβάλλοντα της Ελλάδος υπάρχει η δυνατότητα τουλάχιστον τριπλασιασμού της παραγωγής των λιβαδιών με την εφαρμογή ορθολογικής διαχείρισης.



Διάγραμμα 4. Εγχώρια παραγωγή τεχνικού ξύλου (χιλ. κ.μ.) την περίοδο 1922-2005. (http://www.minagric.gr/greek/data/Apologismos_dash_2005.pdf και <http://www.minagric.gr/greek/2.5.2.2.html>).

2.3. Κύκλοι του άνθρακα (C) και του νερού (H₂O)

Παγκοσμίως, η συμβολή των δασικών οικοσυστημάτων στο κύκλο του άνθρακα (C) και του νερού (H₂O) είναι πολύ σημαντική. Τα δάση μπορούν να χαρακτηριστούν ως ‘αποθήκες’ του άνθρακα καθώς από το σύνολο του δεσμευμένου στους φυτικούς οργανισμούς παγκοσμίως, το 77% βρίσκεται στα δάση (Karjalainen et al., 2003). Ο άνθρακας αποθηκεύεται στους υπέργειους αλλά και στους υπόγειους ιστούς των δένδρων. Η συνολικά θετική δέσμευση του CO₂ εξαρτάται από την ποσότητα που αφομοιώνεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης, μειωμένη κατά τις απώλειες μέσω της αναπνοής (Morales et al., 2005). Ποσοτικά η υπόγεια αποθήκευση (ρίζες, ξηροφυλάδα, χούμος, οργανική ουσία) υπερτερεί εκείνης της υπέργειας. Εκτιμάται ότι τα ευρωπαϊκά δάση είναι ακόμη θετικοί απορροφητές CO₂, ωστόσο η ετήσια αποθήκευση από το 2000 έως το 2005 αντιστοιχούσε σε λιγότερο από το 10% των συνολικών εκπομπών (Prakash, 2010).

Ο ρυθμός δέσμευσης του CO₂ καθορίζεται από πληθώρα συντελεστών, όπως περιβαλλοντικοί παράγοντες, ο τύπος, η σύνθεση, η δομή, οι διαταράξεις της φυτοκοινότητας, η διαθεσιμότητα του αζώτου στο έδαφος κ.α. (Gower et al., 1996, Law et al., 2001, Whitehead et al., 2001). Για την Ελλάδα όμως, ο κρίσιμος παράγοντας της παραγωγής είναι η εδαφική υγρασία σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία που καθορίζουν τον συντελεστή αποτελεσματικότητας εξατμισοδιαπνοής. Επομένως, ακόμα και μικρές μεταβολές στον κύκλο του νερού ή την αύξηση της θερμοκρασίας μπορούν να επιφέρουν σημαντικές μεταβολές στη διαδικασία εισροής και εκροής του άνθρακα στα δασικά οικοσυστήματα (Clark et al., 2001). Υπό τις παρούσες συνθήκες, τα Ελληνικά δάση θα εξακολουθήσουν να είναι ενεργοί απορροφητές CO₂ καθώς τα δασικά οικοσυστήματά μας έχουν μεγάλα περιθώρια αναβάθμισης.

Το ύψος των κατακρημνισμάτων στη μεγαλύτερη έκταση της Ελληνικής επικράτειας είναι ικανοποιητικό για την ανάπτυξη παραγωγικών δασικών οικοσυστημάτων, μολονότι δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα στο χρόνο. Ένα μικρό σχετικά κλάσμα τους κατακρατείται στο έδαφος και αξιοποιείται από τα φυτικούς οργανισμούς. Ένα άλλο μέρος διηθείται στους υπόγειους υδροφορείς, που είναι δυνατό να αξιοποιηθεί, ενώ το μεγαλύτερο μέρος, εκτός από εκείνο που συγκρατείται στα ελάχιστα φράγματα, απορρέει επιφανειακά σε χειμάρρους, ποταμούς, λίμνες, και θάλασσες. Το έντονο ανάγλυφο και το υποβαθμισμένο των φυσικών οικοσυστημάτων στην Ελλάδα διευκολύνει τη χειμαρρική απορροή της μεγαλύτερης ποσότητας των κατακρημνισμάτων. Εκτιμάται ότι το 80% του συνόλου των κατακρημνισμάτων χάνονται στη θάλασσα, παρασύροντας μάλιστα ετησίως και έδαφος όγκου όσο το νησί της Πάτμου ύψους 3 μ. Τα δασικά οικοσυστήματα είναι οι καλύτεροι ρυθμιστές της απορροής, της προστασίας των εδαφικών πόρων και της φυσικής αποταμίευσης του νερού. Συνεπώς για να βελτιωθεί η υδατική οικονομία της χώρας μας είναι ανάγκη να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα στην προστασία και την ποιοτική αναβάθμιση των δασικών οικοσυστημάτων.

2.4. Πυρκαγιές

Η ένταση και η συχνότητα των πυρκαγιών εξαρτάται από την ποσότητα της εύφλεκτης βιομάζας, τις υψηλές θερμοκρασίες, την παρατεταμένη ξηρασία και την ταχύτητα του ανέμου. Στον Ελλαδικό χώρο οι πυρκαγιές είναι πολύ συχνές, υποβαθμίζοντας τη δομή, τη σύνθεση και τη λειτουργία των δασικών οικοσυστημάτων και περιορίζοντας τις ευεργετικές επιδράσεις τους. Τα έτη 1990-2000 εκδηλώθηκαν 18.545 πυρκαγιές που κατέκαυσαν 519.745 εκτ. γης, εκ των οποίων το 49% ήταν παραγωγικά δάση (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2010). Τα έτη 2000-2010 (Γκουρμπάτσης, 2010) εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα συνολικά 111.642 πυρκαγιές που αποτεφρώσαν 611.706 εκτ. αγροτοδασικής γης (δεν υπάρχει διαχωρισμός δασικών πυρκαγιών). Δηλ. κατά μέσο όρο αποτεφρώθηκαν 52 χιλ. εκτ. δασικής γης ετησίως τη δεκαετία 1990-2000 και 61 χιλ. εκτ. αγροτοδασικής γης τη δεκαετία 2000-2010. Οι προβλέψεις (Hennessy et al., 2007) είναι δυσοίωνες καθώς η συχνότητα των ημερών υψηλού κινδύνου πυρκαγιών αναμένεται να αυξηθεί από 15% έως και 70% μέχρι το 2050. Για την Ελλάδα, σύμφωνα με τους Giannakopoulos et al. (2009), η περίοδος αυξημένου κινδύνου πυρκαγιών θα επεκταθεί από 2 έως 6 εβδομάδες, για τα Σενάρια B2 και A2 όπως προκύπτει από την εφαρμογή του υποδείγματος HadCM3. Είναι γεγονός ότι πολλές από τις δασικές φυτοκοινότητες είναι προσαρμοσμένες στις πυρκαγιές και αυτοαναγεννώνται. Με επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές όμως και σε βάθος χρόνου, ευνοείτε η εγκατάσταση θαμνώδους και φρυγανώδους βλάστησης, εις βάρος της δενδρώδους. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την αύξηση της έντασης και της συχνότητας των έντονων βροχοπτώσεων, μεγεθύνει σημαντικά τον κίνδυνο εμφάνισης έντονων διαβρωτικών φαινομένων και της πρακτικά μη αναστρέψιμης υποβάθμισης του εδαφικού πόρου. Η πρόβλεψη για το μέλλον είναι δυσοίωνη εφόσον δεν αλλάξει η φιλοσοφία ώστε να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα στην πρόληψη και την οργάνωση της δασοπυρόσβεσης, εμπλέκοντας ενεργά όλους τους φορείς, καθώς αναμένονται μεγαλύτερες και εντονότερες πυρκαγιές και φυσικά το κόστος θα είναι πολύ υψηλότερο.

2.5. Ακραία καιρικά φαινόμενα

Η συχνότητα και η ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως παρατεταμένη ξηρασία και οι έντονες βροχοπτώσεις που προβλέπεται να αυξηθούν, θα έχουν ποικίλες άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στους φυτικούς οργανισμούς και τα οικοσυστήματα, ως προς τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τη σταθερότητα του εδαφικού πόρου και τις ζημιές από πυρκαγιές, πλημμύρες και ασθένειες (Dale et al., 2001, Hódar et al., 2003). Στην Ελλάδα οι καύσωνες και η ξηρασία είναι συχνά φαινόμενα. Το θέρος του 1989 υπήρξε παρατεταμένη ξηρασία και υψηλές θερμοκρασίες που ζημίωσαν πολλά Ελληνικά δάση. Στο Πανεπιστημιακό δάσος Περτουλίου, Τρικάλων, για το οποίο υπάρχουν μετρήσεις, ξηράθηκε το 10% του ξυλαποθέματος των δένδρων ελάτης, ενώ πανελλαδικά καταστράφηκαν από πυρκαγιές σχεδόν 200 χιλ. εκτ. γης. Η πιο πρόσφατη χαρακτηριστική περίπτωση μείωσης της δασικής παραγωγής πανευρωπαϊκά, δηλ. σε περιοχές με πολύ διαφορετική δομή και σύνθεση της βλάστησης αλλά και εδαφικές συνθήκες, εξαιτίας παρατεταμένης ξηρασίας και καύσωνα κατά τους θερινούς μήνες παρατηρήθηκε το 2003. Το έτος αυτό, η μέση θερμοκρασία αέρα τον Ιούλιο υπερέβη τους 6 °C του μέσου όρου του μηνός και οι βροχοπτώσεις ήταν κατά 50% λιγότερες. Η συνολική πρωτογενής παραγωγή των δασών (πεύκης, δρυός, οξυάς, ελάτης και ερυθρελάτης) στην κεντρική Ευρώπη (Γερμανία, Γαλλία, Δανία, Βέλγιο) αλλά και στη Μεσογειακή ζώνη (Ισπανία, Ιταλία, νότια Γαλλία) εκτιμήθηκε ότι ζημιώθηκε κατά μέσο όρο 30% σε σύγκριση με το 2002 (Ciais et al., 2005). Κατά συνέπεια, τα ακραία καιρικά φαινόμενα θα έχουν σημαντικές επιπτώσεις τόσο στην αύξηση των φυτών όσο και στη γενική σταθερότητα των φυσικών οικοσυστημάτων αλλά και στον κοινωνικοοικονομικό ιστό.

2.6. Στάθμη της θάλασσας

Κατά τη διάρκεια του 20^{ού} αιώνα παρατηρήθηκε αύξηση της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας της συνεχούς αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του αέρα σε όλο τον πλανήτη

που έχει έως συνέπεια το λιώσιμο των πάγων των αρκτικών περιοχών. Στη Μεσόγειο κατά την περίοδο 1880 – 2000 η μέση ετήσια αύξηση της στάθμης της θάλασσας υπολογίστηκε σε 1,1 χλστ. – 1,2 χλστ. (Nicholls and Hoozemans, 1996). Ακόμα και αν περιοριστούν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, η άνοδος της θερμοκρασίας και το λιώσιμο των πάγων θα συνεχιστούν, συνεπώς και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας. Λόγω του έντονου ανάγλυφου στον Ελλαδικό χώρο, οι επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στα δασικά οικοσυστήματα είναι ελάχιστα εμφανείς επί του παρόντος.

3. Φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στα δασο-λιβαδικά οικοσυστήματα

Τον 21^ο αιώνα αναμένεται αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στην Ελλάδα κατά μέσο όρο από περίπου 3 °C (B2) έως 4,5 °C (A2) καθώς και μείωση της ποσότητας των κατακρημνισμάτων. Ήδη κατά τον 20^ό αιώνα διαπιστώθηκε μείωση του μέσου ετήσιου ύψους των κατακρημνισμάτων από περίπου 550 χλστ. το έτος 1900, σε 490 χλστ. το 2000, μείωση που υπερβαίνει το 10% και εκτιμάται ότι η τάση αυτή θα συνεχιστεί και τις επόμενες δεκαετίες (Ζερεφός, 2009). Σύμφωνα με το Σενάριο B2 στην Ελλάδα, η μείωση των κατακρημνισμάτων κατά μέσο όρο θα είναι 35 χλστ., ενώ με το Σενάριο A2, 84 χλστ. Η συνολική μείωση των κατακρημνισμάτων το έτος 2100 όμως δεν θα είναι ομοιόμορφη σε όλη την Ελληνική επικράτεια καθώς αναμένεται μείωση των κατακρημνισμάτων σε όλη την ηπειρωτική χώρα (όπου βρίσκονται τα παραγωγικά δάση της χώρας) και αύξηση στα νησιά του Αιγαίου πελάγους (εκτός της Κρήτης).

Οι επικείμενες κλιματικές μεταβολές (άνοδος της θερμοκρασίας και μείωση των κατακρημνισμάτων) θα επηρεάσουν αρνητικά το διαθέσιμο εδαφικό νερό και το δυναμικό εξατμισοδιαπνοής, παράγοντες που ουσιαστικά καθορίζουν το επίπεδο παραγωγής, τη σταθερότητα και συνεπώς την επιβίωση των φυσικών οικοσυστημάτων. Οι αναμενόμενες μεταβολές θα προκαλέσουν:

- Μείωση παραγωγής βιομάζας και χαμηλότερης ποιότητας τεχνική ξυλεία, με υψηλότερο κόστος παραγωγής.
- Μείωση της πυκνότητας της βλάστησης και έκθεση του εδάφους σε επιφανειακή και χαραδρωτική διάβρωση.
- Μείωση της ρυθμιστικής ικανότητας απορροής των κατακρημνισμάτων και συνεπώς μειωμένη παραγωγή χρησιμοποιήσιμου νερού.
- Αύξηση του κινδύνου πυρκαγιών και πλημμυρών.
- Μείωση του εισοδήματος, υποβάθμιση του βιοτικού επιπέδου στον ορεινό χώρο και εμφάνιση του φαινομένου ερημοποίησης με συνεπακόλουθο την αστυφιλία.

Η εκτίμηση των επιπτώσεων των αναμενόμενων κλιματικών μεταβολών στα δάση εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων που αλληλεπιδρούν για να προκύψει το τελικό αποτέλεσμα. Η δυσκολία προέρχεται κυρίως από το γεγονός ότι τα μοντέλα θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά και αξιόπιστα για μακρές χρονικές περιόδους, σε αντίθεση με τις αγροτικές καλλιέργειες, οι οποίες αναπτύσσονται συνήθως εποχιακά ή το πολύ για σχετικά βραχυχρόνια διαστήματα. Κατά τη διάρκεια όμως των μακροχρόνιων περιόδων συχνά συμβαίνουν ποικίλες μεταβολές στις κλιματικές συνθήκες, το στάδιο ανάπτυξης των δένδρων καθώς και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών και τις ανάγκες των ειδών σε σχέση με την ηλικία τους, την υδραυλική αγωγιμότητα, την αναλογία καταβολικού και αναβολικού ιστού, την ικανότητα παραγωγής ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας κ.ά. που η ενσωμάτωσή τους στα μοντέλα πρόβλεψης προϋποθέτουν την εις βάθος κατανόηση των οικολογικών και βιολογικών παραγόντων που εμπλέκονται στην δυναμική της παραγωγής. Η επιστήμη έχει κάνει άλματα και σήμερα είναι σε θέση με ικανοποιητική προσέγγιση να παρέχει αξιόπιστες προβλέψεις σε αρκετούς τομείς που αφορούν την επίπτωση των κλιματικών μεταβολών σε παραμέτρους των δασικών και λιβαδικών οικοσυστημάτων.

3.1. Επιπτώσεις στην έκταση και κατανομή των δασικών οικοσυστημάτων

Ο κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει τη χωρική εξάπλωση των ειδών στη Μεσογειακή ζώνη είναι η ποσότητα και η κατανομή των κατακρημνισμάτων, ενώ στα υψηλά όρη οι χαμηλές θερμοκρασίες. Η αναμενόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα ενδέχεται να επιφέρει περιορισμένης έκτασης μεταβολές στη σύνθεση της βλάστησης των δασών και των λιβαδιών σε τοπικό επίπεδο. Τα δασικά είδη που θα πληγούν περισσότερο είναι εκείνα τα οποία αναπτύσσονται σε οριακές θέσεις του γεωγραφικού εύρους εξάπλωσής τους από άποψη εδαφικής υγρασίας και θερμοκρασίας (Royce and Barbour, 2001). Με την εφαρμοζόμενη (σημερινή) στρατηγική διαχείρισης και χωρίς να ληφθούν πρόσθετα μέτρα εκτιμάται ότι, εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών έως το έτος 2100, θα υπάρξει χωρική ανακατανομή των δασών της χώρας και η συγκόμωση των

δασών συνολικά θα μειωθεί. 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 (τα κυρίως παραγωγικά δάση) προς την υπαλπική ζώνη, όπου όμως υπάρχει περιορισμένος χώρος επέκτασης και συνεπώς αυτά αναμένεται να συρρικνωθούν. Επομένως, εκτός από τα δάση φυλλοβόλων ειδών της ορεινής ζώνης και των ψυχρόβιων κωνοφόρων, δεν προβλέπεται να μεταβληθούν σημαντικά οι υπάρχουσες κατηγορίες δασοκάλυψης και ακόμη περισσότερο να εξαφανιστεί σημαντικός αριθμός σπάνιων και επαπειλούμενων ειδών φυτών στον Ελλαδικό χώρο, αλλά αυτά αναμένεται να μετακινηθούν σε μεγαλύτερα υψόμετρα και γεωγραφικά πλάτη (Díaz and Cabido, 1997). Οι ποσοτικοποιημένες διαφορές σε σχέση με την υπάρχουσα εξάπλωση των δασών που εκτιμήθηκαν με βάση τις προβλέψεις των Σεναρίων A2 (+3.1 °C και -35 χλστ. κατακρ.) και B2 (+ 4.8 °C και -84 χλστ. κατακρ.) είναι (Kräuchi and Kienast, 1993, Sykes and Prentice, 1996, Peñuelas and Boada, 2003, de Dios et al., 2007):

- 1) Αύξηση των εκτάσεων των δασών των θερμόβιων κωνοφόρων και αείφυλλων πλατύφυλλων περίπου κατά 2% ή 8.000 εκτ. (B2) έως 3% ή 12.000 εκτ. (A2).
- 2) Συρρίκνωση των εκτάσεων των δασών ερυθρελάτης, ελάτης, οξυάς, καστανιάς και μαύρης πεύκης περίπου κατά 4% ή 10.000 εκτ. (B2) έως 8% ή 20.000 εκτ. (A2) καθώς και η υψομετρική άνοδος κατά 100 μ. (B2) έως 150 μ. (A2) περίπου του ανώτερου και κατώτερου εύρους εξάπλωσης των δασών δρυός.
- 3) Συνολικά η έκταση που καταλαμβάνουν τα δάση δρυός δεν αναμένεται να μεταβληθεί σημαντικά.

Τα δασικά οικοσυστήματα ξηρόφιλων πλατυφύλλων και τα θερμόβιων κωνοφόρων της Ελλάδος έχουν εξελικτικά προσαρμοστεί στις κλιματικές συνθήκες όπου απαντώνται ενώ στην ύφυγη και υγρή μεσογειακή ζώνη επικρατούν είδη ανθεκτικά στις χαμηλές θερμοκρασίες, παρόμοια με αυτά των δασών της κεντρικής Ευρώπης (οξυά, ελάτη, μαύρη πεύκη κ.λπ.). Είναι τεκμηριωμένο (Lloyd, 1997, Jump et al., 2006) ότι η επέκταση

των δασικών ειδών σε άλλες περιοχές εκτός του υφισταμένου γεωγραφικού εύρους εξάπλωσης, θα είναι σαφώς πιο ταχεία σε σύγκριση με το ρυθμό απόσυρσης των ειδών αυτών καθώς ο ρυθμός αναπαραγωγής και διάδοσης των δασικών ειδών είναι συνήθως μεγαλύτερος από το ρυθμό θνησιμότητάς τους στα κατώτερα όρια εξάπλωσής τους. Η χωρική κατανομή των δασών αναμένεται να επηρεαστεί και από τις ανθρωπογενείς επιδράσεις, οι οποίες όταν είναι έντονες επιτείνουν την χωρική ανακατανομή των δασικών ειδών και συχνά προκαλούν αναταράξεις στη σύνθεση της φυτο- και της ζωοκοινότητας καθώς και στον κοινωνικό και οικονομικό ιστό των τοπικών κοινωνιών. Από τη χωρική ανακατανομή και τη μείωση της έκτασης των παραγωγικών δασών κατά μέσο όρο από 160 (B2) έως 320 (A2) χιλ. εκτ., αναμένεται μείωση της παραγωγής βιομάζας ξύλου κατά 0,5 κ.μ./εκτ./έτος και συνολικά 80 χιλ. και 160 χιλ. κ.μ. για τα αντίστοιχα Σενάρια.

Η αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με τη μείωση των κατακρημνισμάτων θα αυξήσουν τον κίνδυνο ερημοποίησης των παράκτιων κυρίως περιοχών στη νότια και τη νησιωτική Ελλάδα που σήμερα καλύπτονται από τις διαπλάσεις των θερμόβιων κωνοφόρων και αείφυλλων πλατύφυλλων. Εκτιμάται ότι περίπου το 1% ή 4.000 εκτ. έως 2% ή 8.000 εκτ. της συνολικής δασοκάλυψης των δασών αυτών έχει αυξημένη πιθανότητα να ερημοποιηθεί (Le Houérou, 1996), Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2009) και να μετατραπεί από δάσος σε λιβάδι.

3.2. Φαινολογικές μεταβολές, παραγωγή προϊόντων ξύλου και βοσκήσιμης ύλης

Έχει τεκμηριωθεί ότι η αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κατά 1 °C επιφέρει αύξηση της διάρκειας της αυξητικής περιόδου κατά 5 ημέρες τόσο στην Ευρώπη (Chmielewski and Rötzer, 2001) όσο και στις Η.Π.Α. (White et al., 1999). Την 30ετία 1969-1998 διαπιστώθηκε ότι η έναρξη της αυξητικής περιόδου για τέσσερα (4) ευρέως διαδεδομένα φυλλοβόλα είδη δένδρων στην Ευρώπη (*Betula pubescens*, *Prunus avium*, *Sorbus aucuparia*, *Ribes alpinum*) επήλθε κατά μέσο όρο 8 ημέρες νωρίτερα και η ετήσια

διάρκειά της (μέσος όρος 188 ημέρες) αυξήθηκε κατά 5 ημέρες περίπου (Chmielewski and Rötzer, 2001). Παρόμοια αποτελέσματα ανακοινώθηκαν και στη βορειοανατολική Ισπανία (Ορη Montseny, Καταλονία) όπου εξαιτίας της ανόδου της θερμοκρασίας κατά 1,4 °C την περίοδο 1952-2000 μεταβλήθηκε η φαινολογία τόσο των φυτικών όσο και των ζωικών (πτηνά – έντομα) οργανισμών (Peñuelas et al., 2002, Peñuelas and Boada, 2003). Αντίθετα, στην ευρύτερη περιοχή των Δαλματικών Άλπεων στη Βαλκανική χερσόνησο (Σερβία, Βοσνία – Ερζεγοβίνη, Κόσσοβο, Αλβανία, Βουλγαρία, F.Y.R.O.M. και μικρό τμήμα της βόρειας Ελλάδας) παρατηρήθηκε μικρή μείωση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας την εποχή της Άνοιξης κατά το δεύτερο ήμισυ του 20^{ου} αιώνα, η οποία είχε ως αποτέλεσμα τη μικρή καθυστέρηση της έναρξης της αυξητικής περιόδου (Chmielewski and Rötzer, 2001). Φυσικά οι φαινολογικές διαφοροποιήσεις έναρξης και διάρκειας της αυξητικής περιόδου που αποδίδονται στην αύξηση της θερμοκρασίας είναι παρόμοιες για τα περισσότερα είδη (Chuine et al., 1999, Kramer et al., 2000). Η διεύρυνση της αυξητικής περιόδου σε περιοχές όπου υπάρχει επάρκεια εδαφικού νερού και θρεπτικών στοιχείων, όπως στη βορειοδυτική Ελλάδα, θα συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγής. Εκτιμάται ότι η έναρξη της αυξητικής περιόδου στη χώρα μας θα συμβεί από 1-2 εβδομάδες νωρίτερα (Σενάριο B2) έως και 2-3 εβδομάδες (Σενάριο A2) και ότι η συνολική αύξηση της διάρκειας της αυξητικής περιόδου θα κυμανθεί από 10 έως 15 ημέρες, γεγονός που θα έχει θετική συμβολή στην παραγωγή των δασών και των λιβαδιών, καθώς τη χειμερινή περίοδο υπάρχει επάρκεια εδαφικής υγρασίας.

Είναι τεκμηριωμένο επίσης ότι η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ που παρατηρείται κατά τις τελευταίες δεκαετίες στην ατμόσφαιρα και η οποία αναμένεται να συνεχιστεί κατά τον 21^ο αιώνα θα συμβάλλει στην αύξηση της δασικής παραγωγής, όπου υπάρχει επάρκεια εδαφικής υγρασίας και θρεπτικών στοιχείων. Στη βορειοδυτική Ελλάδα, όπου το ύψος των κατακρημνισμάτων είναι σχετικά υψηλό, ενδέχεται να υπάρξει αύξηση της δασικής και λιβαδικής παραγωγής λόγω της αύξησης της συγκέντρωσης του CO₂ και της μέσης θερμοκρασίας του αέρος, με την προϋπόθεση ότι η μείωση των κατακρημνισμάτων δεν θα είναι σημαντική. Σε περιοχές όμως όπως η νότια και ανατολική ηπειρωτική χώρα και η Κρήτη είναι πιθανότερο η θετική συμβολή του CO₂ να

υπερκερασθεί από την αρνητική επίπτωση της αυξημένης θερμοκρασίας που προκαλεί αυξημένη εξατμισοδιαπνοή και αυξημένο ενεργειακό κόστος φωτοσύνθεσης καθώς και από τον περιορισμό των κατακρημνισμάτων.

Οι κλιματικές μεταβολές αναμένεται να επηρεάσουν άμεσα και έμμεσα τη συνολική παραγωγή βιομάζας των δασών και κυρίως τεχνικού ξύλου καθώς προβλέπεται να μειωθεί η παραγωγή αλλά και να αυξηθεί η ευπάθεια των δασικών ειδών στους παθογόνους μικροοργανισμούς. Τα έντομα και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι πιθανό να ευνοηθούν από τις κλιματικές μεταβολές και να προσβάλλουν με μεγαλύτερη συχνότητα τα δασικά είδη μειώνοντας τη συνολική παραγωγή και την ποιότητα του παραγόμενου τεχνικού ξύλου. Τέτοια φαινόμενα έχουν ήδη παρατηρηθεί στην Ιβηρική χερσόνησο σε είδη δρυός και πεύκης, στον Καναδά σε είδη κωνοφόρων καθώς και στη χώρα μας με την εισβολή του κόκκινου σκαθαριού (*Rhynchophorus ferrugineus*) στα φοινικοδάση της Κρήτης (Thymakis et al., 2006, Θυμάκης κ. ά., 2009). Τα είδη αυτά προσβάλλονται σε ευρεία κλίμακα από έντομα και μικροοργανισμούς τα οποία ευνοήθηκαν από τις υψηλότερες θερμοκρασίες, την παρατεταμένη ξηρασία πιθανώς ακόμη και από τις έντονες βροχοπτώσεις και τις πλημμύρες (de Dios et al., 2007).

Συνολικά στην Ελλάδα, σύμφωνα με τις προβλέψεις του υποδείγματος BIOME3 (<http://aede.osu.edu/people/sohngen.1/forests/GTM/index.htm>), αναμένεται να υπάρξει μείωση της παραγωγής ξυλείας κατά μέσο όρο περίπου 27% (B2) έως 35% (A2) έως το 2100. Δηλαδή η αναμενόμενη μείωση στην παραγωγή βιομάζας ξύλου με το μέσο όρο των τελευταίων 21 ετών (1960 χιλ. κ.μ., ΥΠΕΚΑ 2010) για τα Σενάρια B2 και A2 υπολογίζεται σε 529,2 χιλ. κ.μ. με 686 χιλ. κ.μ. το 2100 (Sohngen and Sedjo, 2005). Ταυτόχρονα, η μείωση των κατακρημνισμάτων αναμένεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στη λιβαδική παραγωγή (Παπαναστάσης, 1982) η οποία εκτιμάται ότι θα μειωθεί κατά μέσο όρο 10% (B2), που όμως με βάση το Σενάριο A2 ενδέχεται να είναι έως και 25%. Η μείωση της λιβαδικής παραγωγής εκτιμάται σε 120 χλγρ./εκτ. (B2) και 300 χλγρ./εκτ. (A2), το 2100. Δεδομένου ότι στην Ελλάδα υπάρχουν σήμερα περίπου 5,2 εκατ. εκτ.

λιβαδίων, η βοσκήσιμη ύλη για το σύνολο της χώρας θα μειωθεί κατά 312 χιλ. τόνους (B2) έως 780 χιλ. τόνους (A2) το 2100.

3.3. Κύκλοι του άνθρακα (C) και του νερού (H₂O)

Οι κύκλοι του άνθρακα (C) και του νερού (H₂O) είναι αλληλένδετοι καθώς αυξημένη φωτοσύνθεση συνεπάγεται αυξημένη εξατμισοδιαπνοή του νερού, στοιχείο απαραίτητο για τη δράση των μικροοργανισμών αποσύνθεσης της βιομάζας. Στα μεσογειακά περιβάλλοντα, η διαθέσιμη εδαφική υγρασία αποτελεί συνήθως τον κρίσιμο περιοριστικό παράγοντα για τις διεργασίες αυτές. Μεταβολές στους δύο αυτούς κύκλους είναι πολύ πιθανό να έχουν περαιτέρω επιπτώσεις στο μέγεθος και την ταχύτητα των κλιματικών μεταβολών. Ακόμα και μικρές μεταβολές στη θερμοκρασία, το ύψος και την κατανομή των κατακρημνισμάτων είναι ικανές να επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στην οικοφυσιολογία, τις υδραυλικές ιδιότητες και τις βιοχημικές διεργασίες των φυτών, επηρεάζοντας το δυναμικό αύξησης, δηλ. δέσμευσης CO₂ (Davis, 2006) καθώς και το ρυθμό αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας από τους μικροοργανισμούς του εδάφους (έκκλιση CO₂).

Για τα δάση της Ευρώπης συνολικά (Karjalainen et al., 2003) εκτιμάται ότι το ισοζύγιο αποθήκευσης C θα είναι θετικό για τα επόμενα 50 έτη λόγω της δυνατότητας αύξησης του ξυλαποθέματος το οποίο θα ευνοηθεί από την αναμενόμενη αύξηση συγκέντρωσης του CO₂ και της θερμοκρασίας. Παρόλα αυτά σημαντικές διαφοροποιήσεις θα υπάρξουν σε τοπικό επίπεδο. Τέτοιες χωρικές διαφοροποιήσεις έχουν ήδη καταγραφεί και είναι μεγαλύτερες στη Μεσογειακή ζώνη σε σχέση με τα δάση των βορειότερων Ευρωπαϊκών χωρών (Hoff et al., 2002). Η προβλεπόμενη άνοδος της μέσης θερμοκρασίας αέρα τους χειμερινούς μήνες αναμένεται να αυξήσει το ρυθμό φωτοσύνθεσης και κατ' επέκταση τη δέσμευση του CO₂ από τα δένδρα. Αντίθετα, η άνοδος της θερμοκρασίας κατά τους θερινούς μήνες σε συνδυασμό με τον περιορισμό των κατακρημνισμάτων αναμένεται να προκαλέσει στρες στα φυτά μειώνοντας σημαντικά το ρυθμό φωτοσύνθεσης και το

ρυθμό δέσμευσης του CO₂. Με την αύξηση της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης του CO₂ προφανώς θα υπάρξει θετικό ισοζύγιο σε περιοχές όπου η ποσότητα των κατακρημνισμάτων προβλέπεται να αυξηθεί (π.χ. νησιά Αιγαίου), και αντίθετα θα είναι αρνητικό για περιοχές όπου αναμένεται μείωση των κατακρημνισμάτων (π.χ. κεντρική και νότια ηπειρωτική χώρα). Επίσης, ενδέχεται στην Ελλάδα, το ισοζύγιο δέσμευσης του C να είναι θετικό τις πρώτες δεκαετίες αλλά με τη σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας, τις επόμενες να είναι αρνητικό. Στο αρνητικό ισοζύγιο θα συμβάλουν και οι καταστροφικές πυρκαγιές, οι οποίες θα επαναφέρουν στην ατμόσφαιρα μεγάλο ποσοστό του δεσμευμένου άνθρακα καθώς έχουν αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης λόγω της συνδυασμένης αύξησης της θερμοκρασίας και των παρατεταμένων ξηρών περιόδων.

Με τη χρήση του υποδείγματος BIOME3 για την Ελλάδα εκτιμάται ότι για τα Σενάρια B2 και A2 (<http://aede.osu.edu/people/sohngen.1/forests/GTM/index.htm>) ο ρυθμός δέσμευσης του C από τα δάση θα έχει μειωθεί κατά 25% και 35% αντίστοιχα το έτος 2050 και κατά 7% και 15% επιπλέον ως το 2100. Η μείωση του ρυθμού δέσμευσης του C εκτιμάται ότι θα προκαλέσει ποικίλλες μεταβολές της παραγωγικότητας των δασών και των λιβαδιών εξαρτώμενες από τη σύνθεση της βλάστησης, την ποιότητα του εδάφους και την εφαρμοζόμενη διαχείριση.

Με την αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας και της συχνότητας εμφάνισης και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων αναμένεται αραίωση της βλάστησης με αποτέλεσμα τη μείωση της ποσότητας του διαθέσιμου χρησιμοποιήσιμου ύδατος λόγω της μεγαλύτερης επιφανειακής απορροής και της μειωμένης βαθιάς διήθησης εμπλουτισμού των υπόγειων υδάτων. Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα ως το έτος 2100 καθώς και η επικείμενη συχνότερη εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων εκτιμάται ότι θα επιφέρει μείωση της παραγωγής του χρησιμοποιήσιμου ύδατος από 25% (Σενάριο B2) ως και 40% (Σενάριο A2) (Arnell, 1999, Arora and Boer, 2001, Mariotti and Struglia, 2002).

3.4. Αριθμός συμβάντων και έκταση των δασικών πυρκαγιών

Εξαιτίας της συνδυασμένης αύξησης θερμοκρασίας (καύσωνες) και των παρατεταμένων περιόδων ξηρασίας αναμένεται να αυξηθεί η επικινδυνότητα εμφάνισης πυρκαγιών και η σφοδρότητά τους καθώς η φυτική βιομάζα θα είναι πιο εύφλεκτη και η κατάσβεση λιγότερο αποτελεσματική. Προβλέπεται ότι η συχνότητα εμφάνισης πυρκαγιών, δηλαδή ο μέσος χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών πυρκαγιών στον ίδιο τόπο αναμένεται να μειωθεί κατά 10-25% περίπου (Mouillot et al., 2002), εξαρτώμενο από τον επικρατούντα τύπο βλάστησης και ανάλογα με το Σενάριο που θα επικρατήσει, με τα φρυγανολίβαδα και τη μακκία βλάστηση να πλήττονται συχνότερα. Τα δάση της νότιας ηπειρωτικής χώρας και της Κρήτης αναμένεται να ζημιωθούν περισσότερο (Giannakopoulos et al., 2009, Carvalho et al., 2010). Επιπλέον, ο αριθμός των πυρκαγιών και η συνολική καμένη έκταση ετησίως στην Ελλάδα και στις άλλες Μεσογειακές χώρες της νότιας Ευρώπης θα αυξηθούν κατά 10% (Σενάριο B2) έως 20% (Σενάριο A2), δηλαδή περίπου 20.000 εκτ. ως 40.000 εκτ. θα καίγονται στην Ελλάδα ετησίως πλέον των σημερινών (Torn et al., 1999, Flannigan et al., 2000, Moriondo et al., 2006, Giannakopoulos et al., 2009, Carvalho et al., 2010, Schelhaas et al., 2010). Έως το έτος 2070, πιο ευάλωτη θεωρείται σχεδόν όλη η νότια ηπειρωτική χώρα, εκτός της δυτικής Ελλάδας και της κεντρικής Πελοποννήσου. Το 2100 στις περιοχές υψηλού κινδύνου προστίθενται η Κρήτη, η δυτική και η κεντρική Πελοπόννησος (Giannakopoulos et al., 2007) ακόμη και η Β. Ελλάδα (Δημητρακόπουλος Α., προσωπική επικοινωνία). Το συνολικό κόστος κατάσβεσης και ζημιών από πυρκαγιές, όπως έχει εκτιμηθεί, σήμερα ανέρχεται σε περισσότερο από € 400 εκατ. ετησίως. Με την αναμενόμενη κλιματική μεταβολή θα αυξηθεί κατά € 40 εκατ. (B2) έως € 80 εκατ. (A2).

3.5. Ακραία καιρικά φαινόμενα

Η πρόβλεψη για τη συχνότητα, την ένταση και τη διάρκεια των ακραίων καιρικών φαινομένων εμπεριέχει αυξημένα ποσοστά αβεβαιότητας (Gritti et al., 2006, de Dios et

al., 2007, La Porta et al., 2008). Ωστόσο, τα αποτελέσματα των περισσότερων ερευνών συγκλίνουν στο ότι τέτοια συμβάντα θα πλήξουν τις χώρες της Μεσογείου συχνότερα και δριμύτερα σε σχέση με ότι γνωρίζαμε μέχρι σήμερα. Προβλέπεται δηλαδή αύξηση του ετήσιου αριθμού ημερών με συνθήκες καύσωνα, αύξηση της συχνότητας και της έντασης των καταιγίδων, των πλημμυρών και των παρατεταμένων περιόδων ξηρασίας κατά τη θερινή περίοδο. Με τις δομικές αλλαγές των δασών, όπως τη μείωση της συγκόμωσης, και τα αναμενόμενα εντονότερα ακραία καιρικά φαινόμενα, εκτιμάται ότι θα αυξηθεί η επιφανειακή απορροή και η διάβρωση κατά 16% (B2) έως 30% (A2). Αυτή θα προέλθει από την αύξηση των καμένων εκτάσεων (10%-20%), από τα ακραία καιρικά φαινόμενα (4%-7%) και από την αραίωση της βλάστησης των δασικών οικοσυστημάτων (2%-3%). Συνέπεια αυτών θα είναι ο περιορισμός της βαθιάς διήθησης και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων (Sánchez et al., 2004, Semmler and Jacob, 2004). Αυτό, σε συνδυασμό με την αναμενόμενη αύξηση της εξατμισοδιαπνοής, θα έχει ως συνέπεια τη μείωση της ποσότητας του διαθέσιμου χρησιμοποιήσιμου ύδατος (Arora and Boer, 2001) κατά 25% (B2) έως 40% (A2) δηλ. 5 δισεκ. (B2) έως 8 δισεκ. (A2) κ.μ. το έτος 2100. Συνεπακόλουθα, αναμένεται μείωση και στην αξία των άυλων αγαθών και λοιπών περιβαλλοντικών υπηρεσιών που εκτιμάται ότι θα ανέρχεται στο 5%-10% της σημερινής αξίας τους (de Dios et al., 2007, Founda and Giannakopoulos, 2007).

Αναμένεται να υπάρξουν μεταβολές στη σύνθεση της βλάστησης σε δάση και λιβάδια και σε ακραίες περιπτώσεις να επηρεαστεί σημαντικά η βιοποικιλότητα. Σε γενικό επίπεδο πάντως, αναμένεται να ευνοηθούν τα ετήσια ποώδη είδη εις βάρος των πολυετών (Kutiel et al., 1998, Kazakis et al., 2006). Είναι επίσης δυνατό να ευνοηθούν και να επεκταθούν ξενικά είδη εις βάρος γηγενών καθώς και να εξαφανιστούν ορισμένα απειλούμενα είδη. Αναμένεται επίσης να υπάρξει μικρή αύξηση των λιβαδικών εκτάσεων κατά 0,5%-2% λόγω μείωσης των δασών των θερμόβιων κωνοφόρων και αείφυλλων πλατύφυλλων καθώς και της εγκατάλειψης των οριακών γεωργικών γαιών. Αυτές οι μεταβολές το πιθανότερο είναι να συμβούν σε τοπικό επίπεδο και επομένως οι διαχειριστικές παρεμβάσεις θα πρέπει να είναι στοχευμένες και εξειδικευμένες σε εκάστη περίπτωση.

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται η περίπτωση του νοτίου Καύκασου όπου παρά την ασήμαντη διαφοροποίηση των μέσων όρων της θερμοκρασίας του αέρα και του ύψους των κατακρημνισμάτων τις τελευταίες δεκαετίες, υπήρξε αύξηση της συχνότητας, έντασης και διάρκειας των ακραίων καιρικών φαινομένων (καύσωνες, πλημμύρες, ξηρασία κ.ά.), με ιδιαίτερα αρνητικές επιπτώσεις στην αγροτική και δασική παραγωγή (Hovsepyan and Melkonyan, 2007, Alcamo et al., 2007, Dronin and Kirilenko, 2008). Αν τα ακραία καιρικά φαινόμενα είναι παροδικά τότε τα φυσικά οικοσυστήματα έχουν την ικανότητα να ανταπεξέλθουν μικρή περίοδο συνθηκών στρες ελαττώνοντας το ρυθμό αύξησής τους για να ανακάμψουν σύντομα σε φυσιολογικά επίπεδα, όπως έχει διαπιστωθεί για τα δάση οξυάς (Brubaker, 1986).

3.6. Στάθμη της θάλασσας

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας εκτιμάται ότι θα συνεχιστεί με ταχύτερους ρυθμούς από τους σημερινούς (Airoldi and Beck, 2007) και θα φθάσει από 0,25 μ. (B2) έως και 1 μ. (A2) έως το έτος 2100, διαφοροποιώντας τη χωροκατανομή των υπαρχουσών χρήσεων γης στις παράκτιες περιοχές (I.P.C.C., 1990, Nicholls, 2004, Nicholls and Klein, 2005, Bindoff et al., 2007, Rahmstorf, 2007). Σύμφωνα με τον Πούλο (προσωπική επικοινωνία) προβλέπεται να κατακλυσθεί το 15%, από τη σημερινή συνολική έκταση των παράκτιων υγροτόπων της Ελλάδος 1.000 τ. χλμ, με άνοδο της στάθμης 0,5 μ. έως το 2100. Από την άνοδο αυτή, η παραγωγή των παράκτιων δασών δεν αναμένεται να μεταβληθεί σημαντικά, ενώ αυτή των λιβαδιών θα μειωθεί από 26 χιλ. τόνους (B2) έως 52 χιλ. τόνους (A2). Οι παράκτιοι υγρότοποι που αναμένεται να πληγούν περισσότερο είναι τα Δέλτα του Έβρου, του Νέστου, του Αξιού, του Λουδία, του Αλιάκμονα, του Αχελώου, οι Λιμνοθάλασσες του Μεσολογίου και της Κυλλήνης, και οι κόλποι του Αμβρακικού και του Παγασητικού. Στη νησιωτική Ελλάδα τα σημαντικότερα προβλήματα αναμένεται να εμφανιστούν στη Λήμνο, τη Σάμο, τη Ρόδο, την Κρήτη και την Κέρκυρα (Nicholls and Kleinn, 2005).

Οι πιο σημαντικές επιπτώσεις από την αναμενόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας είναι η αυξημένη διάβρωση των παράκτιων χερσαίων οικοσυστημάτων, η συχνότερη εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων, η αύξηση της αλατότητας του εδάφους και η μεταβολή των θέσεων όπου εναποτίθενται φερτά υλικά και ιζήματα στα Δέλτα των ποταμών. Παρόλα αυτά, οι ουσιαστικές επιπτώσεις στα δασικά οικοσυστήματα αναμένεται να είναι περιορισμένες καθώς δεν αναμένεται να υπάρξει μετατόπιση της βλάστησης και δεν θα συμβούν ουσιαστικές μεταβολές της σύνθεσής της. Ωστόσο, από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας θα υπάρξει αρνητική επίπτωση στη λιβαδική παραγωγή των παράκτιων εκτάσεων (Δέλτα ποταμών, λιμνοθάλασσες και άλλων υγρότοπων που παραδοσιακά χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι). Ως εκ τούτου, η μείωση της λιβαδικής παραγωγής στις παράκτιες εκτάσεις εκτιμάται ότι θα κυμανθεί από 5% έως 10 % δηλ. από 26 έως 52 χιλ. τόνους βοσκήσιμη ύλη το έτος, ανάλογα με το Σενάριο B2 ή A2.

3.7 Άλλες επιπτώσεις

Ως συνέπεια των παραπάνω μεταβολών θα υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις στον τουρισμό και την αναψυχή, κυρίως τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, καθώς η μέση θερμοκρασία του αέρα και η συχνότητα, ένταση και διάρκεια των καυσώνων θα αυξηθούν. Η επέκταση όμως της τουριστικής περιόδου, κυρίως τους μήνες Μάιο και Σεπτέμβριο, αναμένεται να αντισταθμίσει τις αρνητικές αυτές συνέπειες, με αποτέλεσμα η συνολική τουριστική κίνηση να μη μεταβληθεί σημαντικά έως το τέλος του 21^{ου} αιώνα (Rutty, 2009).

Οι κλιματικές μεταβολές θα επηρεάσουν επίσης τις συνθήκες ζωής στα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας αυξάνοντας το δείκτη δυσφορίας και επιδεινώνοντας την ήδη υποβαθμισμένη ποιότητα ζωής, ιδίως σε μεγαλουπόλεις όπως η Αθήνα, η Θεσσαλονίκη, η Λάρισα, η Πάτρα κ.λπ. Ως αποτέλεσμα θα είναι η αύξηση των κρουσμάτων αλλεργικών αντιδράσεων, αναπνευστικών δυσλειτουργιών όπως άσθμα, καρδιακών

επεισοδίων, ψυχολογικών νοσημάτων όπως κατάθλιψη, καρκινογένεσεων, κ.ά. Συνεπακόλουθα, το κόστος υγειονομικής περίθαλψης και αντιμετώπισης των κρουσμάτων αυτών αναμένεται να αυξηθεί. Ωστόσο, η ποσοτικοποιημένη πρόβλεψη της επίπτωσης στην υγεία των ανθρώπων και η αύξηση του κόστους υγειονομικής περίθαλψης και αντιμετώπισης των ασθενειών είναι εξαιρετικά αβέβαιη.

4. Οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής

Τα πιο ευάλωτα δασικά οικοσυστήματα της χώρας μας απαντούν στη χαμηλή ζώνη και κυρίως στη νότια Ελλάδα, καθώς επίσης και σε ορεινές περιοχές, όπως στον Ταΰγετο, τον Πάρωνα τα δάση της ερυθρελάτης και ορισμένα της ελάτης. Ωστόσο, πρέπει να δοθεί ίση βαρύτητα στη διατήρηση και προστασία τόσο των προστατευτικών και αισθητικών όσο και των παραγωγικών δασικών οικοσυστημάτων. Το συνολικό κόστος διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων για το 2008 (<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=588&language=en-US>) ανήλθε σε 161 εκατ. ευρώ. Το κόστος προσαρμογής της διαχείρισης για την αντιστάθμιση των δυσμενών επιπτώσεων των κλιματικών μεταβολών σύμφωνα με τους Bou-Zeid και El-Fadel (2002) προβλέπεται να κυμανθεί από 25% (Σενάριο B2) έως 40% (Σενάριο A2) πλέον του σημερινού. Επειδή όμως τόσο οι κλιματεδαφικές συνθήκες όσο και η σύνθεση και δομή των δασών και η εφαρμοζόμενη διαχείριση ποικίλλουν στην Ελλάδα, δεν είναι δυνατό να προβλεφθεί με ακρίβεια το αναμενόμενο κόστος. Το κόστος θα προέλθει κυρίως από:

- Την προσαρμογή και εντατικοποίηση των καλλιεργητικών επεμβάσεων για περιορισμό του ανταγωνισμού. Αναμένεται μείωση του ενεργού ξυλαποθέματος για διατήρηση της ευρωστίας των ειδών και περιορισμός των αποψιλωτικών υλοτομιών.
- Τον περιορισμό των διαβρώσεων, των πλημμυρών και την ομαλοποίηση του υδατικού ισοζυγίου, με την αξιοποίηση των χειμερινών κατακρημνισμάτων. Αυτό θα απαιτήσει αντικατάσταση των εντατικών καλλιεργητικών επεμβάσεων με επιλεκτικές υλοτομίες, μείωση της βοσκοφόρτωσης και την κατασκευή φραγμάτων συγκράτησης φερτών υλικών, ομβρίων υδάτων και εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων.
- Τη λήψη μέτρων για αποφυγή της πιθανής ερημοποίησης περιοχών με χαμηλό υψόμετρο, κυρίως στη νότια ηπειρωτική με περιορισμό των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων που επιτείνουν το φαινόμενο της ερημοποίησης.
- Την κατασκευή φραγμάτων - αναχωμάτων σε παράκτιους υγρότοπους, σημαντικής οικολογικής και οικονομικής αξίας, και κυρίως στα Δέλτα των μεγάλων ποταμών της

χώρας (π.χ. Έβρος, Νέστος, Αξιός, Αλιάκμονας, κ.λπ.) για περιορισμό της εισχώρησης της θάλασσας καθώς και για τον έλεγχο της ροής του γλυκού νερού ώστε να διατηρηθούν εκτάσεις περιορισμένης αλατότητας και υψηλής παραγωγικότητάς (Day et al., 1995). Η οικονομικότητα τέτοιων επεμβάσεων θα πρέπει να ελέγχεται ξεχωριστά σε κάθε περίπτωση, ώστε το ισοζύγιο κόστους κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης και του οικολογικού, τουριστικού, κτηνοτροφικού και γεωργικού οφέλους να είναι θετικό. Τέτοιες κατασκευές ενδείκνυνται όπου απειλούνται υψηλής οικολογικής σημασίας βίοτοποι, όπου απειλούμενα είδη κινδυνεύουν με εξαφάνιση, όπου δεν υπάρχει η δυνατότητα μετατόπισης των τουριστικών θέσεων, των καλλιεργειών και των αγροτικών ζώων που είναι ζωτικής σημασίας για τους τοπικούς πληθυσμούς.

Πέραν του πραγματικού κόστους θα υπάρξει και εναλλακτικό κόστος μη χρήσης από τη μεταβολή της δομής των υπαρχουσών μορφών χρήσεως γης και την ηπιότερη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων, το οποίο είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Τοπικοί παράγοντες (έκθεση, κλίση, τύπος εδάφους και βλάστησης, επικρατούντες άνεμοι, κ.λπ.) θα επηρεάσουν επίσης το κόστος προσαρμογής της διαχείρισης των δασών και λιβαδιών και επομένως οι όποιες διαχειριστικές τροποποιήσεις αποφασιστούν θα πρέπει να εξετάζονται διακριτά για κάθε περιοχή.

Η αξία των πωλήσεων μεταποιημένων προϊόντων ξύλου το 2007 ανήλθε σε € 326 εκατ. γεγονός που αναδεικνύει τον κλάδο σε μέγεθος ανάλογης οικονομικής βαρύτητας με το δημοφιλή κλάδο της βιομηχανίας γιαουρτιών, ο οποίος έχει κύκλο εργασιών € 353 εκατ. (Ε.Σ.Υ.Ε., 2009). Τα ατελώς συλλεγόμενα καυσόξυλα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για θέρμανση. Βάσει των υπαρχόντων δεδομένων για την Ελλάδα, ο οικονομικός πολλαπλασιαστής της επίπτωσης της παραγόμενης ξυλείας στο δευτερογενή τομέα είναι 4,65, δηλαδή € 1 παραγόμενου ξύλου από τον παραγωγό αποκτά προστιθέμενη αξία € 4,65 από τη βιομηχανία μεταποίησης ξύλου. Η τιμή είναι μεταξύ 3 και 6,5 που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για τη Νέα Ζηλανδία (Griffiths, 2002, Thorpe, 1998), αλλά υψηλότερη από τον πολλαπλασιαστή 2,68 που έχει βρεθεί για το Ην. Βασίλειο

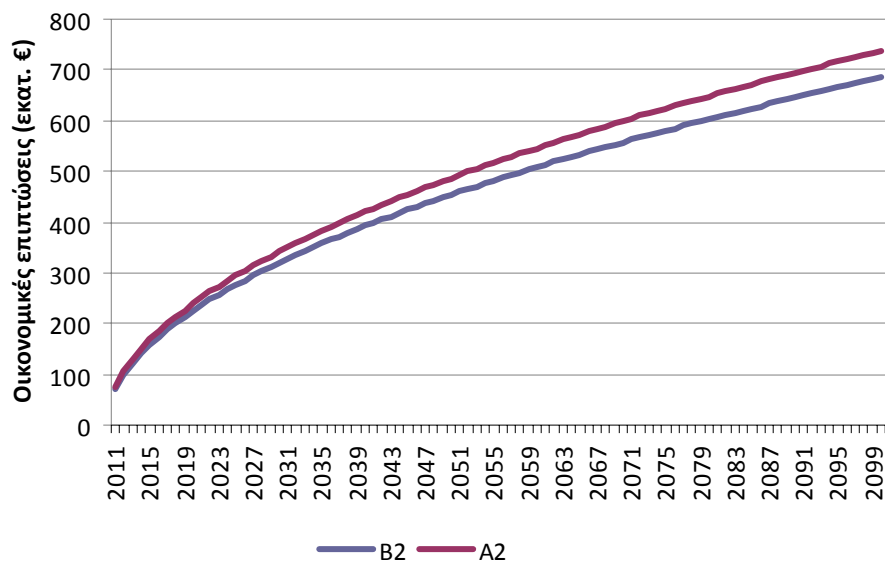
(Forestry Commission of Europe, 2000) και πολύ κοντά στον οικονομικό πολλαπλασιαστή απολαβών 4,89 που εκτιμήθηκε για τα δάση της Καλιφόρνιας στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (California Economic Strategy Panel, 2002).

Για την εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή στα δασικά οικοσυστήματα είναι απαραίτητη η πρόβλεψη των τιμών στο μέλλον. Στην Ελλάδα, δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για μια τέτοια πρόβλεψη και πρέπει συνεπώς να αρκεστούμε στις υπάρχουσες τιμές. Οι τιμές τεχνικής ξυλείας και καυσόξυλων που απολαμβάνουν οι παραγωγοί διαμορφώνονταν μέχρι το 1987 βάσει πλειοδοτικών διαγωνισμών που διενεργούσε η Δασική Υπηρεσία. Από το 1987 και μετέπειτα, βάσει του Π.Δ. 126/1986, οι Αγροτικοί Δασικοί Συνεταιρισμοί είναι οι δικαιούχοι της ξυλείας που υλοτομούν στα δημόσια δάση και έχουν τη δυνατότητα πώλησής της στο ελεύθερο εμπόριο (Τορορής, 1994). Για το 2010, οι τιμές διαμορφώθηκαν στα € 22,3 /κ.μ. για τα καυσόξυλα και στα € 60,3 /κ.μ. για τη στρογγυλή ξυλεία οξυάς (Διεύθυνση Δασών Πέλλας, 2010), ένα από τα σημαντικότερα δασοπονικά είδη της χώρας στην παραγωγή τεχνικής ξυλείας (Ζαφειρίου κ. ά., 2007). Δεδομένου ότι το 27,9% της συνολικής παραγωγής ξυλείας αφορά τεχνικό ξύλο και το υπόλοιπο αφορά καυσόξυλα, η μέση ισοσταθμισμένη τιμή του ξύλου εκτιμάται σε: $0,279 * 60,3 + 0,721 * 22,3 = 32,90$ €/κ.μ.. Συνεπώς, η οικονομική επίπτωση από τη χωρική ανακατανομή των δασών θα είναι 2,6 εκατ. € (B2) και 10,6 εκατ. € (A2) το έτος, ενώ από την αναμενόμενη μείωση παραγωγής ξύλου η επίπτωση θα ανέλθει σε € 17,4 εκατ. (B2) και € 22,6 εκατ. (A2) το 2100 αντιστοίχως. Εάν χρησιμοποιηθεί ο οικονομικός πολλαπλασιαστής 4,65, η συνολική οικονομική επίπτωση θα είναι μεταξύ € 80,9 εκατ. και € 105,1 εκατ. το 2100. Δεν υπάρχουν καθορισμένες τιμές για τη βοσκήσιμη ύλη. Δεδομένου όμως ότι 10 χλγρ. βοσκήσιμης ύλης ισοδυναμούν περίπου με 1 χλγρ. αξιοποιήσιμου κρέατος και με σημερινή μέση τιμή κρέατος € 5 / χλγρ. η εκτιμώμενη ετήσια οικονομική απώλεια από τη μείωση της παραγωγικότητας των λιβαδιών εκτιμάται σε € 156 εκατ. (B2) και σε € 390 εκατ. (A2) το έτος 2100. Ομοίως, από τη μείωση της έκτασης των υγροτόπων λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και με τις παραπάνω παραδοχές για τη βοσκήσιμη ύλη, η ετήσια οικονομική απώλεια ανέρχεται, σε παρούσα αξία, σε € 13 εκατ. (B2) έως € 26 εκατ. (A2) το έτος 2100. Η

επίπτωση στη δασική παραγωγή από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας εκτιμάται ότι θα είναι ασήμαντη.

Για την εκτίμηση της παρούσας αξίας των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι απαραίτητα η χρήση ενός προεξοφλητικού επιτοκίου και ο ρυθμός της ετήσιας μεταβολής των οικονομικών επιπτώσεων, από το 2010 έως το 2100. Η χρήση κατάλληλου προεξοφλητικού επιτοκίου για την οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι ένα σημαντικό θέμα, που έχει απασχολήσει τους οικονομολόγους (Newell and Pizer, 2003, Stern et al., 2006, Dasgupta, 2007, Nordhaus, 2007a,b, Stern and Treasury, 2007, Stern, 2008, Weitzman, 2007). Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε η οικονομική αποτίμηση με τη χρήση δύο προεξοφλητικών επιτοκίων (Nordhaus, 2007a,b), το 1%, μακροπρόθεσμο επιτόκιο, δηλ. περισσότερο από 300 χρόνια, και το 3%, επιτόκιο για τα πρώτα χρόνια της κλιματικής αλλαγής. Δεν υπάρχει σαφής απάντηση στο ερώτημα ποιο είναι το άριστο κοινωνικού προεξοφλητικού επιτοκίου, καθώς το ερώτημα είναι στην ουσία ηθικό και αφορά τη σύγκριση της κοινωνικής και οικονομικής ευημερίας της παρούσας γενεάς με εκείνη των μελλοντικών, στη συγκεκριμένη περίπτωση των γενεών που θα ζουν το 2050 και το 2100 (Varian, 2006).

Το υπόδειγμα BIOME3 με βάση το οποίο εκτιμήθηκαν οι φυσικές επιπτώσεις στα δασικά οικοσυστήματα, δεν παρέχει ετήσιες προβλέψεις αλλά μόνο για τα έτη 2050 και 2100. Με τα περιορισμένα δεδομένα που υπάρχουν γίνεται εδώ η παραδοχή ότι η μεταβολή της βιομάζας ακολουθεί τη μορφή απλής εκθετικής συνάρτησης. Η συνάρτηση που εφαρμόζει καλύτερα και χρησιμοποιήθηκε στις παρατηρήσεις του Σεναρίου B2 για την εκτίμηση των ετήσιων οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι $y = 69,91x^{0,507121}$, όπου y η μεταβολή της βιομάζας (10^3 κ.μ.) και x τα έτη ($x=1$: έτος 2011 έως $x=90$: έτος 2100). Η συνάρτηση που εφαρμόζει στις παρατηρήσεις του Σεναρίου κλιματικής αλλαγής A2 είναι $y = 73,423x^{0,512566}$. Οι εκτιμώμενες οικονομικές επιπτώσεις που προέκυψαν από τις παραπάνω συναρτήσεις για τα επόμενα 90 έτη (2010-2100) απεικονίζονται στο Διάγραμμα 5.



Διάγραμμα 5. Εκτιμήσεις οικονομικών επιπτώσεων εκατ. € (2011-2100)

Οι πυρκαγιές έχουν τόσο άμεσο όσο και έμμεσο κόστος κατάσβεσης. Το 2007 κήκκαν 269 χιλ. εκτ. γης, 63 συνανθρωποί μας, περισσότερες από 1.500 κατοικίες, 4,5 εκατ. ελαιόδεντρα καθώς και 60.000 αιγοπρόβατα. Η συνολική άμεση υλική ζημιά προσέγγισε το 1 δις ευρώ. Οι άμεσες ετήσιες δαπάνες για την κατάσβεση των πυρκαγιών το επόμενο έτος 2008 που υπάρχουν αναφορές, ανήλθαν σε 88 εκατ. ευρώ τουλάχιστον. Οι δαπάνες αυτές έγιναν για ενοκίαση αεροπλάνων 30,5 εκατ. ευρώ (Κορωνάιος, 2009), για ενοκίαση ελικοπτέρων 17 εκατ. ευρώ (Σουλιώτης, 2010) και για επίγεια μέσα κατά την εκτίμηση μας 41 εκατ. ευρώ με βάση και τα στοιχεία (Mahairas, 2002). Οι έμμεσες δαπάνες από την καταστροφή του φυτικού κεφαλαίου και των υποδομών εκτιμώνται: α) Κόστος του αποτεφρωθέντος ξυλαποθέματος για 25 χιλ. εκτ. παραγωγικού δάσους ετησίως κατά μέσο όρο την εικοσαετία 1990-2010, με μέσο ξυλαπόθεμα 61 κ.μ./εκτ. (28% ξυλεία - 72% καυσόξυλα) και τρέχουσα αξία ξυλείας 65 ευρώ/κ.μ. και καυσόξυλων 26 ευρώ/κ.μ. ανέρχεται σε 57 εκατ. ευρώ ετησίως. β) Κόστος καταστροφών σε γεωργικές καλλιέργειες 50% της αξίας των δασών δ) Κόστος καταστροφών σε υποδομές αξίας 3 εκατ. ευρώ τουλάχιστον ετησίως. γ) Έμμεσο κόστος υποβάθμισης αυλών αγαθών και

υπηρεσιών (περιβάλλον, αισθητική, νερό, βιοποικιλότητα κ.λπ) κατά την εκτίμησή μας ανέρχεται στο 50% της ζημίας των υλογενών αγαθών. ε) Επίπτωση στην υγεία των ανθρώπων, καθώς πυρκαγιές που εκδηλώνονται πλησίον μεγάλων αστικών κέντρων έχουν σημαντική επίπτωση στο μικροκλίμα και την ποιότητα του αέρα από τα κατάλοιπα της καύσης (διοξίνες κ.λπ). Υπάρχουν αναφορές που ανεβάζουν το συνολικό κόστος ζημιών από πυρκαγιές σε 400 εκατ. ευρώ <http://www.libver.gr:4564/ecportal.asp?id=193&nt=18>) και σε 300-400 εκατ. ευρώ (Σταματόπουλος, 2007).

Αν και είναι εξαιρετικά αβέβαιες οι προβλέψεις για τη μεταβολή του αριθμού και της έντασης των δασικών πυρκαγιών εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, αναμένεται να υπάρχουν σημαντική αύξηση τόσο του μέσου ετήσιου αριθμού των πυρκαγιών όσο και της καταστροφής που προκαλεί κάθε πυρκαγιά. Προβλέπεται ότι η καμένη έκταση δασών θα αυξηθεί κατά 10% (Σενάριο B2) έως 20% (Σενάριο A2), δηλ. κατά 20 χιλ. εκτ. έως 40 χιλ. εκτ. επιπλέον το 2100. Λόγω αύξησης του φαινομένου των πυρκαγιών, με μέσο ξυλαπόθεμα 61 κ.μ./εκτ. εκτιμώνται πρόσθετες οικονομικές επιπτώσεις 40 εκατ. € (B2) και 80 εκατ. € (A2) το 2100. Υπάρχει επίσης η εκτίμηση ότι η αναμενόμενη ζημία από τον περιορισμό του αξιοποιήσιμου υδατικού δυναμικού των 20 δισεκατ. κ.μ. (Σούλιος Γ., προσωπική επικοινωνία), με την παραδοχή ότι η αξία κατά κ.μ. αποτιμάται σε τουλάχιστον 25% της κατώτερης τιμής του νερού άρδευσης στη Βουλγαρία (Öko Inc., 2001) δηλ. € 0,0026/κ.μ., θα ανέλθει σε € 13 εκατ. (B2) και σε € 20,8 εκατ. (A2) το έτος 2100.

Υπάρχει επίσης η εκτίμηση ότι, η αναμενόμενη ζημία από τον περιορισμό του δυνατού αξιοποιήσιμου υδατικού δυναμικού των 20 δισεκατ. κ.μ., με την παραδοχή ότι η αξία κατά κ.μ. αποτιμάται σε τουλάχιστον 25% της κατώτερης τιμής του νερού άρδευσης στη Βουλγαρία (Öko Inc., 2001), δηλ. € 0,0026/κ.μ., τότε η ετήσια ζημία θα ανέλθει σε € 13 εκατ. (B2) και σε € 20,8 εκατ. (A2), το 2100.

Η παρούσα αξία των άμεσων οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Πίνακας 1) στα δασικά οικοσυστήματα, για τα δύο πιο πιθανά Σενάρια κλιματικής αλλαγής, B2 και A2, κυμαίνεται από 1,4 δισεκ. € (B2) με προεξοφλητικό επιτόκιο 3% έως € 9,5 δισεκ.

(A2) με προεξοφλητικό επιτόκιο 1%. Οι επιπτώσεις των επιτοκίων είναι πολύ μεγαλύτερες από τις επιπτώσεις των δύο κλιματικών υποδειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν (Πίνακας 1). Σε κάθε περίπτωση όμως, λόγω της πληθώρας των αβεβαιοτήτων μιας μελλοντικής πρόβλεψης και εκτίμησης αυτής της μορφής, οι συγγραφείς θεωρούν ότι οι εκτιμώμενες τιμές θα πρέπει να ληφθούν ως κατώτατο όριο (lower bound) των πραγματικών οικονομικών επιπτώσεων. Στην άποψη αυτή συνηγορεί επίσης το γεγονός ότι οι εκτιμήσεις βασίζονται μόνο στις άμεσες επιπτώσεις από τα δασικά οικοσυστήματα χωρίς να ληφθούν υπόψη όλες οι έμμεσες επιπτώσεις στις περιβαλλοντικές υπηρεσίες που προσφέρουν τα δάση, επιπτώσεις που πιθανόν να είναι πολύ σημαντικότερες από τις άμεσες.

Πίνακας 1. Τρέχουσες τιμές και εκτιμήσεις παρούσας αξίας οικονομικών επιπτώσεων στα δασικά οικοσυστήματα (εκατ. €) έως το έτος 2100

Επιτόκιο	Τρέχουσες τιμές		1%		3%	
	B2	A2	B2	A2	B2	A2
Υπόδειγμα						
Ανακατανομή δασών	2,6	5,3	46,7	94,8	14,9	30,4
Πυρκαγιές	40,0	80,0	721,2	1.462,1	231,0	470,9
Άνοδος στάθμης θάλασσας	6,5	13,1	116,8	237,4	37,4	76,2
Βιομάζα ξύλου και βοσκ. ύλης	173,4	412,6	3.154,2	7.300,9	1.014,0	2.320,2
Χρησιμοποιήσιμο νερό	13,0	20,8	235,4	376,7	75,5	120,9
Σύνολο	235,5	531,8	4.274,4	9.471,9	1.372,8	3.018,6

5. Δυνατότητες προσαρμογής

Οι πολλαπλές αλυσιδωτές επιπτώσεις από την επερχόμενη κλιματική μεταβολή θα επηρεάσουν τα δάση της Μεσογειακής ζώνης ως προς τη σύνθεση, τη δομή, τη χωρική κατανομή, τη λειτουργία και επομένως την παραγωγικότητα τους ως προς τα υλογενή και των πάσης φύσεως άυλων αγαθών και υπηρεσιών που αυτά παρέχουν. Οι δυσμενείς επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στις διεργασίες των οικοσυστημάτων είναι δυνατό να μετριαστούν με την προϋπόθεση να παρθούν έγκαιρα τα απαραίτητα νομοθετικά, διοικητικά και διαχειριστικά μέτρα (Goudriaan, 1992, Hoff et al., 2002). Οι στόχοι της διατήρησης του σημερινού ποσοστού δασοκάλυψης στο 25 % και της βελτίωσης της ποιότητας των δασών και των λιβαδιών στη χώρας μας προϋποθέτουν την πλήρη αναθεώρηση της στρατηγικής στην εφαρμοζόμενη διαχείριση, η οποία πρέπει να ενσωματώσει, ορθολογικώς και εσπευσμένα, τις επιπτώσεις που προκαλούνται από τις επερχόμενες κλιματικές μεταβολές. Το κόστος προσαρμογής της διαχείρισης για την αντιστάθμιση των δυσμενών επιπτώσεων για τα Σενάρια B2 και A2 εκτιμάται ότι θα ανέλθει στο 25% έως 40% αντίστοιχα (Bou-Zeid and El-Fadel, 2002). Το συνολικό κόστος διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων ήταν € 120εκατ. το έτος 2008. Τα ειδικά μέτρα που προκρίνονται για την ικανοποιητική ανταπόκριση των δασικών οικοσυστημάτων στις παραγωγικές και προστατευτικές παροχές τους αποτελούν:

1. Η σύνταξη και η εφαρμογή μελετών για δασικά συγκροτήματα και όχι μόνο για τα δάση, που να αποσκοπούν στη βελτίωση της σύνθεσης και της αρχιτεκτονικής των δασικών οικοσυστημάτων. Αυτές θα προβλέπουν εφαρμογή ειδικών καθαρισμών και έντονων καλλιεργητικών επεμβάσεων για αριστοποίηση της συγκόμωσης σε σχέση με το υδατικό δυναμικό για περιορισμό του ανταγωνισμού και βελτίωση της βιοποικιλότητας. Αυστηρή επιλογή ανθεκτικού στην ξηρασία γενετικού υλικού και χρησιμοποίηση ευρύτερων φυτευτικών συνδέσμων στις αναδασώσεις για περιορισμό του ανταγωνισμού. Οι παρεμβάσεις αυτές είναι απαραίτητες τόσο για τα μεμονωμένα φυτά όσο και για τα οικοσυστήματα ώστε να αντισταθούν αποτελεσματικότερα και να μη ζημιωθεί η ευρωστία τους μόνιμα τις περιόδους της παρατεταμένης ξηρασίας, καύσωνα και έντονων ακραίων καιρικών φαινομένων. Είναι τεκμηριωμένο ότι δάση

αριάς (*Quercus ilex*) στα οποία έγιναν ειδικές καλλιεργητικές παρεμβάσεις ανταποκρίθηκαν αποτελεσματικότερα σε έκτακτες συνθήκες ξηρασίας (Sabaté et al., 2002).

2. Η ομαλοποίηση της απορροής και η αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των κατακρημνισμάτων, με τη δημιουργία μικτών συστάδων με υπόροφο και αποφυγή των αποψιλωτικών υλοτομιών. Παράλληλα όμως θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για τη διαχείριση της παρεδαφιαίας βλάστησης ώστε να αριστοποιηθεί η σχέση παραγωγής-αξιοποιήσιμου ύδατος και επιφανειακής απορροής. Πέραν αυτών είναι επιβεβλημένη η κατασκευή αντιδιαβρωτικών έργων και αποταμιευτήρων στην ορεινή ζώνη, για τη συγκράτηση του νερού και τη ομαλή ρύθμιση της απορροής του καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Για τον περιορισμό των διαβρώσεων θα απαιτηθεί η κατασκευή 1.000 (B2) έως 2.000 (A2) φραγμάτων συγκράτησης φερτών υλικών και ορισμένων συνοδών έργων συνολικού κόστους € 0,5 εκατ./φράγμα. Για την εξομάλυνση του υδατικού ισοζυγίου και την εξοικονόμηση ύδατος ύδρευσης και άρδευσης κατασκευή 500 (B2) έως 1.000 (A2) υδατοφραγμάτων συγκράτησης των χειμερινών όμβριων υδάτων των 0,5 εκατ. κ.μ., κόστους € 3,5 εκατ./φράγμα, καθώς επίσης 200 (B2) έως 400 (A2) φραγμάτων εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων, κόστους 0,3 εκατ./φράγμα.
3. Η κατασκευή εξειδικευμένων έργων για περιορισμό των ζημιών από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας (προστατευτικά φράγματα-αναχώματα) και εφαρμογή ειδικών διαχειριστικών μέτρων διαχείρισης θαλάσσιου και γλυκού νερού, βλάστησης και πανίδας. Οι παράκτιες τουριστικές περιοχές, τα Δέλτα των μεγάλων ποταμών και οι λιμνοθάλασσες που αποτελούν συνήθως συστήματα υψηλής οικολογικής και οικονομικής αξίας με τις περί αυτών γεωργικές και κτηνοτροφικές εκτάσεις χρίζουν προστασία με την κατασκευή τεχνικών έργων. Εκτιμάται ότι για την κατασκευή αναχωμάτων συνολικού μήκους 100 χλμ. (B2) έως 200 χλμ (A2) το κόστος ανά τ.μ. θα ανέλθει σε € 50/μ.
4. Ο εκσυγχρονισμός του εξοπλισμού δασοπυρόσβεσης, η εγκατάσταση συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης, η απόκτηση λογισμικού ταχείας απρόσκοπτης εκκένωσης

περιοχών, η κατασκευή πρόσθετων διόδων διαφυγής κ.λπ. καθώς και η πρόσληψη και εκπαίδευση πρόσθετου ανθρώπινου δυναμικού για πρόληψη, περιορισμό καταστροφών, αποφυγή ανθρώπινων θυμάτων αλλά και για την αποκατάσταση των φυσικών οικοσυστημάτων και των υποδομών από τις πυρκαγιές και τις συνεπακόλουθες πλημμύρες.

Με τις ενέργειες μετριασμού αναμένεται να περιοριστούν σημαντικά οι δυσμενείς επιπτώσεις, αλλά συνολικά θα υπάρξει μείωση των παραγόμενων υλικών και άυλων αγαθών και υπηρεσιών που προέρχονται από τα δασολιβαδικά οικοσυστήματα. Με την εφαρμογή των μέτρων αυτών, εκτιμάται ότι θα αντισταθμιστούν κατά 90% και 70% αντίστοιχα για τα Σενάρια B2 και A2 οι οικονομικές απώλειες που θα προκληθούν από την επερχόμενη κλιματική μεταβολή έως το τέλος του αιώνα.

6. Αναμενόμενα αποτελέσματα με την εφαρμογή των προσαρμογών

Με την υιοθέτηση της προτεινόμενης στρατηγικής διαχείρισης των δασο-λιβαδικών οικοσυστημάτων για μετριασμό των επιπτώσεων των κλιματικών μεταβολών, αναμένεται να υπάρξουν σημαντικά οικολογικά και οικονομικά οφέλη. Σε σύγκριση με τα σημερινά επίπεδα, αναμένεται να υπάρξει:

6.1. Σενάριο B2

1. Ελαφρά μείωση των σημερινών ποσοστών και κατηγοριών δασοκάλυψης.
2. Μείωση της δασικής παραγωγής και της αποθηκευτικής ικανότητας σε CO₂ (5%).
3. Μείωση της λιβαδικής παραγωγής (έως 5%).
4. Μικρή αύξηση της συχνότητας και της έντασης των καινοφανών ασθενειών και των επιπτώσεων στην υγεία των δασικών οικοσυστημάτων.
5. Αύξηση του αριθμού των πυρκαγιών και της καμένης έκτασης (5%) καθώς και του κινδύνου καταστροφής ευαίσθητων οικοσυστημάτων.
6. Αύξηση των επιπέδων διάβρωσης και απορροής (5%).
7. Μείωση της παραγωγής χρησιμοποιήσιμου ύδατος (έως 10%).
8. Περιορισμένη αύξηση της έκτασης που θα ερημοποιηθεί (έως 1%).
9. Μείωση της παραγωγής άυλων αγαθών και υπηρεσιών .

6.2. Σενάριο A2

1. Χωρική ανακατανομή των δασών (αύξηση θερμόβιων ειδών 2%, μείωση ψυχρόβιων ειδών 4%).
2. Σημαντική μείωση της παραγωγής βιομάζας (15%) και της αποθηκευτικής ικανότητας σε CO₂ των δασών (15%).
3. Μείωση της λιβαδικής παραγωγής κατά 15%.

4. Η συχνότητα και η ένταση των καινοφανών ασθενειών είναι απρόβλεπτη αλλά αναμένεται να είναι σημαντικά αυξημένη.
5. Σημαντική αύξηση του αριθμού των πυρκαγιών και της καμένης έκτασης (10%) καθώς και αύξηση του κινδύνου καταστροφής ευαίσθητων οικοσυστημάτων.
6. Σημαντική αύξηση της διάβρωσης και της απορροής (15%).
7. Μείωση της παραγωγής χρησιμοποιήσιμου ύδατος (έως 20%).
8. Αύξηση της έκτασης που θα ερημοποιηθεί (έως 2%).
9. Υποβάθμιση της παραγωγής άυλων αγαθών και υπηρεσιών.

7. Πρόσθετα θεσμικά μέτρα για περαιτέρω αντιστάθμιση των επιπτώσεων της κλιματικής μεταβολής

Εκτός από τα παραπάνω μέτρα που είναι απαραίτητα λόγω των επερχόμενων κλιματικών μεταβολών είναι ανάγκη να παρθούν και πρόσθετα μέτρα που θα συμβάλουν στην παραπέρα βελτίωση της σταθερότητας και της απόδοσης των χερσαίων φυσικών οικοσυστημάτων. Στην κατεύθυνση αυτή υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτιώσεων εφόσον εφαρμοστούν μέτρα, όπως:

1. Η εφαρμογή του συντάγματος αναφορικά με την κατάρτιση του δασολογίου (καταγραφή χρήσεων δασικής γης και ιδιοκτησιακού καθεστώτος), με την οποία αναμένεται να εκλείψει το φαινόμενο καταπάτησης δημόσιας γης ενώ ταυτόχρονα θα περιοριστούν και οι πυρκαγιές κατά 50% τουλάχιστον. Το 98% των πυρκαγιών είναι ανθρωπογενούς προέλευσης και το 56% εμπρησμοί, κυρίως για καταπάτηση δημόσιας δασικής γης.
2. Η νομοθετική ρύθμιση, ώστε οι δασικές μελέτες να περιλαμβάνουν εκτός από τα ξυλοπαραγωγικά δάση και τα λιβάδια, δηλ. ολόκληρο το δασικό οικοσύστημα μιας συγκεκριμένης περιοχής, για παραγωγή πολλαπλών προϊόντων και υπηρεσιών (ξυλεία, βοσκήσιμη ύλη, θηράματα, νερό, αισθητική κ.λπ). Σήμερα τα λιβάδια (40% της Ελληνικής επικράτειας) ουσιαστικά δεν διαχειρίζονται διότι δεν υπάρχει σύγχρονο νομοθετικό πλαίσιο, παρόλο που τα οικοσυστήματα αυτά παράγουν αγαθά και υπηρεσίες συνολικά πολλαπλής οικονομικής και οικολογικής αξίας και είναι πιο ευάλωτα σε σύγκριση με τα δασικά.
3. Ο εκσυγχρονισμός του νομοθετικού πλαισίου για πρόληψη, κατάσβεση και αποκατάσταση ζημιών από τις πυρκαγιές για τον περιορισμό των φυσικών και οικονομικών επιπτώσεων. Απαιτείται αρτιότερη οργάνωση, αποτελεσματικότερος σχεδιασμός καθώς και να δοθεί έμφαση στην πρόληψη και την έγκαιρη προετοιμασία για αποκατάσταση. Ειδικότερα απαιτείται: α) Νομοθέτηση χρήσης της μεθόδου “αντιπύρ” για κατάσβεση πυρκαγιών. β) Αξιοποίηση όλων των δυνάμεων για καταστολή των πυρκαγιών. Σήμερα η δασική υπηρεσία δεν συμμετέχει στην

καταστολή μολονότι είναι ο καλύτερος γνώστης του ανάγλυφου, των δρόμων πρόσβασης και διαφυγής, της κατανομής καύσιμης ύλης, ουσιαστικοί παράγοντες για τον έλεγχο των πυρκαγιών. γ) Να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην πρόληψη, που είναι και οικονομικότερη, περιορίζοντας την καύσιμη ύλη με τις καλλιεργητικές υλοτομίες και τη βόσκηση. Στα πλαίσια αυτά να καταργηθεί π.χ. ο νόμος απαγόρευσης βόσκησης γιδιών στην Αττική και να εφαρμοστεί ελεγχόμενη βόσκηση εκεί όπου είναι απαραίτητο σύμφωνα με τις επιταγές της επιστήμης. δ) Να υπάρξει μέριμνα ώστε εντός 10 ημερών το πολύ μετά την πυρκαγιά, να σπαρθούν, κατά προτίμηση, ψυχρόβια αγρωστώδη ώστε κατά το πρώτο κρίσιμο διάστημα μετά την πυρκαγιά να προστατευθεί και να σταθεροποιηθεί το έδαφος. Με τις ενέργειες αυτές, περιορίζονται τα πολυδάπανα υδρονομικά έργα, εξασφαλίζεται η σταθερότητα του εδάφους, περιορίζονται οι πλημμύρες, και βελτιώνεται το ισοζύγιο χρησιμοποιήσιμου ύδατος.

4. Η αναδιοργάνωση των δασικών υπηρεσιών και η εφαρμογή ενιαίας αειφορικής ορθολογικής στρατηγικής διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων, με αυστηρό έλεγχο εφαρμογής των νόμων, ώστε να περιοριστούν και οι ληστρικές εκμεταλλεύσεις και οι καταπατήσεις δημόσιας γης. Σήμερα δεν υπάρχει εφαρμόσιμο ενιαίο σύγχρονο νομοθετικό πλαίσιο που να εξασφαλίζει τον ουσιαστικό έλεγχο εφαρμογής των νόμων. Η φύλαξη των δασικών οικοσυστημάτων επαφίεται στον πατριωτισμό των εκάστοτε αρμοδίων.
5. Η δημοσιοποίηση των μελετών και των πάσης φύσεως στατιστικών δεδομένων που προκύπτουν από μελέτες που χρηματοδοτούνται από δημόσιους φορείς, εφόσον δεν υπάρχει θέμα πνευματικής ιδιοκτησίας, θα συμβάλλει στην οικονομία δράσεων δηλ. αποφυγή επαναλήψεων και μείωση σπατάλης οικονομικών πόρων. Με την ανάρτηση των δεδομένων αυτών σε ιστοσελίδα ελεύθερης πρόσβασης θα υπάρξει έλεγχος από όλη την επιστημονική κοινότητα ενώ ταυτόχρονα θα αξιοποιηθούν τα δεδομένα για κατάρτιση πληρέστερων σχεδίων διαχείρισης. Σήμερα υπάρχουν ελάχιστα διαθέσιμα στοιχεία από τα απαιτούμενα για την οργάνωση της διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων.

8. Αναμενόμενα αποτελέσματα με την υιοθέτηση των προσαρμογών και των πρόσθετων νομοθετικών και οργανωτικών ρυθμίσεων

Με την υιοθέτηση της προτεινόμενης στρατηγικής διαχείρισης των δασολιβαδικών οικοσυστημάτων αναμένεται:

1. Οι προβλέψεις για μείωση της παραγωγής να μην επαληθευτούν ενώ θα υπάρξει ακόμη και τριπλασιασμός της παραγωγής των δασικών οικοσυστημάτων.
2. Ο τριπλασιασμός περίπου της αποθηκευτικής ικανότητας σε CO₂.
3. Ο πενταπλασιασμός της παραγωγής των λιβαδικών οικοσυστημάτων.
4. Μικρή αύξηση της συχνότητας και έντασης καινοφανών ασθενειών και των επιπτώσεων στην υγεία των δασικών οικοσυστημάτων.
5. Θεαματικός περιορισμός του αριθμού των πυρκαγιών και της καμένης έκτασης. Μείωση ακόμα και κατά 20% (Σενάριο A2) έως και 50% (Σενάριο B2) σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα. Περιορισμός του κινδύνου καταστροφής ευαίσθητων οικοσυστημάτων από πυρκαγιές.
6. Περιορισμός της διάβρωσης και της απορροής σε επίπεδα ακόμη και κάτω από τα σημερινά.
7. Διατήρηση ή μικρή αύξηση (έως 10%) της παραγωγής χρησιμοποιήσιμου ύδατος, σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα.
8. Περιορισμός του φαινομένου της ερημοποίησης (αύξηση μόνο 1% για το Σενάριο A2), με διατήρηση αν όχι όλων, τουλάχιστον της πλειονότητας των ευαίσθητων και σπάνιων ειδών και τύπων βιότοπων.
9. Διατήρηση έως ασήμαντη υποβάθμιση της παραγωγής άυλων αγαθών και υπηρεσιών.

9. Συμπεράσματα

Ανάλογα με το Σενάριο της κλιματικής μεταβολής, B2 ή A2, θα υπάρξει:

1. Χωρική ανακατανομή των δασών (αύξηση θερμόβιων ειδών 2%-4%, ερημοποίηση 1-2%, μείωση ψυχρόβιων ειδών 4-8% και μείωση της βιοποικιλότητας). Από την ανακατανομή θα προκύψει μείωση παραγωγής βιομάζας ξύλου κατά 80-160 χιλ. κ.μ. για το έτος 2100.
2. Μείωση της αποθηκευτικής ικανότητας των δασικών οικοσυστημάτων σε άνθρακα από 32-45%, σε σχέση με τη σημερινή καθώς και μείωση της παραγωγής προϊόντων ξύλου κατά 27-35%, δηλ. από 529,2 έως 686 χιλ. κ.μ. για το έτος 2100.
3. Μείωση της παραγωγής βοσκήσιμης ύλης των λιβαδιών από 10-25%, δηλ. από 312-780 χιλ. τόνους το έτος 2100. Πέραν αυτής, θα υπάρξει μείωση της λιβαδικής παραγωγής από 26-52 χιλ. τόνους, λόγω της μείωσης της επιφάνειας των παράκτιων υγρότοπων, από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, στο τέλος του αιώνα.
4. Πρόσθετο κόστος τόσο από την κατάσβεση όσο και από τις συνέπειες των πυρκαγιών κατά € 40-80 εκατ. στο τέλος του 21^{ου} αιώνα, γι' αυτό απαιτείται εκσυγχρονισμός των μέσων και μεθόδων πρόληψης και αντιμετώπισης των πυρκαγιών, καθώς και αποκατάστασης των καμένων περιοχών.
5. Επιτακτική ανάγκη να εντατικοποιηθούν οι καλλιεργητικές παρεμβάσεις και να εφαρμοστούν ειδικά συστήματα βόσκησης για τον περιορισμό του ανταγωνισμού και τη διατήρηση της παραγωγικότητας και της βιοποικιλότητας. Με τις παρεμβάσεις αυτές θα υπάρξει βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου και αποφυγή πλημμυρών και ερημοποίησης.
6. Ανάγκη κατασκευής υδατοφραγμάτων για συγκράτηση των χειμερινών κατακρημνισμάτων στην ορεινή ζώνη και κατασκευή αναχωμάτων για αποφυγή κατάκλισης της παράκτιας χαμηλής ζώνης από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

7. Επιτακτική ανάγκη να εφαρμοστούν άμεσα πρόσθετα θεσμικά μέτρα όπως: α) Κατάρτιση δασολογίου κατ' επιταγήν του Συντάγματος και όχι δασικών χαρτών, για μείωση των πυρκαγιών και των συνεπειών τους κατά 50%. β) Εκσυγχρονισμός νομοθετικού πλαισίου και προδιαγραφών σύνταξης και εφαρμογής μελετών των δασικών οικοσυστημάτων.
8. Ανάγκη δημιουργίας ξηρανθεκτικών δασικών ειδών με μικρό συντελεστή αποτελεσματικότητας εξατμισοδιαπνοής, για ικανοποιητική παραγωγή σε ξηροθερμικότερες συνθήκες.
9. Συνολικό κόστος για τις παντοειδείς υλικές επιπτώσεις από την κλιματική μεταβολή, μέχρι το τέλος του αιώνα, € 4,3-9,5 δισεκ. με προεξοφλητικό επιτόκιο 1% και € 1,4-3,0 δισεκ. με προεξοφλητικό επιτόκιο 3%.
10. Συνολικό κόστος προσαρμογής € 70-130 εκατ./έτος και εφάπαξ € 2,35-4,70 δισεκ.

10. Περίληψη

Οι επικείμενες κλιματικές μεταβολές που είναι συνέπεια κυρίως των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων αναμένεται να είναι εντονότερες στη Μεσογειακή ζώνη σε σύγκριση με την υπόλοιπη Ευρώπη. Τα δασικά οικοσυστήματα της Ελλάδος επομένως, διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο αποσταθεροποίησής τους και σε ακραίες περιπτώσεις κατάρρευσής τους εντός του 21^{ου} αιώνα. Στην Ελλάδα τα οικοσυστήματα αυτά (δάση 25% και λιβάδια 40% επί του συνόλου της χερσαίας επιφάνειας της χώρας) είναι ιδιαίτερα υποβαθμισμένα, λόγω κυρίως της αλόγιστης διαχείρισης που εφαρμόστηκε στο πρόσφατο παρελθόν και αναπόφευκτα παράγουν πολύ λιγότερο του δυναμικού τους. Οι κλιματικές μεταβολές τον 21^ο αιώνα θα περιορίσουν ακόμη περισσότερο την ήδη υποβαθμισμένη παραγωγή, εάν δεν ληφθούν μέτρα προσαρμογής και μετριασμού των επικείμενων επιπτώσεων και εάν δεν αλλάξει η στρατηγική διαχείρισής τους και η πολιτική που εφαρμόζεται.

Με την εφαρμοζόμενη (σημερινή) στρατηγική διαχείρισης και χωρίς να ληφθούν πρόσθετα μέτρα εκτιμάται ότι εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών ως το έτος 2100 θα υπάρξει χωρική ανακατανομή των δασών της χώρας. Τα δάση των θερμόβιων κωνοφόρων και των αείφυλλων πλατύφυλλων θα επεκταθούν κατά 2% (B2) έως 3% (A2) και τα δάση ερυθρελάτης, ελάτης, οξυάς και μαύρης πεύκης θα συρρικνωθούν κατά 4% (B2) έως 8% (A2). Το 1% (B2) έως 2% (A2) των παράκτιων δασικών οικοσυστημάτων κινδυνεύουν με ερημοποίηση. Με την αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας θα επεκταθεί η αυξητική περίοδος των φυτών κατά 10-15 ημέρες, γεγονός που θα έχει θετική συμβολή στην παραγωγή δασών και λιβαδιών (ιδίως αν επικρατήσει το Σενάριο B2), καθώς τη χειμερινή περίοδο υπάρχει επάρκεια εδαφικής υγρασίας. Συνολικά όμως αναμένεται να υπάρξει μείωση της παραγωγής ξυλείας περίπου κατά 27% (B2) έως 35% (A2). Η μείωση της λιβαδικής παραγωγής αναμένεται να κυμανθεί από 10% (B2), έως 25% (A2). Σύμφωνα με το υπόδειγμα BIOME3, εκτιμάται ότι ο ρυθμός δέσμευσης του C από τα δάση για τα Σενάρια B2 και A2 θα μειωθεί κατά 25% και 35% αντίστοιχα έως το έτος 2050 και κατά 10% και 15% επιπλέον έως το 2100.

Με την άνοδο της θερμοκρασίας θα αυξηθεί ο αριθμός των πυρκαγιών τη θερινή περίοδο και η συνολική καμένη έκταση κατά 10% (B2) έως 20% (A2), με τη νότια ηπειρωτική Ελλάδα και την Κρήτη να πλήττονται περισσότερο. Η συχνότητα εμφάνισης πυρκαγιών στον ίδιο τόπο θα αυξηθεί από 10% έως 25% ανάλογα με το Σενάριο και τον επικρατούντα τύπο βλάστησης. Πέραν αυτών, θα αυξηθεί η επιφανειακή απορροή και η διάβρωση κατά 16% (B2) έως 30% (A2), με αποτέλεσμα να περιοριστεί η βαθιά διήθηση εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων και γενικά να μειωθεί η ποσότητα του διαθέσιμου χρησιμοποιήσιμου ύδατος κατά 25% (B2) έως 40% (A2), ενώ θα μειωθεί η αξία των άυλων αγαθών και περιβαλλοντικών υπηρεσιών κατά 5%-10%. Αναμένεται να συνεχιστεί η άνοδος της στάθμης της θάλασσας με ταχύτερους ρυθμούς και θα ανέλθει η στάθμη ακόμα και 1 μ. (A2) σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα, διαφοροποιώντας τη χωροκατανομή των υπαρχουσών χρήσεων γης σε παράκτιες περιοχές. Από την άνοδο αυτή η παραγωγή των παράκτιων δασών δεν αναμένεται να μεταβληθεί σημαντικά ενώ αυτή των λιβαδιών θα μειωθεί έως και 20%.

Αρνητικές συνέπειες αναμένεται να υπάρξουν στον τουρισμό και την αναψυχή, κυρίως τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, καθώς η μέση θερμοκρασία του αέρα και η συχνότητα, ένταση και διάρκεια των καυσώνων θα αυξηθούν. Προβλέπεται όμως ότι οι αρνητικές αυτές συνέπειες θα αντισταθμιστούν με την επέκταση της τουριστικής περιόδου, κυρίως τους μήνες Μάιο και Σεπτέμβριο, με αποτέλεσμα η μέση ετήσια τουριστική κίνηση να μη μεταβληθεί σημαντικά έως το τέλος του 21^{ου} αιώνα. Μολονότι η ποσοτικοποιημένη πρόβλεψη της επίπτωσης στην υγεία των ανθρώπων και η αύξηση του κόστους υγειονομικής περίθαλψης και αντιμετώπισης των κρουσμάτων είναι εξαιρετικά αβέβαιη, θα υποβαθμιστεί η ποιότητα ζωής στα μεγάλα αστικά κέντρα και θα αυξηθούν τα κρούσματα ασθενειών που συνδέονται με την υποβάθμιση του αστικού και περιαστικού περιβάλλοντος.

Εάν υπάρξουν ενέργειες για μετριασμό και αντιστάθμιση των δυσμενών επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών στις διεργασίες των οικοσυστημάτων αναμένεται να περιοριστούν σημαντικά οι αρνητικές επιπτώσεις, αλλά συνολικά θα υπάρξει μείωση των παραγόμενων υλικών και άυλων αγαθών και υπηρεσιών που προέρχονται από τα δασο-

λιβαδικά οικοσυστήματα, ιδίως αν επικρατήσει τελικά το Σενάριο A2. Το κόστος προσαρμογής της διαχείρισης για την αντιστάθμιση των δυσμενών επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών σε σχέση με το σημερινό θα είναι επιπλέον από 25% (B2) έως 40% (A2). Η προσαρμογή αυτή θα εστιαστεί στην εντατικοποίηση των καλλιεργητικών επεμβάσεων για περιορισμό του ανταγωνισμού, τον περιορισμό των διαβρώσεων και πλημμυρών, την ομαλοποίηση υδατικού ισοζυγίου με την αξιοποίηση των χειμερινών κατακρημνισμάτων καθώς και τη λήψη μέτρων για αποφυγή πιθανής ερημοποίησης περιοχών με χαμηλό υψόμετρο. Επίσης είναι σχεδόν βέβαιο ότι η κατασκευή φραγμάτων-αναχωμάτων σε στοχευμένες παράκτιες υψηλής οικολογικής και οικονομικής σημασίας (π.χ. Δέλτα ποταμών, λιμνοθάλασσες κ.λπ) θα κριθεί αναγκαία για τη διατήρηση και σταθεροποίηση των οικοσυστημάτων αυτών.

Πέραν των παραπάνω με την εφαρμογή και των πρόσθετων θεσμικών κυρίως μέτρων αναμένεται σε αρκετές περιπτώσεις οι αρνητικές επιπτώσεις των επικείμενων κλιματικών μεταβολών να υπερκεραστούν και να υπάρξουν σημαντικά πρόσθετα θετικά αποτελέσματα όπως: Αύξηση της παραγωγής των δασών και λιβαδιών καθώς και της αποθηκευτικής ικανότητας τους σε CO₂. Διατήρηση της συχνότητας και έντασης των καινοφανών ασθενειών για τα δασικά οικοσυστήματα στα σημερινά επίπεδα. Μείωση της διάβρωσης και απορροής συγκριτικά με τα σημερινά επίπεδα. Διατήρηση ή μικρή μείωση της παραγωγής χρησιμοποιήσιμου ύδατος. Σημαντική μείωση του αριθμού, της καμένης έκτασης, και των καταστροφών που προκαλούνται από τις πυρκαγιές. Περιορισμός του φαινομένου της ερημοποίησης και αποτελεσματική προστασία των ευαίσθητων και σπάνιων ειδών και τύπων βιότοπων. Μικρή υποβάθμιση της παραγωγής άυλων αγαθών και υπηρεσιών. Συμπερασματικά εκτιμάται ότι εάν ληφθούν άμεσα και τα εξειδικευμένα πρόσθετα θεσμικά μέτρα και εφαρμοστούν οι κατάλληλες νομοθετικές ρυθμίσεις και πολιτικές όχι μόνο θα αντισταθμιστούν οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αλλά θα υπάρξει πολλαπλό όφελος για τη χώρα μας. Η αναστροφή της καθοδικής πορείας υποβάθμισης των δασικών οικοσυστημάτων της χώρας από την επερχόμενη κλιματική αλλαγή και η επαναφορά τους σε παραγωγικότερη φάση είναι ένα στοίχημα που πρέπει να κερδηθεί σύντομα.

11. Βιβλιογραφία

11. 1. Ελληνική

- Γκουρμπάτσης, Α. (2010), "Η γεωγραφία αγροτοδοασικών πυρκαγιών", (2000-2010).
<http://olympia.gr/2010/08/05/>.
- Διεύθυνση Δασών Πέλλας (2010), "Έγκριση πρακτικών δημοπρασίας απόληψης δασικών προϊόντων από τα συν/τα δάση κεδρώνας, λύκων & πατήματος", Ελληνική Δημοκρατία, Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, Γενική Διεύθυνση Περιφέρειας, Διεύθυνση Δασών Πέλλας, Αρ. Πρωτ. 2919.
- Ε.Σ.Υ.Ε. (1995), "Κατανομή της εκτάσεως της Ελλάδος κατά βασικές κατηγορίες χρήσεως", Αθήνα.
- Ε.Σ.Υ.Ε. (2007), "Παραγωγή και πώληση βιομηχανικών προϊόντων (ετήσια έρευνα) - στατιστικές δευτερογενούς τομέα prodcorn", Αθήνα.
- Ε.Σ.Υ.Ε. (2009), "Εξωτερικό εμπόριο της Ελλάδος", τεύχος β, Αθήνα.
- Ζαφειρίου, Ε., Θ. Κουτρομανίδης, Γ. Αραμπατζής και Σ. Σοφίος (2007), "Μηχανισμός μεταβίβασης τιμών στον τομέα του ξύλου: Μια εμπειρική προσέγγιση. Ελληνικό Στατιστικό Ινστιτούτο", Πρακτικά 20ού Πανελληνίου Συνεδρίου Στατιστικής, 191-200.
- Ζερεφός, Χ. (2009), "Αναφορά προόδου ομάδας κλίματος", Επιτροπή μελέτης επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής, Νοέμβριος.
- Θυμάκης, Ν. (2009), "*Phoenix theophrasti* Greuter", Στο: Βιβλίο ερυθρών δεδομένων των σπάνιων & απειλούμενων φυτών της Ελλάδας [Φοίτος Δ., Θ. Κωνσταντινίδης, Γ. Καμάρη (εκδότες)], Ελληνική Βοτανική Εταιρία, Πάτρα.
- Κορωνάιος, Π. (2009), Κυριακάτικη Ελευθεροτυπία, 01/02/2009.
- Νάστης, Α.Σ. (1990), Πανελλήνιο Κτηνοτροφικό Συνέδριο, Ιωάννινα.
- Παπαναστάσης, Β.Π. (1982), "Παραγωγή των ποολίβαδων σε σχέση με τη θερμοκρασία αέρος και τη βροχή στη βόρεια Ελλάδα", Διατριβή για Υψηλές. Θεσσαλονίκη.
- Σουλιώτης, Ι. (2010), Καθημερινή, 12/06/2010.

- Σταματόπουλος, Ε. (2007), "Περιβαλλοντική Ευαισθησία – Ημερολόγιο 2008", Δίαυλος.
- Τορορής, Α. (1994), "Προεδρικό Διάταγμα 126/1986", Πρακτικά συνάντησης Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, 29-43, Θεσσαλονίκη.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (2010), "Απολογισμός δραστηριοτήτων δασικών υπηρεσιών έτους 2008", Αθήνα.

11.2. Ξενόγλωσση

- Airoldi, L. and M.W. Beck (2007), "Loss, status and trends for coastal marine habitats of Europe", *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. 45, 345-407.
- Alcamo, J., M. Flörke and M. Marker (2007), "Future long-term changes in global water resources driven by socioeconomic and climatic change", *Hydrological Science Journal*, 52, 247-275.
- Arnell, N.W. (1999), "Climate change and global water resources". *Global Environmental Change*, 9, S31-S49.
- Arora, V.K. and G.J. Boer (2001), "Effects of simulated climate change on the hydrology of major river basins", *Journal of Geophysical Research*, 106, 3335-3348.
- Bindoff, N.L., J. Willebrand, V. Artale, A. Cazenave, J. Gregory, S. Gulev, K. Hanawa, C. Le Quéré, S. Levitus, Y. Nojiri, C.K. Shum, L.D. Talley and A. Unnikrishnan (2007), "Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level". In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Bou-Zeid, E. and M. El-Fadel (2002), "Climate change and water resources in Lebanon and the Middle East", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 128, 343-55.
- Brubaker, L.B. (1986), "Responses of tree populations to climatic change", *Vegetation* 67, 119-130.

- California Economic Strategy Panel (2002), "Using multipliers to measure economic impacts".
- Carvalho, A., M.D. Flannigan, K.A. Logan, L.M. Gowman, A.I. Miranda and C. Borrego (2010), "The impact of spatial resolution on area burned and fire occurrence projections in Portugal under climate change", *Climate Change*, 98, 177-97.
- Chmielewski, F.-M. and T. Rötzer (2001), "Response of tree phenology to climate change across Europe", *Agricultural and Forest Meteorology*, 108, 101-12.
- Chuine I., P. Cour and D.D. Rouseasu (1999), "Selecting models to predict the timing of flowering of temperate trees: implication for tree phenology modeling", *Plant, Cell and Environment*, 22, 1-13.
- Ciais, P., M. Reichstein, N. Viovy, A. Granier, J. Ogee, V. Allard, et al. (2005), "Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003", *Nature* 437, 529-533.
- Clark, D.A., C.S. Brown, D.W. Kicklighter, J.Q. Chambers, J.R. Thomlinson and S. Ni (2001), "Measuring net primary production in forests: Concepts and field methods", *Ecological Applications* 11, 356-370.
- Dale, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, R.P. Neilson, M.P. Ayres, M.D. Flannigan, et al. (2001), "Climate change and forest disturbances", *BioScience* 51, 723-734.
- Dasgupta, P. (2007), "The stern review's economics of climate change", *National Institute Economic Review*, 199, 4.
- Davis, W.J. (2006), "Responses of plant growth and functioning to changes in water supply in a changing climate". In: *Plant Growth and Climate Change*, [Morison, J.I.L. and M. D. Morecroft (eds.)]. Blackwell Publishing Ltd., Oxford.
- Day, J.W. Jr., D. Pont, P.E. Hensel and C. Ibañez (1995), "Impacts of sea-level rise on Deltas in the Gulf of Mexico and the Mediterranean: The importance of pulsing events to sustainability", *Estuaries*, 18, 636-47.
- de Dios, V. R., C. Fischer and C. Colinas (2007), "Climate change effects on Mediterranean forests and preventive measures", *New Forests*, 33, 29-40.
- Díaz, S. and M. Cabido (1997), "Plant functional types and ecosystem function in relation to global change", *Journal of Vegetation Science*, 8, 463-474.

- Dronin, N. and A. Kirilenko (2008), "Climate change and water resources in North Caucasus and South Urals". In: *Rescue of sturgeon species in the Ural river basin*, [Lagutov V. (ed.)]. Springer, Berlin.
- European Environmental Agency, (2007). "Climate change: The cost of inaction and the cost of adaptation", EEA Technical Report, No 13 / 2007.
- FAO, (2003), "State of the World's Forests 2003", United Nations Food and Agricultural Organization. Rome, Italy.
- Flannigan, M.D., B.J. Stocks and B.M. Wotton (2000), "Climate change and forest fires", *The Science of the Total Environment*, 262, 221-29.
- Forestry Commission of Europe, (2000), "English forestry contribution to rural economies".
- Founda, D. and C. Giannakopoulos (2007), "The exceptionally hot summer of 2007 in Athens, Greece — A typical summer in the future climate?", *Global and Planetary Change*, 67, 227-36.
- Giannakopoulos, C., M Bindi., M Moriondo., P. Lesager and T. Tin (2005), "Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global temperature rise", WWF report, Gland Switzerland. Accessed, 1, 2006.
- Giannakopoulos, C., D. Founda and C. Zerefos (2007), "Estimating present and future fire risk in Greece: Links with the destructive fires of summer 2007". National Observatory of Athens, Athens, Greece.
- Giannakopoulos, C., P. Le Sager, M. Bindi, M. Moriondo, E. Kostopoulou and C. M. Goodes (2009), "Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming". *Global and Planetary change*, 68, 209-224.
- Goudriaan, J. (1992), "Biosphere structure, carbon sequestering potential and the atmospheric 14C carbon record", *Journal of Experimental Botany* 43, 1111-1119.
- Gower, S.T., R.E. McMurtrie and D. Murty (1996), "Aboveground net primary production decline with stand age-potential causes", *Trends in Ecology and Evolution*, 11, 378-382.

- Griffiths, A. (2002), "Indigenous forestry on private land: Present trends and future potential. MAF" Technical Paper No 01/6, Prepared for the Indigenous Forestry Unit, Ministry of Agriculture and Forestry, New Zealand.
- Gritti, E.S., B. Smith and M.T. Sykes (2006), "Vulnerability of Mediterranean basin ecosystems to climate change and invasion by exotic plant species", *Journal of Biogeography*, 33, 145-157.
- Hennessy, K., B. Fitzharris, B.C. Bates, N. Harvey, S.M. Howden, L. Hughes, J. Salinger and R. Warrick (2007), "Australia and New Zealand. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability". In: *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Hódar, J.A., J. Castro and R. Zamora (2003), "Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming", *Biological Conservation*, 110, 123–129.
- Hoff, C., S. Rambal and R. Joffre (2002), "Simulating carbon and water flows and growth in a Mediterranean evergreen *Quercus ilex* coppice using the FOREST-BGC model", *Forest Ecology and Management*, 164, 121-136.
- Hovsepyan, A. and H. Melkonyan (2007), "Model Simulations of Climate Change over the South Caucasus during 21st Century". Report prepared for the World Bank.
- I.P.C.C. (1990), "Strategies for adaption to sea level rise", Report of the Coastal Zone Management Subgroup, November 1990.
- Johnsen, K., L. Samuelson, R. Teskey, S. MvNulty and T. Fox (2001), "Process models as tools in forestry research and management", *Forest Science*, 47, 2-8.
- Jump, A.S., J.M. Hunt and J. Peñuelas (2006), "Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*", *Global Change Biology*, 12, 2163-2174.
- Karjalainen, T., A. Pussinen, J. Liski, G.-J. Nabuurs, T. Eggers, T. Lapveteläinen and T. Kaipainen (2003), "Scenario analysis of the Impacts of forest management and

- climate change on the European forest sector carbon budget", *Forest Policy and Economics*, 5, 141-155.
- Kazakis, G., D. Ghosn, I.N. Vogiatzakis and V.P. Papanastasis (2006), "Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Lefka Ori, Crete", *Biodiversity and Conservation*, 16, 1603-1615.
- Kramer, K., I. Leinonen and D. Loustau (2000), "The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forest ecosystems: an overview", *International Journal of Biometeorology*, 44, 67-75.
- Kräuchi, N. and F. Kienast (1993), "Modelling subalpine forest dynamics as influenced by a changing environment", *Water Air and Soil Pollution*, 68, 185–197.
- Kuglitsch, F. G., A. Toreti, E. Xoplaki, P. M. Della Marta, C. S. Zerefos, M. Türkeş and J. Luterbacher, (2010), "Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960", *Geographical Research Letters*, 37, 1-5.
- Kutiel, P., H. Lavee and O. Ackermann, (1998), "Spatial distribution of soil surface coverage on north and south facing hillslopes along a Mediterranean to extreme arid climatic gradient", *Geomorphology*, 23, 245-256.
- La Porta, N., P. Capretti, I.M. Thomsen, R. Kasanen, A.M. Hietala and K. Von Weissenberg (2008), "Forest pathogens with higher damage potential due to climate change in Europe", *Canadian Journal of Plant Pathology*, 30, 177-195.
- Law, B.E., P.E. Thornton and J. Irvine, P.M. Anthoni and S. Van Tuyl (2001), "Carbon storage and fluxes in ponderosa pine forests of different developmental stages", *Global Change Biology*, 7, 755-779.
- Le Houérou, H.L. (1996), "Climate change, drought and desertification", *Journal of Arid Environments*, 34, 133-85.
- Lloyd, A.H. (1997), "Response of tree-line populations of foxtail pine (*Pinus balfouriana*) to climate variation over the last 1000 years", *Canadian Journal of Forest Research*, 27, 936-942.

- Maheras, G. (2002), "Forests fires in Greece. The analysis of the phenomenon affecting both natural and human environment. The role of sustainable development in controlling fire effects", M.Sc. Thesis, Lund University, Sweden.
- Maracchi, G., O. Sirotenko and M. Bindi (2005), "Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe", *Climate Change*, 70, 117-135.
- Mariotti, A. and M.V. Struglia (2002), "The hydrological cycle in the Mediterranean region and implications for the water budget of the Mediterranean sea", *Journal of Climate*, 15, 1674-1690.
- Morales, P., M.T. Sykes, I.C. Prentice, P. Smith, B. Smith, H Bugmann, et al. (2005), "Comparing and evaluating process-based ecosystem model predictions of carbon and water fluxes in major European forest biomes", *Global Change Biology*, 11, 2211-2233.
- Moriondo, M., P. Good, R. Durao, M. Bindi, C. Gianakopoulos and J. Corte-Real (2006), "Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area", *Climate Research*, 31, 85-95.
- Mouillot, F., S. Rambal and R. Joffre (2002), "Simulating climate change impacts on fire frequency and vegetation dynamics in a Mediterranean-type ecosystem", *Global Change Biology*, 8, 423-437.
- Newell, R.G. and W.A. Pizer (2003), "Discounting the distant future: How much do uncertain rates increase valuations?", *Journal of Environmental Economics and Management*, 46, 52-71.
- Nicholls, R. (2004), "Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: Changes under the stress climate and socio-economic scenarios", *Global Environmental Change*, 14, 69-86.
- Nicholls, R.J. and F.M.J. Hoozemans (1996), The Mediterranean: vulnerability to coastal implications of climate change, *Ocean and Coastal Management*, 31, 105-132.
- Nicholls, R., F. Hoozemans and M. Marchand (1999), "Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: Regional and global analyses", *Global Environmental Change*, 9, S69-S87.

- Nicholls, R.J. and R.J.T. Klein (2005), "Climate change and coastal management on Europe's coast", In: *Managing European coasts: Past, present and Future*. [Vermaat, J.E., L. Bouwer, K. Turner, W. Salomons (eds.)]. Springer-Verlag, Berlin.
- Nordhaus, W. (2007a), "Economics: Critical assumptions in the stern review on climate change", *Science*, 317, 5835: 201.
- Nordhaus, W. (2007b), "A review of the Stern review on the economics of climate change", *Journal of Economic Literature*, 45, 686-702.
- Öko Inc. (2001), "Agricultural Water Management Policies in Bulgaria, Hungary, Romania and Slovakia". Final Report, Öko Inc., Budapest, In: *K. William Easter and Yang Liu (Eds), Cost Recovery and Water Pricing for Irrigation and Drainage Projects, Agriculture and Rural Development Discussion, Paper 26, (2005), The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington, DC.*
- Peñuelas, J., I. Fillela and P. Comas (2002), "Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region", *Global Change Biology*, 8, 531-544.
- Peñuelas, J. and M. Boada (2003), "A global change-induced biome shift in the Montseny Mountains (NE Spain)", *Global Change Biology*, 9, 131-140.
- Prakash, S. (2010), "Forests in danger: Failure of EU policy for forests and what needs to change", [Wainwright R. (ed.)]. FERN., EU, ISBN code: 978-1-906607-11-1.
- Rahmstorf, S. (2007), "Sea-Level Rise: A semi-Empirical Approach to Projecting Future", *Science*, 315, 368-70.
- Royce, E.B. and M.G. Barbour (2001), "Mediterranean climate effects. II. Conifer growth phenology across a Sierra Nevada ecotone", *American Journal of Botany*, 88, 919-932.
- Rutty, M.K. (2009), "Will the Mediterranean become "too hot" for tourists? A reassessment", Ph.D. Thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada.
- Sabaté, S., C.A. Gracia and A. Sánchez (2002), "Likely effects of climate change on growth of *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* and

- Fagus sylvatica* forests in the Mediterranean region", *Forest Ecology and Management*, 162, 23-37.
- Salinger, M.J., M.V.K. Sivakumar and R. Motha (2005), "Reducing vulnerability of agriculture and forestry to climate variability and change: Workshop summary and recommendations", *Climate Change*, 70, 341-362.
- Sánchez, E., C. Gallardo, M.A. Gaertner, A. Arribas and M. Castro (2004), "Future climate extreme events in the Mediterranean simulated by a regional climate model: a first approach", *Global and Planetary Change* 44, 163-180.
- Schelhaas, M.J., G. Hengeveld, M. Moriondo, G.J. Reinds, Z.W. Kundzewicz, H. ter Maat and M. Bindi (2010), "Assessing risk and adaptation options to fires and windstorms in European forestry", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7: 681-701.
- Semmler, T. and D. Jacob (2004), "Modeling extreme precipitation events – a climate change simulation for Europe", *Global and Planetary Change*, 44, 119-127.
- Sohngen, B. and R. Sedjo (2005), "Impacts of climate change on forest product markets: Implications for North American producers", *Forestry Chronicle*, 81, 669-74.
- Stern, N. (2008), "The economics of climate change", *American Economic Review*, 98, 1-37.
- Stern, N., S. Peters, V. Bakhshi, A. Bowen, C. Cameron, S. Catovsky et al. (2006), "Stern review: The economics of climate change". HM Treasury, London.
- Stern, N. and G. Treasury (2007), "The economics of climate change: The Stern review", Cambridge University Press.
- Sykes, M.T. and I.C. Prentice (1996), "Climate change, trees species distribution and forest dynamics: a case study in the mixed conifer/northern hardwoods zone of northern Europe", *Climate Change*, 34, 161-177.
- Thorpe, T. (1998), "Investment in indigenous forestry", *New Zealand Journal of Forestry*, 43, No 2.
- Thymakis, N., D.C. Kontodimas, P.G. Mylonas, V. Vassiliou and D. Economou (2006), "The occurrence of *Rhynchophorus ferrugineus* in Greece and Cyprus and the risk

against the native Greek palm tree *Phoenix theophrasti* Greuter", *Entomologica Hellenica*, 16, 11-15.

Torn, M.S., E. Mills and J.S. Fried (1999), "Will climate change spark more wildfire damages", California: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Varian, H. (2006), "Recalculating the costs of global climate change", *The New York Times*.

Weitzman, M. (2007), "A review of the Stern review on the economics of climate change", *Journal of Economic Literature*, 45, 703-24.

White, M. A., S. W. Running and P.E. Thornton (1999), "The impact of growing-season length variability on carbon assimilation and evapotranspiration over 88 years in the eastern US deciduous forest", *International Journal of Biometeorology*, 42, 139-145.

Whitehead, D., J.R. Leathwick and A.S. Walcroft (2001), "Modeling annual carbon uptake for the indigenous forest of New Zealand", *Forest Science*, 47, 9-20.