



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΟΙ ΕΠΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΟΥΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ – Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΜΠΙΛΛΗ ΙΩΑΝΝΑ Α.Μ: 3019002

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΚΑΒΑΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΤΟΠΟΣ: ΛΑΡΙΣΑ
ΕΤΟΣ: 2024

Περίληψη

Η φράση "διαχείριση των υδάτινων πόρων" αναφέρεται σε όλες τις τεχνικές και πρωτοβουλίες που είναι απαραίτητες για την αποτελεσματικότερη χρήση των διαθέσιμων αποθεμάτων νερού. Ως εκ τούτου, περιλαμβάνει τόσο επιχειρησιακές παρεμβάσεις και διοικητικές ενέργειες όσο και επιστημονικές μεθοδολογίες και διαδικασίες που στοχεύουν στην αλλαγή της κατάστασης των υδάτινων σωμάτων, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη από τη χρήση τους, σύμφωνα με τα κριτήρια, τις προτεραιότητες και τους στόχους που έχουν τεθεί. Έτσι, είναι προφανές ότι η διαχείριση των υδάτινων πόρων είναι μια πολύπλοκη, διεπιστημονική διαδικασία που περιλαμβάνει μια σειρά από επιστημονικά πεδία και επιδιώκει την εναρμόνιση των πραγματικών συγκρούσεων που αναπτύσσονται, προκειμένου να διευκολυνθεί η αναζήτηση των βέλτιστων πολιτικών. Η διαχείριση των υδάτινων πόρων μπορεί να συγκριθεί με μια οικονομική δραστηριότητα που έχει συγκεκριμένα κριτήρια αλλά διέπεται επίσης από τους κανόνες της προσφοράς και της ζήτησης. Η κύρια διάκριση μεταξύ της οικονομικής θεωρίας και της διαχείρισης των υδάτινων πόρων έγκειται στο πόσο μοναδικό είναι το νερό σε σύγκριση με άλλα εμπορικά αγαθά: είναι ένα φυσικό περιβαλλοντικό προϊόν που σπανίζει, έχει ισχυρή κοινωνική συνιστώσα, είναι δυσανάλογα κατανεμημένο και ποικίλλει τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο. Η συγκεκριμένη εργασία επικεντρώνεται στον περιφερειακό σχεδιασμό, πιο συγκεκριμένα στην Περιφέρεια Θεσσαλίας. Μετά από μια ενδελεχή εξέταση των στοιχείων που συνθέτουν την Περιφέρεια, παρατίθεται λεπτομερής κατάλογος των αναμενόμενων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβανομένων τόσο των καλών όσο και των αρνητικών, καθώς και των περιοχών και των κλάδων που είναι περισσότερο ευάλωτοι.

Λέξεις κλειδιά

Υδάτινοι πόροι, κλιματική αλλαγή, επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής, μελέτη Θεσσαλίας

Abstract

The phrase "water resources management" refers to all techniques and initiatives necessary to make the most efficient use of available water supplies. Hence, it involves both operational interventions and administrative actions as well as scientific methodologies and procedures targeted at changing the status of water bodies in order to maximize the benefits from their utilization, in line with the set criteria, priorities, and goals. So, it is evident that managing water resources is a complicated, interdisciplinary process that involves a number of disciplines and seeks to harmonize the real-world conflicts that develop in order to make the search for the best policies easier. The management of water resources can be compared to an economic activity that has certain criteria but is also governed by the rules of supply and demand. The main distinction between economic theory and water resources management is how unique water is in comparison to other commercial goods: it is a natural environmental product that is scarce, has a strong social component, is disproportionately distributed, and varies in both space and time. This article concentrates on regional planning, more specifically in the Region of Thessaly. As a result, following a thorough examination of the region's constituent parts, a detailed list of the anticipated effects of climate change, whether favorable or bad, as well as the regions and industries that are most vulnerable, is provided.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	1
----------------	---

Abstract	1
Πίνακας Περιεχομένων	2
Εισαγωγή	4
Κεφάλαιο 1ο : Η Κλιματική Αλλαγή	6
Κεφάλαιο 2ο : Υδάτινοι Πόροι	10
Κεφάλαιο 3ο : Κλιματική Αλλαγή και Υδάτινοι πόροι	14
Κεφάλαιο 4ο : Επιπτώσεις Κλιματικής Αλλαγής	21
Κεφάλαιο 5ο: Μελέτη περίπτωσης Θεσσαλίας	24
5.1 Κλιματικά χαρακτηριστικά	24
5.2 Μορφολογικά, τοπολογικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά	25
5.3 Υδάτινοι πόροι	25
5.4 Χλωρίδα, πανίδα & προστατευόμενες περιοχές	27
5.5 Διεθνείς Συμβάσεις για την προστασία του περιβάλλοντος	27
5.6 Περιβαλλοντική κατάσταση	31
5.7 Αναμενόμενες κλιματικές μεταβολές και οι επιπτώσεις τους	32
5.7.1 Άνοδος στάθμης της θάλασσας	32
5.7.2 Φυσικές καταστροφές	33
5.7.3 Αλιεία και Υδατοκαλλιέργειες	36
5.7.4 Υδάτινοι πόροι	37
Κεφάλαιο 6ο : Μέτρα και δράσεις προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή	38
6.1 Γεωργία	39
6.2 Δασικά Οικοσυστήματα	41
6.3 Βιοποικιλότητα	42
6.4 Αλιεία και Υδατοκαλλιέργειες	43
6.5 Υδάτινοι πόροι	44
6.6 Έρευνες για την κλιματική αλλαγή στη Θεσσαλία	45
Κεφάλαιο 7ο : Προτεινόμενα μέτρα και Συμπεράσματα	46
Βιβλιογραφία	50

Εισαγωγή

Πολλοί ειδικοί έχουν μελετήσει τις πιθανές αλλαγές στο κλίμα, τόσο σε τυπικές όσο και σε ακραίες καταστάσεις. Αναμφισβήτητα, η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι σήμερα μια πραγματικότητα. Η αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (CO₂), ιδίως του διοξειδίου του άνθρακα, τα τελευταία 50 χρόνια θεωρείται ευρέως ότι συνέβαλε σημαντικά στην αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας. Η αύξηση της μέσης παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας, το εκτεταμένο λιώσιμο του χιονιού και των πάγων και η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας του αέρα και των ωκεανών υποστηρίζουν τη θεωρία ότι η κλιματική αλλαγή είναι πραγματική. Η αύξηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας άρχισε προς το τέλος του 19ου αιώνα και καθ' όλη τη διάρκεια του 20ού αιώνα θερμάνθηκε με μέσο ρυθμό 0,7 °C ανά 100 χρόνια.

Στα περισσότερα μέρη του κόσμου, η ανοδική τάση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας θα συνεχιστεί τον 21ο αιώνα και, ανάλογα με το πώς θα μεταβληθούν οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου, η μέση ατμοσφαιρική θερμοκρασία αναμένεται να αυξηθεί κατά 1,8-4 °C. Η πρόβλεψη αυτή προέρχεται από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2007). Τα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη και οι ηπειρωτικές περιοχές προβλέπεται να έχουν μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας από ό,τι οι ωκεάνιες περιοχές. Ο προσδιορισμός του τρόπου με τον οποίο θα αλλάξει το κλίμα στο μέλλον γίνεται όλο και πιο κρίσιμος, δεδομένων των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα οικοσυστήματα, την οικονομία, τη βιομηχανική παραγωγή και την ανθρώπινη ζωή γενικότερα. Η επιστημονική κοινότητα έχει καταβάλει μεγάλη προσπάθεια για τον προσδιορισμό του τρόπου με τον οποίο η αναμενόμενη κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει πολλούς τομείς της κοινωνικής ζωής και του περιβάλλοντος, ιδίως τα τελευταία χρόνια. Η σοβαρότητα της προαναφερθείσας κλιματικής αλλαγής και οι επιπτώσεις της δεν θα είναι οι ίδιες παντού στον κόσμο- σε ορισμένα μέρη και σε ορισμένους κλάδους μπορεί να είναι ακόμη και εφικτά τα οφέλη. Το νερό είναι απαραίτητο για τη ζωή και είναι ζωτικής σημασίας για την κοινωνική αρμονία και τη μακροπρόθεσμη οικονομική ανάπτυξη. Το νερό αποτελεί βασικό φυσικό πόρο για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και τη στήριξη της ζωής. Για τη διατήρηση των περιβαλλοντικών ισορροπιών και την παροχή νερού για τη βιομηχανία, τη βιοτεχνία, τις αστικές και τουριστικές περιοχές, τη γεωργία και άλλες χρήσεις, χρησιμοποιούνται υδάτινοι πόροι. Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή και η ακατάλληλη διαχείριση των υδάτων έχουν τη δυνατότητα να διαταράξουν σοβαρά την οικολογική ισορροπία των ειδών, θέτοντας σε κίνδυνο την υγεία του οικοσυστήματος στο σύνολό του. Μια αλλαγή σε ένα από τα πολύπλοκα αλληλένδετα συστήματα - κλίμα, νερό, βιοφυσικά ή κοινωνικοοικονομικά- θα έχει αντίκτυπο στα υπόλοιπα. Η σχέση μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και των υδάτινων πόρων καθιστά αναγκαία την καλύτερη κατανόηση της ανθρώπινης ή μη κλιματικής αλλαγής γενικά, των επιπτώσεών της και του τρόπου ελαχιστοποίησής της. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει τις ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό και τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων. Η ιδέα των υδάτινων πόρων προέρχεται από τη σύνδεση μεταξύ της ανάγκης για νερό για διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες (ανάγκες σε νερό) και της ανακάλυψης ή ύπαρξης υδάτινων πόρων (ροές και αποθέματα) στο φυσικό περιβάλλον που μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν για την ικανοποίηση αυτών των αναγκών.

Οι υδατικοί πόροι μπορούν επίσης να θεωρηθούν ως μια πιθανή πηγή παροχής νερού από το περιβάλλον. Η προαναφερθείσα σύνδεση μπορεί να εκδηλωθεί σε διάφορα γεωγραφικά και οικονομικά πλαίσια.

Η ζήτηση και η προσφορά (υδάτινων πόρων) περιγράφονται από:

- (α) τη χωρική τους τοποθέτηση,
- (β) τη διακύμανση της διαθεσιμότητας νερού (ροή ή προσφορά) στο χρόνο, και
- (γ) το πρότυπο του νερού.

Όσον αφορά την ποιότητα, μπορεί να διαχωριστεί σε:

α) ποιότητα παροχής, η οποία βασίζεται στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού στο φυσικό του περιβάλλον, οι οποίες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη ροή και εξαρτώνται από τη χρήση (κριτήρια αναγκών για το φυσικό περιβάλλον), και

β) τα πρότυπα για κάθε χρήση νερού, τα οποία εκφράζονται με όρους απαιτήσεων ποιότητας και τα οποία μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου σύμφωνα με τις συνεχώς εξελισσόμενες ιδέες της τοξικολογίας, της ιατρικής (ύδρευση), της βιοτεχνολογίας (άρδευση), της τεχνολογίας (βιομηχανική χρήση) και της οικολογίας (Παπανδρέου, 2000).

Από οικονομικής άποψης, υπάρχουν τρεις κατηγορίες υδάτινων πόρων: επάρκεια, πλεόνασμα και έλλειψη. Προκειμένου να επιλεγούν οι καλύτεροι υδατικοί πόροι για κάθε χρήση, οι κατηγορίες αυτές αναλύονται περαιτέρω σε: - το κόστος προσφοράς, το οποίο προσαρμόζεται στη συγκεκριμένη σχέση προσφοράς και ζήτησης σε σχέση με τις προαναφερθείσες παραμέτρους (θέση, κατάσταση και ποιότητα)- και - το κόστος ζήτησης, το οποίο εκφράζεται σε όρους διαφόρων "αξιών νερού" (προστιθέμενη αξία, αξία χρήσης κ.λπ.). Το ιδανικό περιβάλλον για τη δημιουργία και την παρουσίαση του ποσοτικού υδατικού ισοζυγίου παρέχεται από ένα σύστημα υδατικών πόρων. Όταν αυτή η ισορροπία συζητείται σε όρους συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου, τότε ποσοτικοποιείται (Παπανδρέου, 2000).

Κεφάλαιο 1ο : Η Κλιματική Αλλαγή

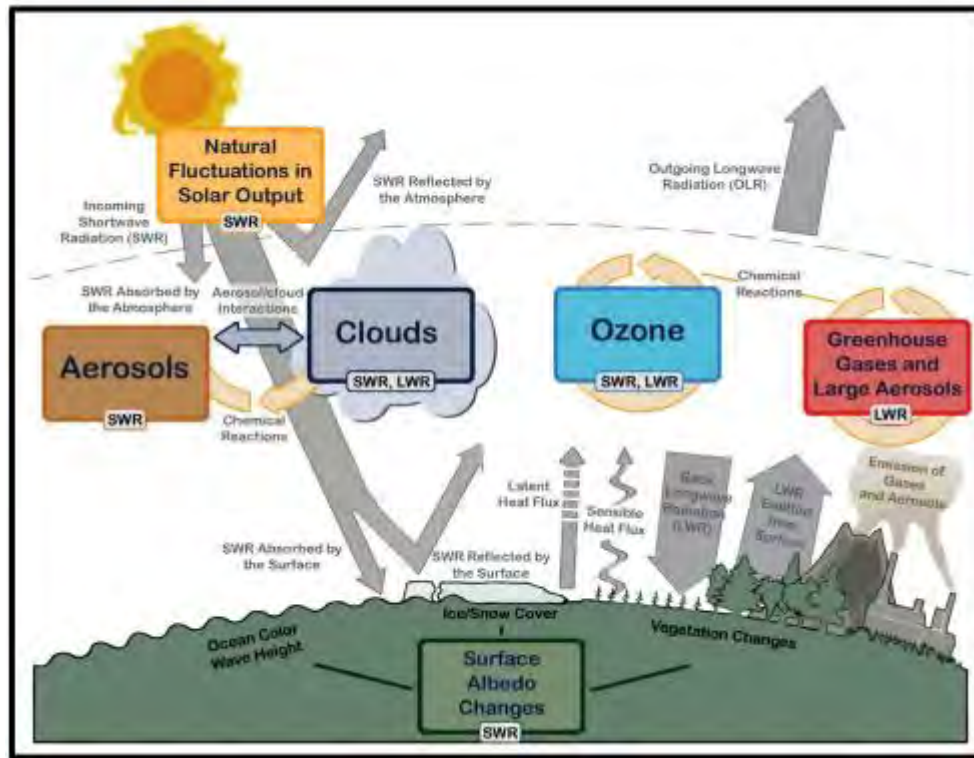
Η μέση καιρική κατάσταση, γνωστή και ως η σύνθεση του καιρού για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα που απαιτείται για τον καθορισμό στατιστικών παραμέτρων και την εξάλειψη των λαθών, είναι αυτό που εννοείται με τον όρο "κλίμα". Αυτή η

στατιστική αναπαράσταση των ποικίλων καιρικών συνθηκών είναι αυτό που εννοείται με αυτόν τον ορισμό (Φλόκας, 1997). Ο καιρός χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο μετεωρολογικών παραμέτρων και ορίζεται ως η κατάσταση της ατμόσφαιρας σε μια δεδομένη τοποθεσία για μια δεδομένη χρονική στιγμή, συμπεριλαμβανομένης της εξέλιξης αυτής της κατάστασης από την αρχή έως το τέλος ορισμένων ατμοσφαιρικών διαταραχών. Η ατμόσφαιρα, η επιφάνεια της Γης, το χιόνι και ο πάγος, οι ωκεανοί, η επιφάνεια και τα υπόγεια ύδατα των ηπείρων και τα έμβια είδη αλληλεπιδρούν για τη δημιουργία του κλιματικού συστήματος (IPCC, 2007).

Η δυναμική του ίδιου του κλιματικού συστήματος και τα διάφορα εξωτερικά στοιχεία που το επηρεάζουν αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου, προκαλώντας την εξέλιξη του κλιματικού συστήματος (IPCC, 2007). Τα διάφορα τμήματα του κλίματος της Γης στο παρελθόν δεν παρουσίαζαν τα ίδια χαρακτηριστικά με τα σημερινά. Έχει υποστεί σημαντικές μεταβολές κατά τη διάρκεια των εκατομμυρίων ετών που προηγήθηκαν. Κατά τη διάρκεια μιας περιόδου περίπου 250 εκατομμυρίων ετών, οι πολικοί πάγοι έχουν κατά καιρούς εξαπλωθεί σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, καλύπτοντας μερικές φορές έως και το 40% της επιφάνειας του πλανήτη, ενώ άλλες φορές έχουν περιοριστεί στην πολική περιοχή. Η εύρεση ιστορικών δεδομένων και η ενδελεχής ανάλυσή τους μας επιτρέπει να αποκτήσουμε πολύτιμες γνώσεις για το πώς έχει αλλάξει το κλίμα και, ενδεχομένως, πώς μπορεί να αλλάξει στο μέλλον. Οι συστηματικές μετεωρολογικές παρατηρήσεις είναι προσβάσιμες εδώ και περίπου 150 χρόνια, αν και παλαιότερες περίοδοι μελετώνται με διάφορες προσεγγίσεις, συμπεριλαμβανομένης της ανάλυσης των δακτυλίων αύξησης των δέντρων, της μελέτης ιστορικών δεδομένων, της ανάλυσης λιμναίων ιζημάτων, της ανάλυσης της σύστασης των πάγων και της έρευνας ραδιοϊσοτόπων (Διαμαντοπούλου et al., 2008).

Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO-World Meteorological Organization) ιδρύθηκε το 1950 από το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (United Nations Environment Programme - UNEP). Ο όρος "κλιματική αλλαγή", σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2007), αναφέρεται σε μια αλλαγή στην κατάσταση του κλίματος που μπορεί να προσδιοριστεί (π.χ. με τη χρήση στατιστικών ελέγχων) μέσω αλλαγών στη μέση τιμή και/ή στη μεταβλητότητα των κλιματικών παραμέτρων που επιμένουν για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα, συνήθως μερικές δεκαετίες ή περισσότερο. Οποιαδήποτε αλλαγή στο κλίμα που μπορεί να αποδοθεί είτε στη φυσική κλιματική μεταβλητότητα είτε στην ανθρώπινη δράση αναφέρεται ως τέτοια (Διαμαντοπούλου et al., 2008).

Οι φυσικές εσωτερικές κλιματικές διεργασίες ή οι αλλαγές σε συγκεκριμένα εξωτερικά στοιχεία έχουν αντίκτυπο στο κλιματικό σύστημα. Αυτές οι εξωτερικές επιδράσεις μπορεί να είναι ανθρωπογενείς, αποτέλεσμα διαφόρων ανθρώπινων ενεργειών (εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, παραγωγή αιωρούμενων σωματιδίων, αλλαγή χρήσης γης, χρήση ουσιών που καταστρέφουν το όζον), ή να είναι φυσικής προέλευσης (διακυμάνσεις της ηλιακής ακτινοβολίας, ηφαιστειακή δραστηριότητα) (IPCC, 2007). Στο σχήμα επισημαίνονται τα βασικά στοιχεία που επηρεάζουν το κλίμα.



Σχήμα 1: Ενεργειακό ισοζύγιο και παράγοντες που επηρεάζουν το κλιματικό σύστημα. Πηγή: IPCC, 2013.

Η ηλιακή ακτινοβολία χρησιμεύει ως καύσιμο για το κλιματικό σύστημα. Οι τρεις κύριες μέθοδοι με τις οποίες μπορεί να μεταβληθεί το ισοζύγιο ακτινοβολίας της Γης είναι οι εξής:

- 1) με τη μεταβολή της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (για παράδειγμα, ως αποτέλεσμα τροποποιήσεων της τροχιάς του ήλιου ή της Γης),
- 2) λόγω μεταβολών στην ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία (που προκαλούνται, για παράδειγμα, από μεταβολές στη βλάστηση, τη νέφωση ή άλλα ατμοσφαιρικά συστατικά), και
- 3) μεταβολές στη μακράς εμβέλειας ακτινοβολία της Γης προς το διάστημα, όπως αυτές που προκαλούνται από τη μεταβολή των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου (Διαμαντοπούλου et al., 2008).

Στη συνέχεια, το κλίμα αντιδρά σε αυτές τις αλλαγές τόσο άμεσα όσο και έμμεσα μέσω ενός αριθμού μηχανισμών ανατροφοδότησης (IPCC, 2007). Κατά τη διάρκεια της ημέρας, 1370 Watt ενέργειας προβάλλονται σε μια επιφάνεια που έχει

μέγεθος ένα τετραγωνικό μέτρο (m^2) και περίπου το 30% αυτής της ενέργειας ανακλάται πίσω στο διάστημα. Αυτό συμβαίνει επειδή υπάρχουν σύννεφα και αιωρούμενα σωματίδια του αέρα (αερολύματα). Οι έρημοι και τα μέρη που καλύπτονται από χιόνι ή πάγο αντανακλούν επίσης μέρος του ηλιακού φωτός. Οι μεγάλες ηφαιστειακές εκρήξεις που απελευθερώνουν σημαντικούς όγκους σωματιδίων στην ατμόσφαιρα προκαλούν τις πιο έντονες μεταβολές στην ποσότητα της ανακλώμενης ακτινοβολίας. Όταν συμβαίνει μια πολύ ισχυρή ηφαιστειακή έκρηξη, τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να επηρεάσουν το κλίμα για ένα ή ακόμη και δύο χρόνια πριν εισέλθουν στην τροπόσφαιρα και τελικά εξαλειφθούν μέσω των κατακρημνισμάτων. Κανονικά, η βροχή μπορεί να απαλλάξει την ατμόσφαιρα από τα αιωρούμενα σωματίδια σε μία ή δύο εβδομάδες (Stournaras, 2010).

Έτσι, οι μεγάλες ηφαιστειακές εκρήξεις μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση κατά $0,50\text{ }^{\circ}\text{C}$ της παγκόσμιας μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας που μπορεί να διαρκέσει για μήνες ή και χρόνια. Ορισμένα τεχνητά δημιουργημένα σωματίδια του αέρα μπορούν επίσης να εκτρέψουν σε μεγάλο βαθμό την ηλιακή ακτινοβολία (IPCC, 2007). Η επιφάνεια και η ατμόσφαιρα της Γης απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία που δεν αντανακλάται πίσω στο διάστημα. Η ποσότητα αυτή είναι περίπου 240 W/m^2 . Η ίδια η Γη πρέπει να εκπέμπει περίπου την ίδια ποσότητα ενέργειας πίσω στο διάστημα με αυτή που λαμβάνει, προκειμένου να εξισορροπήσει την εισερχόμενη ενέργεια. Αυτό επιτυγχάνεται με την ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος που εκπέμπει συνεχώς η γη. Μια επιφάνεια θα πρέπει να έχει θερμοκρασία κοντά στους -19°C για να εκπέμψει 240 W/m^2 . Σε σύγκριση με τις θερμοκρασίες στην επιφάνεια της Γης, η θερμοκρασία αυτή είναι πολύ χαμηλότερη. Η ύπαρξη των αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία λειτουργούν όπως το γυαλί ή το νάιλον σε ένα θερμοκήπιο εμποδίζοντας την υπέρυθη ακτινοβολία να εξέλθει από την υδρόγειο, είναι αυτό που κάνει την επιφάνεια της γης να είναι τόσο θερμή. Το "φαινόμενο του θερμοκηπίου" είναι η ονομασία που δόθηκε σε αυτό το φυσικό φαινόμενο (Stournaras, 2010).

Οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το οξείδιο του αζώτου (N_2O), το μεθάνιο (CH_4), το όζον (O_3) και οι χλωροφθοράνθρακες είναι τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου (CFC). Το άζωτο (78%) και το οξυγόνο (21%), τα δύο κύρια συστατικά της γήινης ατμόσφαιρας, δεν έχουν τέτοιες επιπτώσεις (IPCC, 2007). Οι ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αυξήθηκαν παγκοσμίως κατά 70% μεταξύ 1970 και 2004. Μεταξύ 1970 και 2004, η ετήσια παγκόσμια συγκέντρωση του CO_2 αυξήθηκε από 21 Gt σε 38 Gt (Gigatonnes) και το 2004 ήταν υπεύθυνο για το 77% όλων των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σε σύγκριση με την περίοδο 1970-1994, ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της συγκέντρωσης του CO_2 ήταν υψηλότερος κατά τα έτη 1995-2004. Από 715 ppb (μέρη ανά δισεκατομμύριο) στην προβιομηχανική εποχή σε 1732 ppb στις αρχές της δεκαετίας του 1990 και 1774 ppb το 2005, η παγκόσμια συγκέντρωση του CH_4 αυξήθηκε. Η συγκέντρωση του N_2O αυξήθηκε από 270 ppb στην προβιομηχανική εποχή σε 319 ppb το 2005. Οι εκπομπές αυτές αυξήθηκαν σημαντικά μεταξύ 1970 και 2004 κυρίως λόγω των τομέων της ενέργειας, των μεταφορών και της βιομηχανίας (IPCC, 2007).

Το ενεργειακό ισοζύγιο του κλίματος επηρεάζεται από τις μεταβολές στη χρήση γης, την ηλιακή ακτινοβολία και τις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου και των σωματιδίων. Οι επιδράσεις αυτών των στοιχείων στο ενεργειακό ισοζύγιο, θετικές ή αρνητικές, περιγράφονται με όρους κλιματικής επιβολής που προκαλείται από τις μεταβολές της ακτινοβολίας. Η επιρροή της ακτινοβολίας, γνωστή και ως "κλιματική επιρροή λόγω επιρροής της ακτινοβολίας", είναι η μεταβολή της καθαρής ηλιακής ακτινοβολίας στην τροπόσφαιρα (εκφρασμένη σε W/m^2) ως αποτέλεσμα της μεταβολής μιας εξωτερικής συνιστώσας που επηρεάζει την κλιματική αλλαγή, όπως, για παράδειγμα, η μεταβολή της συγκέντρωσης του CO_2 (IPCC, 2007). Ο κλιματικός εξαναγκασμός μετρά τον αντίκτυπο ορισμένων παραγόντων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή στο ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος γης-ατμόσφαιρας (IPCC, 2007).

Κεφάλαιο 2ο : Υδάτινοι Πόροι

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατάσταση των υδάτινων πόρων και της διαχείρισης των υδάτων στην Ελλάδα, με ορισμένες λεπτομέρειες που αποκαλύπτουν το βαθμό πραγματικής οργάνωσης και προόδου. Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται ως ένα κράτος με πολλές διαφορετικές και δύσκολες συνθήκες, οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι οι εξής:

- η άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων στο χρόνο, με το μεγαλύτερο μέρος τους να πέφτει κατά τη χειμερινή (υγρή) περίοδο και το υπόλοιπο κατά τη θερινή (ξηρή) περίοδο του υδρολογικού έτους,
- η κατανομή των βροχοπτώσεων είναι αρκετά ανομοιόμορφη σε όλη τη χώρα, με τα μεγαλύτερα ποσοστά στη δυτική Ελλάδα (δυτικά της οροσειράς της Πίνδου) και τα μικρότερα στην ανατολική Ελλάδα (Stournaras, 2010).
- το γεγονός ότι τα διασυνοριακά ύδατα επηρεάζουν το βόρειο τμήμα της Ελλάδας (ποσοτικά και ποιοτικά), καθώς όλοι οι μεγάλοι ποταμοί της περιοχής αυτής (Εβρος, Νέστος, Στρυμόνας) έχουν τις πηγές τους στη Βουλγαρία και την πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (Αξιός),
- η σημαντική εποχιακή ανισορροπία στη ζήτηση, με τη ζήτηση το καλοκαίρι να είναι στο ζενίθ λόγω της άρδευσης και του τουρισμού, όταν δεν υπάρχουν βροχές,

- η έντονη χωρική κατανομή της ζήτησης, που προκαλείται από την υπερβολική κατανάλωση ως αποτέλεσμα της υπερσυγκέντρωσης των ανθρώπων σε αστικές περιοχές, παράκτιες περιοχές και άλλα μέρη,

- η ισχυρή γεωμορφολογική (επιφανειακή απορροή) και γεωλογική (υδροφόρος ορίζοντας) δομή της χώρας,

- η μεγάλη (16.300 χλμ.) ακτογραμμή (για την επιφάνεια της Ελλάδας), η οποία ευνοεί τη μετακίνηση του θαλάσσιου νερού στην ενδοχώρα, εκτός από την υπεραντλήσεις των παράκτιων υδροφόρων οριζόντων (Stournaras, 2010).

- οι μοναδικές συνθήκες της συντριπτικής πλειονότητας των νησιών του Αιγαίου Πελάγους (χαμηλές βροχοπτώσεις, μικρή έκταση, έντονο ανάγλυφο με επικρατούσα απορροή και χαμηλή απορροή).

Η Ελλάδα δικαίως αναφέρεται ως "πλούσια" χώρα όσον αφορά τους υδάτινους πόρους της, πάντα σε σύγκριση με την ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Είναι πλούσια για μια σειρά παραγόντων που συνδέονται με το πρότυπο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και είναι υπεύθυνοι για αυτό. Ειδικότερα για τη λεκάνη της Μεσογείου, είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι το ύψος των κατακρημνισμάτων στον ελληνικό χώρο κυμαίνεται κατά μέσο όρο γύρω στα 800 mm. Αυτό οφείλεται στο ανώμαλο ανάγλυφο του εδάφους καθώς και στα ευρύτερα αίτια που διαμορφώνουν το κλίμα και τα καιρικά φαινόμενα της Ελλάδας. Η οροσειρά της Πίνδου, η οποία δέχεται δυτικούς βροχερούς ανέμους με αποτέλεσμα οι βροχοπτώσεις δυτικά της Πίνδου να είναι σημαντικά υψηλότερες από τις βροχοπτώσεις ανατολικά της οροσειράς αυτής, αποτελεί καθοριστικό παράγοντα από αυτή την άποψη.

Η ποικιλόμορφη τοπογραφία της Ελλάδας παρέχει τα θεμέλια για την ανάπτυξη ενός πυκνού δικτύου επιφανειακής απορροής, με (γενικά) υψηλής πυκνότητας υδρογραφικά δίκτυα και έναν αριθμό μεγάλων (για τα ελληνικά δεδομένα) ποταμών που χρησιμεύουν ως τελικοί αποδέκτες, αποστραγγίζοντας επιφανειακά ύδατα και, σε μικρότερο βαθμό, υπόγεια ύδατα, στο βαθμό που τα νερά των πηγών προστίθενται στην επιφανειακή απορροή. Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελούν οι ποταμοί στη βόρεια Ελλάδα που πηγάζουν από γειτονικά κράτη, όπως αυτοί που ονομάζονται Έβρος, Νέστος, Στρυμόνας (Βουλγαρία) και Αξιός (ΠΓΔΜ). Ο ποταμός Αώο, ο οποίος πηγάζει από την Ελλάδα και εκβάλλει στην Αλβανία, είναι το μοναδικό παράδειγμα μιας ανώτερης περίπτωσης. Οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες της Ελλάδας έχουν επίσης μεγάλη σημασία, καθώς σχηματίζονται από υδροπερατά πετρώματα που καλύπτουν σημαντικό τμήμα της χώρας και συγκεντρώνουν νερό από πρωτογενή ή δευτερογενή εκροή. Οι μεγάλες ηπειρωτικές και δελταϊκές προσχωσιγενείς λεκάνες και τα ανθρακικά πετρώματα των καρστικών υδροφοριών είναι δύο παραδείγματα (ασβεστόλιθοι, δολομίτες, μάρμαρα, γύψος) (Stournaras, 2010).

Κατά τη σύγκριση (ποιοτικά και ποσοτικά) των πραγματικών αναγκών σε νερό των διαφόρων χρηστών νερού και του συστήματος πόρων, υπάρχει μια εννοιολογική σύγκρουση μεταξύ της ζήτησης νερού και της προσφοράς νερού (χαρακτηριστικά

δεδομένων των υδάτινων πόρων). Αυτή η σύγκριση των εκμεταλλεύσιμων υδάτινων πόρων χρησιμοποιείται κυρίως για την αξιολόγηση της επάρκειας των πόρων και, με τη σειρά της, για την ανάδειξη τυχόν προβλημάτων που προκαλούνται από μια πιθανή έλλειψη νερού. Η ιδέα των προσβάσιμων υδάτινων πόρων εισάγεται με τη γεωγραφική προσέγγιση του ζητήματος της επάρκειας σε περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο. Τα αποθέματα αυτά δείχνουν τους πόρους μείον την απόληψη σε τοπικό επίπεδο και τους πόρους μείον την κατανάλωση σε εθνικό επίπεδο ή σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι πολλαπλές χρήσεις ή επαναχρησιμοποιήσεις ποσοτήτων νερού πρέπει είτε να αυξήσουν τις απαιτήσεις σε πόρους είτε να επανεξετάσουν τη στρατηγική απόληψης νερού σύμφωνα με τη μέθοδο υπολογισμού που υιοθετήθηκε (Δεμερτζή, et al., 2013).

Σε κάθε περίπτωση, στα προγράμματα διαχείρισης πρέπει να γίνεται διάκριση μεταξύ των εννοιών "μεταφορά νερού" (μεταφορά από μία λεκάνη ή επιμέρους λεκάνη σε μία άλλη, η οποία επηρεάζει την περιφερειακή κατανομή των φυσικών και των κινητοποιήσιμων φυσικών πόρων) και "προσθήκη νερού" (μεταφορά νερού από μία θέση υδροληψίας σε μία καθορισμένη θέση χρήσης). Είναι δύσκολο να προσδιοριστούν οι συνέπειες των αλλαγών σε κάθε ποσότητα με την πάροδο του χρόνου, δεδομένου ότι οι μέσες τιμές της απόληψης συγκρίνονται με τους αξιοποιήσιμους υδάτινους πόρους με την πάροδο του χρόνου. Οι αλλαγές αυτές προκαλούνται από τις παροδικές ελλείψεις και τις προβληματικές συνθήκες που τις συνοδεύουν, είτε είναι ετήσιες είτε εποχιακές και προκύπτουν είτε από περιορισμούς της προσφοράς (ξηρασία) είτε από υπερβάλλουσα ζήτηση. Προκειμένου να δημιουργηθεί ένα κατάλληλο και βιώσιμο πρόγραμμα διαχείρισης των υδάτων, είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι ελάχιστες τιμές των εκμεταλλεύσιμων πόρων για μια δεδομένη και αποδεκτή χρονική περίοδο, καθώς και να ρυθμιστούν, σε ανώτερο επίπεδο, ο τοπικός δείκτης εκμετάλλευσης (συνολική απόληψη ως ποσοστό των φυσικών πόρων), ο περιφερειακός δείκτης εκμετάλλευσης (συνολική κατανάλωση ως ποσοστό των φυσικών πόρων) και άλλες παράμετροι. Είναι σημαντικό να γίνει διάκριση μεταξύ δύο ιδεών που είναι διακριτές μεταξύ τους, αλλά ενίοτε παρερμηνεύονται από τους επιστήμονες ή τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής (που διεθνώς αναφέρονται ως φορείς λήψης αποφάσεων) όταν σκέφτονται το νερό ως φυσικό πόρο στο πλαίσιο της επάρκειας του νερού (Δεμερτζή, et al., 2013).

Η πρώτη ιδέα είναι αυτή της ξηρασίας, η οποία αναφέρεται στη μείωση της ποσότητας νερού που παρέχεται στο περιβάλλον είτε άμεσα (μέσω βροχοπτώσεων) είτε έμμεσα (μέσω της παροχής επιφανειακών και υπόγειων υδάτων), σε σύγκριση με προηγούμενες μετρήσεις χρονοσειρών. Η δεύτερη ιδέα είναι η λειψυδρία, η οποία αναφέρεται στη μείωση της ποσότητας των υδάτινων πόρων που είναι προσβάσιμοι σε σύγκριση με την τρέχουσα ή την αναμενόμενη χρήση. Η ξηρασία μπορεί να οδηγήσει σε λειψυδρία (περίπτωση όπου οι δύο έννοιες ταυτίζονται ποσοτικά). Μπορεί επίσης να συμβεί όταν υπάρχει κανονική ή ακόμη και πάνω από το μέσο όρο προσφορά νερού, και αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα αναποτελεσματικής διαχείρισης των υδάτων ή ακατάλληλου σχεδιασμού των απαιτήσεων που δεν μπορούν να ικανοποιηθούν από τους διαθέσιμους υδάτινους πόρους. Η τομεακή κατανάλωση αποτελεί βασικό

παράγοντα για τις ανησυχίες που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων. Η γεωργική βιομηχανία είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής σε παγκόσμια κλίμακα. Η επέκταση της κατανάλωσης για την υποστήριξη των γεωργικών απαιτήσεων συνοδεύεται από εκθετική ανάπτυξη. Η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται στη γεωργία προβλέπεται να υπερβεί τα 3 δισεκατομμύρια m³ το 2025, δηλαδή έξι φορές περισσότερο από την ποσότητα που χρησιμοποιούνταν στις αρχές του 20ου αιώνα. Όσον αφορά τον όγκο κατανάλωσης, ο βιομηχανικός τομέας αναπτύσσεται ραγδαία και κατατάσσεται στη δεύτερη θέση. Το 2025 αναμένεται να καταναλωθεί παγκοσμίως ένα δισεκατομμύριο εκατομμύρια m³ νερού στον βιομηχανικό τομέα. Αναμένεται επίσης ότι θα υπάρξει σημαντική αύξηση της οικιακής χρήσης, η οποία με την πάροδο του χρόνου θα συνεχίσει να είναι ο μικρότερος τομεακός χρήστης (Δεμερτζή, et al., 2013).

Το ζήτημα των νησιών, ιδιαίτερα των μικρών, καθώς και του λεκανοπεδίου της Αττικής, είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα έλλειψης νερού. Παρά το μικροσκοπικό τους μέγεθος (που έχει ως αποτέλεσμα χαμηλό δυναμικό συγκέντρωσης νερού), τις υψηλές θερμοκρασίες και την ηλιοφάνεια (που έχει ως αποτέλεσμα σημαντική εξάτμιση), πολλά νησιά (όπως οι Κυκλάδες) είχαν ιστορικά αρκετούς υδάτινους πόρους για να καλύψουν τις ανάγκες τους. Εξαιτίας αυτού, πολλά από τα προαναφερθέντα νησιά αναφέρονταν παλαιότερα ως "Υδρούσα". Η μετάβαση των χρήσεων γης από τη γεωργία, την κτηνοτροφία και την αλιεία στον τουρισμό, η πληθυσμιακή έκρηξη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, οι αλλαγές στον τρόπο ζωής (συχνό πλύσιμο του σώματος και των ρούχων κ.λπ.) και η επέκταση των χρήσεων νερού (πισίνες, πλύσιμο αυτοκινήτων, κήποι κ.λπ.) συνέβαλαν στην αύξηση της ζήτησης νερού που δεν μπορούν να καλύψουν οι διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι. Τα προβλήματα επιδεινώνονται από την άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων, τόσο στο χρόνο όσο και στο χώρο. Το λεκανοπέδιο της Αττικής, η μητροπολιτική περιοχή Αθήνας-Πειραιά και οι γειτονικοί δήμοι αντιμετωπίζουν παρόμοιο πρόβλημα. Στο τέλος της δεύτερης χιλιετίας, ο πληθυσμός του λεκανοπεδίου είχε φτάσει ή ξεπεράσει το 40% του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδας και η οικονομική δραστηριότητα στην ίδια περιοχή αντιπροσώπευε το 70% της συνολικής οικονομικής δραστηριότητας. Αυτό οφείλεται σε μια κατάσταση συνεχώς αυξανόμενης αστικοποίησης και οικιστικής, οικονομικής και διοικητικής συγκέντρωσης. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η λειψυδρία επηρεάζει ήδη τουλάχιστον 100 εκατομμύρια ανθρώπους και το ένα τρίτο της έκτασης της ΕΕ. Η ετήσια έκθεση για τους υδάτινους πόρους του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (2009) τονίζει ότι σε πολλές περιοχές, η υπερβολική χρήση νερού από ορισμένες χρήσεις θέτει σε κίνδυνο τις απαιτήσεις άλλων χρήσεων (EEA, 2009). Ως αποτέλεσμα, υπάρχουν όλο και περισσότερες αναφορές για μειωμένες ροές ποταμών, λιμνών και υπόγειων υδάτων, οι οποίες έχουν αντίκτυπο στο οικοσύστημα. Η έρευνα αναφέρει επίσης την αύξηση των επεισοδίων αλατότητας των παράκτιων υδροφορέων στο ευρωπαϊκό έδαφος, γεγονός που μειώνει την ποσότητα του πόσιμου νερού που είναι προσβάσιμο (Demertzi et al., 2013).

Γενικά, τα αποθέματα νερού αναφέρονται σε συγκεκριμένο χρόνο και τόπο ή σε συγκεκριμένη εποχή του υδρολογικού έτους. Τα αποθέματα αυτά ταξινομούνται ως

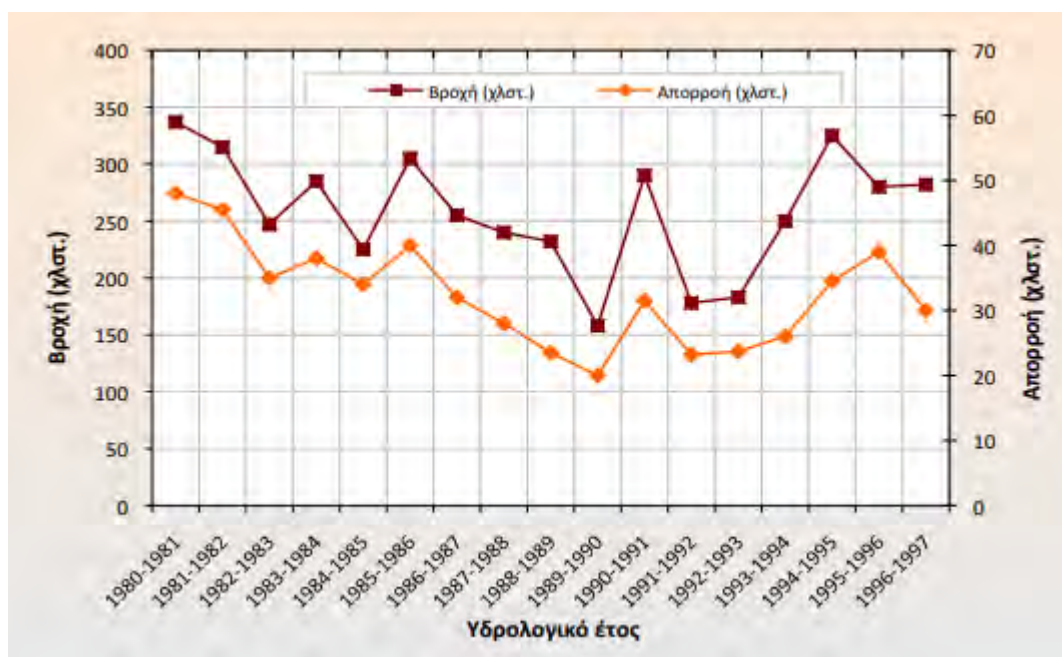
επιφανειακά (δίκτυο επιφανειακής απορροής, το οποίο περιλαμβάνει ποτάμια, λίμνες, παγετώνες και χιονοκάλυψη), υπόγεια (έδαφος, το οποίο περιλαμβάνει την υγρασία στην ακόρεστη ζώνη) ή υπεδαφικά (αποθέματα υδροφόρων οριζόντων). Η διαχείριση των υδάτινων πόρων επηρεάζεται άμεσα από το γεγονός ότι αυξομειώνονται διαχρονικά, ιδίως των υπόγειων υδάτινων πόρων (εκμετάλλευση, προστασία της ποιότητας και ποσοτική ανανέωση). Οι μεταβολές αυτές είναι αποτέλεσμα των διακυμάνσεων των εισροών και εκροών (αφίξεις και απώλειες ή προμήθειες και καταναλώσεις). Το ποσοστό της μεταβλητής συνιστώσας του αποθέματος σε σχέση με τη σταθερή του συνιστώσα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της μεταβλητότητας του αποθέματος. Αυτό είναι το φαινόμενο που συχνά αναφέρεται ως "ρυθμιστικά και μόνιμα αποθέματα", μια φράση που, από υδρογεωλογική άποψη, δεν είναι πολύ ακριβής και έχει προκαλέσει στο παρελθόν δυσμενείς τάσεις στη χρήση των υδάτινων πόρων. Η ανανέωση των αποθεμάτων βασίζεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ του αποθέματος ενός συγκεκριμένου υδατικού ταμιευτήρα, είτε πρόκειται για επιφανειακό είτε για υπόγειο.

Η ανανεωσιμότητα ενός υδάτινου πόρου δεν πρέπει να συγχέεται με το γεγονός ότι μια δεξαμενή νερού ανανεώνεται λίγο πολύ αμέσως. Το υδατικό απόθεμα χρησιμοποιείται μερικές φορές για να περιγράψει την κατάσταση των στατικών ταμιευτήρων νερού, οι οποίοι έχουν σχετικά λίγη ανανεώσιμη ενέργεια. Προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις για νερό για ποικίλες χρήσεις και να διατηρηθεί το υδάτινο στοιχείο του περιβάλλοντος, η ανανεωσιμότητα και ο βαθμός ή ο ρυθμός ανανέωσης ενός υδάτινου πόρου πρέπει να αξιολογούνται σε σχέση με το βαθμό ή το ρυθμό χρήσης του πόρου αυτού (ρόλος του νερού στο οικοσύστημα). Σύμφωνα με τις ισχύουσες νέες αρχές διαχείρισης των υδάτων πρέπει να καθοριστεί μια ελάχιστη οικολογική ροή ποταμού, μια ελάχιστη στάθμη λίμνης και μια ελάχιστη στάθμη υδροφόρου ορίζοντα, οι οποίες προσδιορίζονται και αντιμετωπίζονται ως χρήσεις νερού. Οι δραστηριότητες αυτές θεωρούνται απαραίτητες για την εξασφάλιση των οικολογικών απαιτήσεων των συστημάτων και των υποτιθέμενων οικολογικών υπηρεσιών τους (Δεμερτζή, κ.ά., 2013).

Κεφάλαιο 3ο : Κλιματική Αλλαγή και Υδάτινοι πόροι

Από την εξάτμιση και τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις προέρχονται οι διεργασίες που συνθέτουν τον υδρολογικό κύκλο (βροχοπτώσεις, χιονοπτώσεις, χαλάζι

κ.λπ.). Όταν η βροχόπτωση φτάνει στην επιφάνεια της γης, διαιρείται πρώτα σε απορροή (μέσω υδρογραφικών δικτύων), εξάτμιση και διαπνοή (μέσω των φυτών) και εξάτμιση. Καθώς το νερό της απορροής είτε υποχωρεί μερικώς είτε εξατμίζεται κατά μήκος της πορείας του, το μοτίβο αυτό γίνεται πιο πολύπλοκο. Αντίθετα, το νερό που έχει μερικώς εξατμιστεί ανεβαίνει στην επιφάνεια μέσω των εαρινών εκφορτίσεων και συνεχίζει την πορεία του μέσω της επιφανειακής απορροής και της μερικής εξάτμισης. Αυτές οι τροποποιήσεις μπορεί να λαμβάνουν χώρα επανειλημμένα. Επιπλέον, το νερό που κατεβαίνει ικανοποιεί κυρίως τις απαιτήσεις του εδάφους και των υπέργειων ζωνών και του ριζικού συστήματος σε νερό (κατακράτηση, προσρόφηση και τριχοειδές νερό), όπου λαμβάνει χώρα η ανάπτυξη των φυτών και των ζώων, προτού συμπληρώσει τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Ο υδρολογικός κύκλος, το υδρολογικό ισοζύγιο (επιφανειακά ύδατα) και το υδρογεωλογικό ισοζύγιο (υπόγεια ύδατα) επηρεάζονται σαφώς από οποιαδήποτε διαταραχή του συστήματος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (Mariotti et al., 2008).



Διάγραμμα 1: Χρονοσειρές βροχόπτωσης και επιφανειακής απορροής σε υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας. Πηγή: ΥΠΑΝ, 2003.

Το γράφημα αυτό αφορά το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας κατά τη διάρκεια, μεταξύ άλλων, της κρίσιμης περιόδου των υδρολογικών ετών 1989-1990 και 1990-1991, κατά την οποία παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των βροχοπτώσεων (-40%) σε όλη τη χώρα. (1989-1990) σε 170 mm το 1990-1991 (αύξηση 30%) συνοδεύτηκε από μεταβολή της απορροής από 26 mm σε 50 mm (αύξηση 90%). Η

βροχόπτωση της περιοχής μειώθηκε, με αποτέλεσμα τη μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης από 170 mm σε 140 mm. Η απορροή μειώθηκε από 50 mm σε 33 mm (απώλεια 17%). (Αυτό μεταφράζεται σε τριπλάσια αύξηση της απορροής σε σχέση με την αύξηση της βροχόπτωσης και σε περίπου ίση πτώση της απορροής σε σχέση με τη μείωση της βροχόπτωσης) (Mariotti et al., 2008).

Η συγκέντρωση επιφανειακών (λίμνες) και υπόγειων υδάτων ευνοείται από την αλληλεπίδραση της γεωγραφικής θέσης (παραπόταμος), της μορφολογίας και της γεωλογίας (εκτεταμένα πεδία καρστικού χαρακτήρα). Λόγω της ευπάθειας του καρστ στη ρύπανση, ενθαρρύνει επίσης την υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτινων σωμάτων. Η κλιματική αλλαγή θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της εξάτμισης και της διαπνοής, τις αυξημένες απαιτήσεις άρδευσης, ίσως και τις αυξημένες τουριστικές ανάγκες, και την αύξηση του ρυπαντικού φορτίου, επειδή θα υπάρχει μικρότερη ποσότητα διαθέσιμου νερού για την απορρόφηση αυτών των ρύπων (Stournaras, 2007). Μια σημαντική υδρολογική απώλεια που λαμβάνει χώρα τόσο στην επιφάνεια όσο και στα ανώτερα στρώματα του εδάφους είναι η εξάτμιση. Ιδιαίτερα στις άγονες ανατολικές περιοχές της Ελλάδας, ο ρυθμός της είναι υψηλός. Ο δείκτης ξηρότητας της UNESCO, ο οποίος υπολογίζεται ως ο λόγος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς την ισοδύναμη δυνητική εξάτμιση, είναι ένας συχνά χρησιμοποιούμενος δείκτης για την περιγραφή του κλίματος ενός τόπου. Η κατανομή του δείκτη αυτού στην Ελλάδα αναδεικνύει πόσο έντονη είναι η ξηρασία στα νοτιοανατολικά της χώρας και στα νησιά του Αιγαίου (Skoulllos, 2009).

Δεδομένου ότι τα δύο μέρη της συνολικής ροής είναι αλληλένδετα, η διάκριση μεταξύ επιφανειακών και υπόγειων υδάτων όσον αφορά τους ανανεώσιμους υδάτινους πόρους έχει μόνο θεωρητική σημασία (δευτερογενής απορροή και απορροή). Το επίπεδο των αφίξεων για κάθε συγκεκριμένη περιοχή λαμβάνει υπόψη τόσο την επιφανειακή απορροή όσο και την απορροή που τροφοδοτεί τον υδροφόρο ορίζοντα. Η επιφανειακή και η υπόγεια απορροή λαμβάνονται υπόψη στο επίπεδο των απωλειών. Οι χωριστές εκτιμήσεις των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων σε τοπικό ή υπερπεριφερειακό επίπεδο διατρέχουν τον κίνδυνο να αγνοηθούν οι δευτερογενείς επιδράσεις (απορροή, απορροή) και να υποεκτιμηθούν οι ροές νερού προς ή από την περιοχή. Στην πραγματικότητα, εκτός από εξαιρετικά σπάνιες περιπτώσεις, δεν είναι σκόπιμο να σκεφτόμαστε τους φυσικούς υδάτινους πόρους που καθορίζονται από την επιφανειακή απορροή, μετρούμενη ή προσεγγιστικά, και τους αντίστοιχους υδάτινους πόρους, υπολογιζόμενους με βάση τον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα. Ανάλογα με την κλίμακα εξέτασης και τους φυσικούς, κλιματικούς και δευτερευόντως γεωλογικούς παράγοντες που επηρεάζουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υδροφορέων και της επιφανειακής απορροής σε μια περιοχή, είναι συνήθως μόνο μερικώς προσθετικοί. Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα υδάτινα σώματα, ιδίως στα υπόγεια ύδατα (Skoulllos, 2009).

1.Μια γενική μείωση της ποσότητας νερού που παρέχεται και εμπλουτίζει τους υδροφορείς ως αποτέλεσμα της μείωσης των βροχοπτώσεων και της αύξησης της εξατμισοδιαπνοής.

2. Αύξηση του εμπλουτισμού των παράκτιων και υποθαλάσσιων υδροφορέων, ιδίως των καρστικών υδροφορέων, με το μέτωπο εμπλουτισμού να μεταναστεύει προς την ενδοχώρα ως αποτέλεσμα του μειωμένου δυναμικού της χερσαίας υδάτινης φάσης ως αποτέλεσμα του μειωμένου εμπλουτισμού και της υπεραντλήσεως.
3. Η μικρότερη αραίωση έχει αυξήσει τη συγκέντρωση των ρύπων στα παράκτια υδάτινα σώματα και στον ωκεανό.
4. Η ήδη δρομολογημένη υποβάθμιση των δελταϊκών περιοχών θα επιδεινωθεί ως αποτέλεσμα της κατασκευής παράλληλων αναχωμάτων στην πεδινή ζώνη του δέλτα και εγκάρσιων φραγμάτων στην ανώτερη ζώνη, τα οποία θα μειώσουν την απορροή και τα στερεά (άφιξη των μεταφερόμενων υλικών σε μια ενιαία έξοδο).
5. Μόλυνση ή αποξήρανση των υγροτόπων κατά μήκος της ακτής.
6. Λόγω της λειψυδρίας και των εδαφικών αλλαγών, η κατάσταση της ερημοποίησης επιδεινώνεται (συμπίεση, σφράγιση κ.λπ.).

Το νερό είναι ένας ανεκτίμητος φυσικός πόρος που είναι απαραίτητος για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και την υποστήριξη της ζωής. Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή και η ακατάλληλη διαχείριση του νερού έχουν τη δυνατότητα να διαταράξουν σοβαρά την οικολογική ισορροπία των ειδών, θέτοντας σε κίνδυνο το οικοσύστημα στο σύνολό του. Μια αλλαγή σε ένα από τα πολύπλοκα αλληλένδετα συστήματα -κλίμα, νερό, βιοφυσικά ή κοινωνικοοικονομικά- θα έχει αντίκτυπο στα υπόλοιπα. Εξαιτίας αυτού, οι γνώσεις μας για την ανθρωπογενή (ανθρωπογενή) ή μη κλιματική αλλαγή γενικά, τις επιπτώσεις της και τις μεθόδους μετριασμού της πρέπει να βελτιωθούν (Skoullou, 2009).

Υπάρχουν πολυάριθμες διαδικασίες με τις οποίες η κλιματική αλλαγή μπορεί να έχει αντίκτυπο στο νερό. Το νερό είναι παρόν σε κάθε συστατικό του κλιματικού συστήματος, συμπεριλαμβανομένης της ατμόσφαιρας, της υδρόσφαιρας, της κρυόσφαιρας, της επιφάνειας της γης και της βιόσφαιρας, επομένως αυτό είναι φυσιολογικό. Ο υδρολογικός κύκλος επηρεάζεται άμεσα από τις παρατηρούμενες μεταβολές της θερμοκρασίας και του ισοζυγίου ακτινοβολίας της ατμόσφαιρας (IPCC, 2008).

Η σύνδεση μεταξύ της ανάγκης για νερό για διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες (ανάγκες σε νερό) και της ύπαρξης ή ανακάλυψης υδάτινων πόρων στο φυσικό περιβάλλον που είναι εύλογα απλό να αξιοποιηθούν για την ικανοποίηση αυτών των αναγκών, δημιουργεί την ιδέα των υδατικών πόρων (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011). Οι υδατικοί πόροι μπορούν επίσης να θεωρηθούν ως μια δυνητική πηγή νερού από το περιβάλλον. Η προαναφερθείσα σύνδεση μπορεί να αναπτυχθεί σε διάφορες οικονομικές και χωρικές συνθήκες. Η διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων και η ζήτηση περιγράφονται και οι δύο από (IPCC, 2008):

(α) τη θέση τους στο χώρο,

(β) τη μεταβλητότητα της ποσότητας νερού με την πάροδο του χρόνου και

(γ) την ποιότητα των υδάτων.

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες διαθεσιμότητας νερού: πλεόνασμα, επάρκεια και ανεπάρκεια. Ένα σύστημα υδατικών πόρων προσφέρει το ιδανικό περιβάλλον για την ανάπτυξη και παρουσίαση ενός ποσοτικού ισοζυγίου νερού. Όταν η ισορροπία αυτή συζητείται σε ένα συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο, τότε ποσοτικοποιείται (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011). Η ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση των πραγματικών αναγκών σε νερό των διαφόρων χρηστών νερού και του συστήματος των υδάτινων πόρων είναι αυτό που εννοείται με την εννοιολογική σύγκρουση μεταξύ ζήτησης και προσφοράς νερού (χαρακτηριστικά δεδομένων του υδάτινου πόρου). Αυτή η διαμάχη για τους εκμεταλλεύσιμους υδάτινους πόρους αποσκοπεί πρωτίστως στην αξιολόγηση της επάρκειας των πόρων και, με τη σειρά της, στην ανάδειξη των ζητημάτων που επιφέρει μια μελλοντική λειψυδρία. Ο όρος "υδατικοί πόροι" προσδιορίζει μια περιοχή, ένα χρονικό σημείο ή ένα μέσο όρο για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο του υδρολογικού έτους.

Τα αποθέματα αυτά ταξινομούνται ως επιφανειακά (δίκτυο επιφανειακής απορροής, συμπεριλαμβανομένων των ποταμών, των λιμνών, των παγετώνων και της χιονοκάλυψης), υποεπιφανειακά (έδαφος, που ορίζεται ως η υγρασία στην ακόρεστη ζώνη) ή υπόγεια (αποθέματα υδροφόρων οριζόντων) (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011). Με την πάροδο του χρόνου, οι υδάτινοι πόροι, ιδίως το υπόγειο νερό, μεταβάλλονται, γεγονός που έχει άμεσο αντίκτυπο στον τρόπο διαχείρισής τους (εκμετάλλευση, προστασία της ποιότητας και ποσοτική ανανέωση). Οι διαφορές μεταξύ εισροών και εκροών προκαλούν αυτές τις αλλαγές. Ο λόγος του μεταβλητού μέρους ενός αποθέματος προς το σταθερό μέρος του μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντιπροσωπεύσει τη μεταβλητότητα ενός αποθέματος (IPCC, 2008). Η ανανέωση των αποθεμάτων καθορίζεται από τη σχέση μεταξύ του αποθέματος και της μέσης ροής ενός συγκεκριμένου ταμιευτήρα (επιφανειακού ή υπόγειου). Η ανανεωσιμότητα ενός υδατικού πόρου δεν πρέπει να συγχέεται με το γεγονός ότι ένας ταμιευτήρας ανανεώνεται περισσότερο ή λιγότερο άμεσα. Το απόθεμα νερού χρησιμοποιείται μερικές φορές για να περιγράψει την κατάσταση των στατικών ταμιευτήρων νερού, οι οποίοι έχουν σχετικά λίγη ανανεώσιμη ενέργεια.

Για την κάλυψη των αναγκών σε νερό για ποικίλες χρήσεις νερού και για τη διατήρηση του υδάτινου στοιχείου του περιβάλλοντος, η ανανεωσιμότητα και ο βαθμός ή ο ρυθμός ανανέωσης ενός υδάτινου πόρου θα πρέπει να αξιολογούνται σε συνδυασμό με τον βαθμό ή τον ρυθμό χρήσης του εν λόγω πόρου. Πρέπει να καθοριστεί μια ελάχιστη οικολογική ροή ποταμού, μια ελάχιστη στάθμη λίμνης και μια ελάχιστη στάθμη υδροφόρου ορίζοντα σύμφωνα με τις νέες αρχές διαχείρισης των υδάτων που ισχύουν, οι οποίες προσδιορίζονται και αντιμετωπίζονται ως χρήσεις νερού. Οι δραστηριότητες αυτές θεωρούνται απαραίτητες για την ικανοποίηση των οικολογικών απαιτήσεων των συστημάτων (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011). Η έννοια των άμεσα προσβάσιμων υδάτινων πόρων εισάγεται αρχικά με τη χωρική ανάλυση του ζητήματος της επάρκειας, σε περιφερειακή ή εθνική κλίμακα. Τα αποθέματα αυτά

αντικατοπτρίζουν τους πόρους μείον την απόληψη σε τοπική βάση, ενώ αντιπροσωπεύουν τους πόρους μείον την καταναλωτική χρήση σε εθνική κλίμακα ή σε κλίμακα λεκάνης απορροής (IPCC, 2008). Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να γίνεται διάκριση των εννοιών της "μεταφοράς νερού" (μεταφορά από μια λεκάνη ή υπολεκάνη, η οποία επηρεάζει την περιφερειακή κατανομή των φυσικών πόρων) και της "προσθήκης νερού" στα προγράμματα διαχείρισης (μεταφορά νερού από μια περιοχή υδροληψίας σε μια καθορισμένη περιοχή χρήσης).

Είναι δύσκολο να διαχωριστούν οι επιπτώσεις των μεταβολών και των δύο ποσοτήτων με την πάροδο του χρόνου όταν συγκρίνονται οι μέσες τιμές των απολήψεων νερού και των χρήσιμων υδάτινων πόρων από μια διαχρονική προοπτική. Οι μεταβολές αυτές προκαλούνται από σποραδικές ελλείψεις και τις ετήσιες ή εποχιακές δύσκολες συνθήκες που προκύπτουν είτε από ανεπαρκή αποθέματα (ξηρασία) είτε από υπερβολική ζήτηση. Προκειμένου να δημιουργηθεί ένα κατάλληλο και βιώσιμο πρόγραμμα διαχείρισης των υδάτων, είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι ελάχιστες τιμές των εκμεταλλεύσιμων πόρων για μια δεδομένη και αποδεκτή χρονική περίοδο, καθώς και να ελεγχθούν ο τοπικός δείκτης εκμετάλλευσης (συνολική απόληψη ως ποσοστό των φυσικών πόρων), ο περιφερειακός δείκτης εκμετάλλευσης (συνολική κατανάλωση ως ποσοστό των φυσικών πόρων) και άλλες παράμετροι. Είναι σημαντικό να γίνει διάκριση μεταξύ δύο ιδεών που είναι διακριτές αλλά ενίοτε συγχέονται όταν εξετάζουμε το νερό ως φυσικό πόρο στο πλαίσιο της επάρκειας νερού. Η πρώτη ιδέα είναι η ξηρασία, η οποία αναφέρεται σε μειωμένη διαθεσιμότητα νερού στο περιβάλλον που είναι είτε άμεση (βροχοπτώσεις) είτε έμμεση (παροχή επιφανειακών και υπόγειων υδάτων) σε σύγκριση με προηγούμενες μετρήσεις χρονοσειρών. Η δεύτερη ιδέα είναι η λειψυδρία, η οποία αναφέρεται στη μείωση της ποσότητας των υδάτινων πόρων που είναι προσβάσιμοι σε σύγκριση με την τρέχουσα ή την αναμενόμενη χρήση. Η ξηρασία μπορεί να προκαλέσει λειψυδρία, και στην περίπτωση αυτή, οι δύο έννοιες είναι ποσοτικά ισοδύναμες. Μπορεί όμως να συμβεί και όταν υπάρχει κανονική ή ακόμη και πάνω από το μέσο όρο προσφορά νερού, και μπορεί να προκληθεί είτε από αναποτελεσματική διαχείριση των υδάτων είτε από εσφαλμένο σχεδιασμό των αναγκών που δεν μπορούν να ικανοποιηθούν από τους υπάρχοντες υδάτινους πόρους (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011).

Όταν η διαθεσιμότητα νερού είναι μικρότερη από 1000 m³ ανά άτομο ανά έτος (με βάση τη μακροχρόνια μέση απορροή) και η αναλογία του νερού που απομακρύνεται προς τη μακροχρόνια μέση ετήσια απορροή είναι μεγαλύτερη από 0,4, μια λεκάνη θεωρείται ότι αντιμετωπίζει έλλειψη νερού σε παγκόσμια κλίμακα (IPCC, 2008). Ένας όγκος νερού 1000 m³ ανά άτομο ανά έτος εκτιμάται ότι είναι μια μέση ποσότητα που είναι μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για τη χρήση νερού από τα νοικοκυριά, τη βιομηχανία και τη γεωργία. Υπάρχουν λεκάνες στη Βόρεια Αφρική, την περιοχή της Μεσογείου, τη Μέση Ανατολή, την Εγγύς Ανατολή, τη Νότια Ασία, τη Βόρεια Κίνα, την Αυστραλία, τις ΗΠΑ, το Μεξικό, τη βορειοανατολική Βραζιλία και τη δυτική ακτή της Νότιας Αμερικής που αντιμετωπίζουν προβλήματα λειψυδρίας. Σε αυτές τις λεκάνες πιστεύεται ότι ζουν μεταξύ 1,4 και 2,1 δισεκατομμυρίων ανθρώπων (IPCC, 2008).

Σε γενικές γραμμές, η χρήση νερού, ιδίως για άρδευση, αυξάνεται με τη ζέστη και μειώνεται με τις βροχοπτώσεις. Ωστόσο, υπάρχουν ελάχιστες αποδείξεις που συνδέουν τις μακροπρόθεσμες τάσεις στη χρήση νερού με τις ιστορικές κλιματικές συνθήκες. Αυτό οφείλεται εν μέρει στην έλλειψη αξιόπιστων δεδομένων σχετικά με τη χρήση του νερού γενικά και χρονοσειρών ειδικότερα, καθώς και στο γεγονός ότι οι κυριότεροι μη κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη χρήση του νερού δεν είναι κλιματικοί (IPCC, 2013).

Η εποχικότητα και η διαχρονική μεταβλητότητα της ροής επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα του νερού στους επιφανειακούς υδάτινους πόρους και στα ρηχά υπόγεια πηγάδια και οι εποχικές χαμηλές ροές υπαγορεύουν μια σταθερή παροχή νερού. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες προκαλούν μικρότερη απορροή και περαιτέρω μείωση της παροχής νερού στις λεκάνες όπου επικρατεί το χιόνι. Οι άνθρωποι και τα οικοσυστήματα είναι πιο ευαίσθητα στη μειωμένη βροχόπτωση και την αυξημένη μεταβλητότητα λόγω της κλιματικής αλλαγής σε περιοχές με προβλήματα λειψυδρίας (IPCC, 2008).

Με εξαίρεση μερικά βιομηχανικά κράτη, τα περισσότερα κράτη έχουν δει αύξηση της χρήσης νερού τις τελευταίες δεκαετίες ως αποτέλεσμα της πληθυσμιακής και οικονομικής ανάπτυξης, των αλλαγών στον τρόπο ζωής, της επέκτασης των υποδομών παροχής νερού, αλλά κυρίως ως αποτέλεσμα της αρδευτικής χρήσης. Η τομεακή κατανάλωση αποτελεί βασικό παράγοντα για τις ανησυχίες που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων. Ο γεωργικός τομέας είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής παγκοσμίως (Παπαμιχαήλ και Γεωργίου, 2008). Η εκθετική αύξηση της κατανάλωσης συνοδεύεται από αλλαγές για την ικανοποίηση των γεωργικών απαιτήσεων. Η κατανάλωση νερού στον γεωργικό τομέα προβλέπεται να υπερβεί τα 3000x106 m³ το 2025, δηλαδή έξι φορές περισσότερο από τα επίπεδα κατανάλωσης στις αρχές του 20ού αιώνα. Το 70% του νερού που χρησιμοποιείται παγκοσμίως καταναλώνεται μέσω της άρδευσης, ενώ περισσότερο από το 90% του νερού που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση χρησιμοποιείται για άλλους λόγους (IPCC, 2008). Η άρδευση συμβάλλει στο 40% του συνόλου της γεωργικής παραγωγής.

Από το 1960, η έκταση των αρδευόμενων εκτάσεων έχει επεκταθεί πρακτικά γραμμικά με ρυθμό περίπου 2% ετησίως, από 140 x 106 εκτάρια (ha) το 1961-1963 σε 270 x 106 εκτάρια (ha) το 1997-1999. Η έκταση αυτή αντιπροσωπεύει σήμερα περίπου το 18% του συνόλου της γεωργίας που χρησιμοποιείται σήμερα (IPCC, 2008). Όσον αφορά τον όγκο της κατανάλωσης, ο βιομηχανικός τομέας έρχεται δεύτερος και είχε συνεχή αύξηση. Η ποσότητα νερού που θα καταναλωθεί παγκοσμίως στον βιομηχανικό τομέα το 2025 προβλέπεται να είναι της τάξης των 1000x106 m³. Αναμένεται επίσης ότι θα υπάρξει σημαντική αύξηση της οικιακής χρήσης, η οποία με την πάροδο του χρόνου θα συνεχίσει να είναι ο μικρότερος τομεακός χρήστης. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, το ένα τρίτο της έκτασης της ΕΕ και τουλάχιστον 100 εκατομμύρια άνθρωποι επηρεάζονται ήδη από τη λειψυδρία. Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση για τους υδάτινους πόρους του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (ΕΕΑ, 2009), σε πολλές περιοχές, η υπερβολική χρήση νερού από ορισμένες χρήσεις θέτει σε κίνδυνο

τις απαιτήσεις άλλων χρήσεων. Ως αποτέλεσμα, υπάρχουν περισσότερες αναφορές για μειωμένη απορροή ποταμών και μειωμένη στάθμη νερού σε λίμνες και υδροφορείς, οι οποίες έχουν αντίκτυπο στο οικοσύστημα (IPCC, 2013).

Το έγγραφο αναφέρει επίσης την αύξηση των περιστατικών πλημμύρας των παράκτιων υδροφορέων στην Ευρώπη, με αποτέλεσμα να είναι διαθέσιμο λιγότερο πόσιμο νερό. Το ζήτημα των νησιών στην Ελλάδα, ιδιαίτερα των μικρότερων, καθώς και του λεκανοπεδίου της Αττικής, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα λειψυδρίας. Παρά τα σχετικά χαμηλά επίπεδα ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, το μικρό τους μέγεθος, τις υψηλές θερμοκρασίες και την ηλιοφάνεια, πολλά νησιά (όπως οι Κυκλάδες) διέθεταν κάποτε αρκετούς υδάτινους πόρους για να καλύψουν τις ανάγκες τους. Δημιουργείται μεγαλύτερη ανάγκη για νερό από ό,τι μπορούν να καλύψουν οι διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι λόγω των αλλαγών στη χρήση της γης από τη γεωργία, την κτηνοτροφία και την αλιεία στην τουριστική βιομηχανία, της σημαντικής αύξησης του πληθυσμού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, των αλλαγών στον τρόπο ζωής και της επέκτασης της χρήσης του νερού. Τα προβλήματα επιδεινώνονται από την άνιση χρονική και χωρική κατανομή των βροχοπτώσεων. Στο λεκανοπέδιο της Αττικής, όπου υπάρχει μια κατάσταση αυξανόμενης αστικοποίησης και οικιστικής, οικονομικής και διοικητικής συγκέντρωσης, υπάρχει επίσης ένα πρόβλημα παρόμοιας φύσης. Ως αποτέλεσμα, στο τέλος της δεύτερης χιλιετίας, ο πληθυσμός του λεκανοπεδίου είχε φτάσει ή ξεπεράσει το 40% του συνολικού ελληνικού πληθυσμού και η οικονομική δραστηριότητα στην ίδια περιοχή είχε φτάσει το 70% της συνολικής οικονομικής δραστηριότητας (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011).

Κεφάλαιο 4ο : Επιπτώσεις Κλιματικής Αλλαγής

Η επιστημονική κοινότητα έχει εργαστεί πολύ σκληρά τα τελευταία χρόνια, ιδίως για να αξιολογήσει τις επιπτώσεις της αναμενόμενης κλιματικής αλλαγής σε διάφορους τομείς της κοινωνικής δραστηριότητας και του περιβάλλοντος. Η σοβαρότητα και οι επιπτώσεις της προαναφερθείσας κλιματικής αλλαγής δεν θα είναι οι ίδιες παντού στον κόσμο- σε ορισμένα μέρη και σε ορισμένους κλάδους μπορεί να είναι ακόμη και επιτεύξιμα τα οφέλη. Οι επιδράσεις της φυσικής κλιματικής μεταβλητότητας και μη κλιματικών παραγόντων (όπως οι αλλαγές στη χρήση γης, η υποβάθμιση της γης, η αστικοποίηση και η ρύπανση) εμπλέκονται επίσης, καθιστώντας δύσκολο να αποδοθούν με σαφήνεια οι αλλαγές σε τοπικό επίπεδο στα φυσικά και διαχειριζόμενα συστήματα στην ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή (IPCC, 2013). Η εξάτμιση και οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις είναι οι αιτίες των φαινομένων που σχετίζονται με τον υδρολογικό κύκλο (βροχοπτώσεις, χιονοπτώσεις, χαλάζι κ.λπ.). Όταν τα νερά των κατακρημνισμάτων φθάνουν στην επιφάνεια της γης, διαχωρίζονται

σε μεγάλο βαθμό σε τρεις κατηγορίες: διήθηση, απορροή, εξάτμιση και διαπνοή (μέσω των φυτών). Δευτερευόντως, καθώς το νερό της απορροής είτε συνεχίζει την πορεία του μέσω μερικής διήθησης ή μερικής εξάτμισης, είτε, αντίστροφα, καθώς το διηθημένο νερό εξέρχεται στην επιφάνεια μέσω φρεατίων, το μοτίβο αυτό περιπλέκεται περισσότερο. Αυτές οι τροποποιήσεις μπορεί να λαμβάνουν χώρα επανειλημμένα. Επιπλέον, το νερό που φιλτράρεται πριν τροφοδοτήσει τον υπόγειο υδροφόρα ικανοποιεί σε μεγάλο βαθμό τις απαιτήσεις σε νερό του εδάφους, της υπόγειας ζώνης και του ριζικού συστήματος, όπου λαμβάνει χώρα η ανάπτυξη φυτών και ζώων (νερό κατακράτησης, νερό προσρόφησης, τριχοειδές νερό). Ο υδρολογικός κύκλος, το υδρολογικό ισοζύγιο (επιφανειακά ύδατα) και το υδρογεωλογικό ισοζύγιο επηρεάζονται σαφώς από οποιαδήποτε διαταραχή του συστήματος ατμοσφαιρικής κατακρήμνισης (υπόγεια ύδατα).

Σύμφωνα με την τέταρτη έκθεση αξιολόγησης της IPCC (2007), λόγω της μείωσης των κατακρημνισμάτων και της αύξησης των ρυθμών εξάτμισης, η μέση ετήσια απορροή των ποταμών και η διαθεσιμότητα νερού θα αυξηθούν κατά 10%-40% στα υψηλότερα υψόμετρα και σε ορισμένες τροπικές περιοχές μέχρι τα μέσα του 21ου αιώνα και θα μειωθούν κατά 10%-30% στις ξηρές περιοχές με μέσο υψόμετρο. Στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης αναμένεται μείωση της ετήσιας απορροής έως και 20%-30%. Επιπλέον, η πιθανότητα ξηρασίας αναμένεται να αυξηθεί στη Δυτική και Νότια Ευρώπη, ενώ θα μειωθεί στη Βόρεια Ευρώπη. Στις περιοχές της Ισπανίας, της Πορτογαλίας, της δυτικής Γαλλίας, της Πολωνίας και της δυτικής Τουρκίας, οι ξηρασίες που σήμερα έχουν χρόνο επαναφοράς 100 ετών προβλέπεται να επαναλαμβάνονται κατά μέσο όρο κάθε 10 χρόνια ή λιγότερο μέχρι τη δεκαετία του 1970 (IPCC, 2007). Οι χειμερινές πλημμύρες στη βόρεια Ευρώπη και οι αιφνίδιες πλημμύρες σε όλη την Ευρώπη είναι πλέον πιο πιθανό να συμβούν. Επιπλέον, υπάρχει πιθανότητα οι πλημμύρες από το λιώσιμο του χιονιού να μετατοπιστούν από την άνοιξη στον χειμώνα (IPCC, 2013).

Οι πλημμύρες προβλέπεται να εμφανίζονται συχνότερα στις ατλαντικές περιοχές της νότιας Ευρώπης (Ισπανία, Πορτογαλία), της κεντρικής και ανατολικής Ευρώπης (Πολωνία, ποταμοί των Άλπεων), της βόρειας και βορειοανατολικής Ευρώπης (Σουηδία, Φινλανδία, βόρεια Ρωσία), της Ιρλανδίας και της τρέχουσας περιόδου επαναφοράς 100 ετών. Λιγότερο συχνά, εκτιμάται ότι μεγάλες περιοχές της νότιας Ευρώπης θα παρουσιάσουν πλημμύρες (IPCC, 2007). Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι ανάγκες άρδευσης τείνουν να αυξηθούν σε πολλά μέρη και μπορεί να μειωθούν σε λίγα, σύμφωνα με μελέτη του Doll (2002). Η μέση βροχόπτωση στη νότια Ισπανία θα αυξηθεί κατά τη διάρκεια του χειμώνα, αλλά θα μειωθεί απότομα την άνοιξη (Rodriguez et al., 2007). Η εξατμισοδιαπνοή των καλλιεργειών θα αυξηθεί επίσης. Ωστόσο, οι απαιτήσεις άρδευσης θα είναι περισσότερες και μπορεί να ξεπεράσουν ακόμη και το 20%, ανάλογα με το πώς κατανέμονται χωρικά οι καλλιέργειες. Αυτό απαιτεί την εφαρμογή μεθόδων προσαρμογής της άρδευσης. Σύμφωνα με παρατηρήσεις που έγιναν στο παράδειγμα της Βουλγαρίας (Popova and Pereira, 2008), η προσαρμογή οδηγεί σε καλύτερο προγραμματισμό της άρδευσης όταν η άρδευση χρησιμοποιείται σε σημαντικά βάθη. Αντίθετα, λιγότερο νερό συγκρατείται στο έδαφος

εάν η εφαρμογή γίνεται σε μικρότερα βάθη, με αποτέλεσμα να απαιτείται περισσότερη άρδευση (IPCC, 2013).

Η Ελλάδα έχει συνολική έκταση περίπου 132000 km², εκ των οποίων τα 3000 νησιά αποτελούν το 20%. Η μακρύτερη ακτογραμμή της Ευρώπης, με μήκος άνω των 16000 χλμ. και το 5% αυτής να αποτελείται από τόπους με ιδιαίτερη βιολογική σημασία, περιβάλλει την περίπλοκη τοπογραφία της χώρας και αποτελείται κατά τα δύο τρίτα από λοφώδες έδαφος (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011). Η οροσειρά της Πίνδου, δυτικά της οποίας υπάρχουν διαφορετικά ύψη υετού σε σχέση με την Ανατολική Ελλάδα, παίζει καθοριστικό ρόλο στην κατανομή των συνολικών βροχοπτώσεων της Ελλάδας, οι οποίες αντιστοιχούν σε 800 mm βροχόπτωσης κατά μέσο όρο. Με δεδομένο ότι η κατανομή της επιφανειακής απορροής παρουσιάζει ένα μοτίβο που είναι παρόμοιο με την κατανομή της βροχόπτωσης, το υδατικό έλλειμμα είναι αναμενόμενο. Τα στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων (2003) σχετικά με το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας για τα κρίσιμα υδρολογικά έτη 1989-1990 και 1990-1991, κατά τα οποία παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της βροχόπτωσης (-40%) σε όλη τη χώρα, μας επιτρέπουν να εξάγουμε τα εξής ενδιαφέροντα συμπεράσματα: Η μεταβολή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης από 130 mm (κατά το υδρολογικό έτος 1989-90) σε 170 mm το 1990-91 (αύξηση 30%) είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ετήσιας βροχόπτωσης κατά 30%. Κατά το υδρολογικό έτος 1991-1992, η βροχόπτωση μειώθηκε από 170 mm σε 140 mm, δηλαδή κατά 17%, ενώ η απορροή μειώθηκε από 50 mm σε 33 mm, δηλαδή κατά 70%.

Κατά συνέπεια, η απορροή θα τριπλασιαστεί σε σχέση με την αύξηση της βροχόπτωσης και θα μειωθεί σε σχέση με τη μείωση της βροχόπτωσης κατά το ίδιο περίπου ποσό. Η συγκέντρωση επιφανειακών (λίμνες) και υπόγειων υδάτων ευνοείται από την αλληλεπίδραση της γεωγραφίας, της μορφολογίας και της γεωλογίας (εκτεταμένα καρστικά πεδία). Λόγω της ευπάθειας του καρστ στη ρύπανση, ενθαρρύνει επίσης την υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτινων σωμάτων. Λόγω του γεγονότος ότι αυτά θα αυξηθούν σε περιορισμένο όγκο υδάτινων σωμάτων, αναμένεται αυξημένη εξάτμιση και διαπνοή, αυξημένες ανάγκες άρδευσης και ενδεχομένως αυξημένες τουριστικές ανάγκες υπό συνθήκες κλιματικής αλλαγής (Stournaras, 2007). Μια σημαντική υδρολογική απώλεια που λαμβάνει χώρα τόσο στην επιφάνεια όσο και στα ανώτερα στρώματα του εδάφους είναι η εξατμισοδιαπνοή. Ιδιαίτερα στις άγονες ανατολικές περιοχές της Ελλάδας, το ποσοστό της είναι υψηλό. Ο δείκτης ξηρότητας της UNESCO, ο οποίος υπολογίζεται ως ο λόγος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς τη σχετική δυναμική εξατμισοδιαπνοή, είναι ένα συχνά χρησιμοποιούμενο μέτρο για την περιγραφή του κλίματος μιας περιοχής (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011).

1. Η κατανομή αυτού του δείκτη στην Ελλάδα αναδεικνύει πόσο σοβαρή είναι η ξηρασία στα νοτιοανατολικά της χώρας και στα νησιά του Αιγαίου. Επειδή τα δύο μέρη της συνολικής ροής είναι αλληλένδετα, η διάκριση μεταξύ επιφανειακών και υπόγειων υδάτων όσον αφορά τους ανανεώσιμους υδάτινους πόρους έχει μόνο θεωρητική σημασία (δευτερογενής διήθηση και απορροή). Το επίπεδο των αφίξεων για κάθε ξεχωριστή τοποθεσία λαμβάνει υπόψη την επιφανειακή απορροή και τη διήθηση

που τροφοδοτεί τον υδροφόρο ορίζοντα. Η επιφανειακή και η υπόγεια απορροή λαμβάνονται υπόψη στο επίπεδο των απωλειών. Η ξεχωριστή εκτίμηση των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων σε τοπικό ή υπερτοπικό επίπεδο ενέχει τον κίνδυνο να λείπουν οι δευτερογενείς επιπτώσεις (διήθηση, απορροή), καθώς και να υπολογίζεται λανθασμένα η ποσότητα του νερού που θα φτάσει και θα φύγει από την περιοχή. Στην πραγματικότητα, εκτός από εξαιρετικά σπάνιες περιπτώσεις, δεν είναι σκόπιμο να σκεφτόμαστε τους φυσικούς υδάτινους πόρους που προσδιορίζονται από την επιφανειακή απορροή, μετρούμενη ή προσεγγιστικά, και τους αντίστοιχους υδάτινους πόρους, υπολογιζόμενους με βάση τον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα. Ανάλογα με την κλίμακα εξέτασης και τους φυσικούς, κλιματολογικούς και γεωλογικούς παράγοντες που επηρεάζουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υδροφορέων και της επιφανειακής απορροής σε μια τοποθεσία, είναι συνήθως μερικώς προσθετικοί. Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι έμμεσες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα υδατικά συστήματα, ιδίως στα υπόγεια υδατικά συστήματα (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011):

1. Λόγω της μειωμένης βροχόπτωσης και της αυξημένης εξατμισοδιαπνοής, παρατηρείται γενική μείωση της παροχής νερού και του εμπλουτισμού των υδροφορέων.
2. Αύξηση του εμπλουτισμού των παράκτιων και υπόγειων υδροφορέων, ιδίως των καρστικών υδροφορέων, ως αποτέλεσμα της προώθησης του μετώπου εμπλουτισμού προς την ενδοχώρα και της μείωσης του δυναμικού της χερσαίας υδατικής φάσης ως αποτέλεσμα του μειωμένου εμπλουτισμού και της υπεράντλησης.
3. Λόγω της μειωμένης αραίωσης, η συγκέντρωση των ρύπων στα παράκτια υδάτινα σώματα και στον ωκεανό έχει αυξηθεί.
4. Η ήδη δρομολογημένη υποβάθμιση των δελταϊκών περιοχών θα επιδεινωθεί ως αποτέλεσμα της κατασκευής παράλληλων αναχωμάτων στην πεδινή ζώνη του δέλτα και εγκάρσιων φραγμάτων στην ανάντη ζώνη (τα οποία θα μειώσουν την απορροή και την απόρριψη στερεών) (άφιξη των μεταφερόμενων υλικών σε ένα ενιαίο στόμιο).
5. Η αποξήρανση ή η ρύπανση των παράκτιων υγροτόπων.
6. Η ερημοποίηση γίνεται όλο και πιο σοβαρή ως αποτέλεσμα της έλλειψης νερού και των εδαφικών αλλαγών (συμπίεση, σφράγιση κ.λπ.).

Κεφάλαιο 5ο: Μελέτη περίπτωσης Θεσσαλίας

5.1 Κλιματικά χαρακτηριστικά

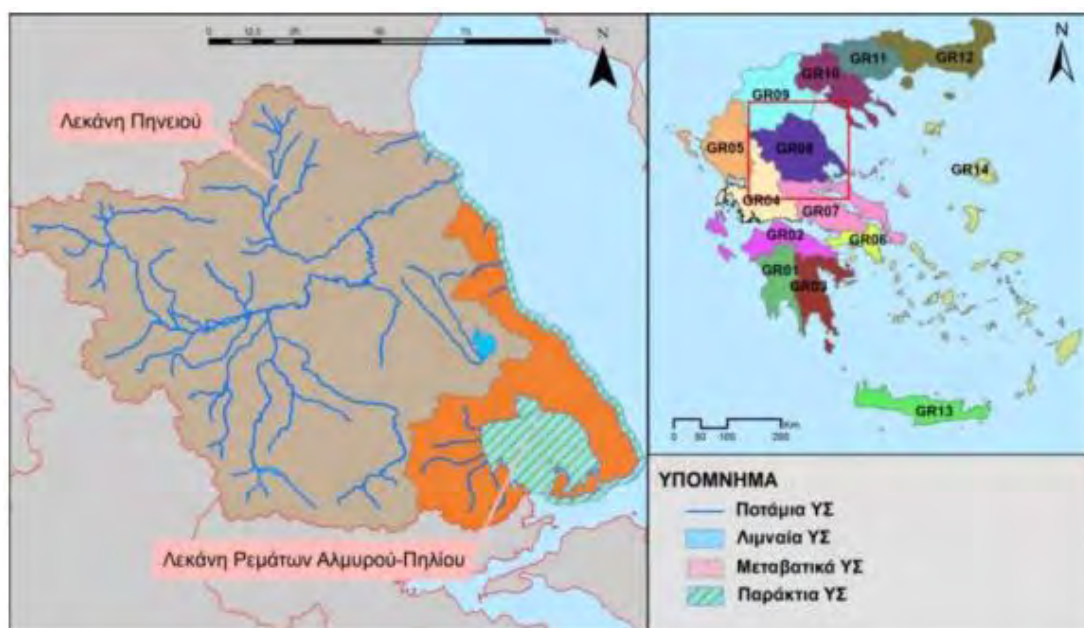
Το ανάγλυφο ή ο προσανατολισμός, το ύψος και η έκθεση στους ανέμους καθορίζουν τις κλιματικές περιοχές της Θεσσαλίας. Με βάση αυτό μπορούν να προσδιοριστούν τρεις κλιματικές περιοχές. το δυτικό ορεινό τμήμα, το οποίο έχει ορεινό κλίμα, η κεντρική πεδινή περιοχή, η οποία έχει ηπειρωτικό κλίμα, και η ανατολική παράκτια και ορεινή περιοχή, η οποία έχει μεσογειακό κλίμα. Μεταξύ 16°C και 17°C κυμαίνεται το μέσο ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος. Οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος και ο Δεκέμβριος, ενώ ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι θερμότεροι. Η δυτική περιοχή παρουσιάζει σχετικά υψηλές βροχοπτώσεις, οι οποίες μειώνονται στα πεδινά του κέντρου, πριν αυξηθούν και πάλι στην ορεινή ανατολική περιοχή. Οι υγρότεροι μήνες είναι ο Οκτώβριος και ο Ιανουάριος, ενώ ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι ξηρότεροι. Στα ορεινά τμήματα της περιοχής, οι χιονοπτώσεις εμφανίζονται συχνότερα και είναι εντονότερες από νότο προς βορρά και από ανατολή προς δύση. Οι δύο πιο χιονισμένοι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρειας Θεσσαλίας, Α' Φάση, Στρατηγικός Σχεδιασμός, 2011: 8).

5.2 Μορφολογικά, τοπολογικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά

Λόγω της θέσης της στην κεντροανατολική περιοχή της ελληνικής ηπειρωτικής χώρας, η Θεσσαλία κατέχει στρατηγική θέση στον κύριο άξονα της χώρας. Το Αιγαίο Πέλαγος βρίσκεται στα ανατολικά και ο Παγασητικός Κόλπος, ο μοναδικός θαλάσσιος κόλπος της περιοχής, βρίσκεται στα νοτιοανατολικά. Οι οροσειρές του Κάτω Ολύμπου, του Άνω Ολύμπου, του Τιτάρου, των Καμβουνίων, των Αντιχασίων και των Χασίων αποτελούν τα σύνορά της με την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία. Από τα δυτικά προς τα ανατολικά χωρίζεται από την Ήπειρο με την οροσειρά της Νότιας Πίνδου και από τη Στερεά Ελλάδα με τις κορυφές του Δελιδήμι, της Καταρράχης, της Μάρτσας και της Βουλγάρας, που αποτελούν προεκτάσεις της Νότιας Πίνδου (Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή, 2015). Η λεκάνη απορροής του Πηνειού φιλοξενεί τις ακόλουθες γεωτεκτονικές ζώνες και τεκτονικά παράθυρα: Ζώνη Πίνδου, Ενότητα Κοζιάκα, Ζώνη Μαλίων, Ελλαδικό Τεκτονικό Κάλυμμα, Πελαγονική Ζώνη στην Ανατολική και Βόρεια Θεσσαλία, Ενότητα Αμπελακίων, Ενότητα Ολύμπου-Όσσας, Ενότητα Κρανιάς - Ελασσόνας, Σχηματισμοί Μέσης Ελλάδος. Αντίστοιχα, στην περιοχή της λεκάνης απορροής του ρέματος Αλμυρού υπάρχουν οι γεωλογικοί σχηματισμοί της Ζώνης της Πίνδου, οι οποίοι σχηματίζονται σε μια μικρή περιοχή ανατολικά της λεκάνης. Υπάρχουν επίσης η Μαλιακή Ζώνη, το Αιολικό Τεκτονικό Κάλυμμα, η Πελαγονική Ζώνη και η Ενότητα Αμπελακίων.

5.3 Υδάτινοι πόροι

Περίπου η ίδια γεωγραφική περιοχή αντιστοιχεί στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας. Μόνο ένα μικρό μέρος της επικράτειας της Θεσσαλίας, κυρίως στα νότια και νοτιοδυτικά, μοιράζεται με γειτονικά υδατικά διαμερίσματα. Έχει συνολική έκταση 13.377 km² και αποτελείται από τα ρέματα Αλμυρού-Πηλίου και τις λεκάνες απορροής του Πηνειού ποταμού. Οι ποταμοί Ενιπέας, Φαρσαλιώτης, Σοφαδίτης και Καλέντζης στα νότια, ο Πάμισος και ο Πορταϊκός στα δυτικά-νοτιοδυτικά και ο Ληθαίος, ο Νεοχωρίτης και ο Τιταρίσιος στα βόρεια είναι οι κύριοι παραπόταμοι του Πηνειού. Οι τρεις κύριες λίμνες δημιουργούνται τεχνητά: Η λίμνη Σμοκόβου, η λίμνη Αργυροπούλι και η λίμνη Κάρλα (Κουτσογιάννης, 2008: 375). Στην υδρολογική λεκάνη του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας Αλμυρού-Πηλίου υπάρχουν λίγα από τα ρέματα που εκβάλλουν κυρίως στον Παγασητικό Κόλπο αντί οποιουδήποτε σημαντικού ποταμού. Ο ταμιευτήρας Κάρλας, ο ταμιευτήρας Σμοκόβου και ο ταμιευτήρας Αργυροπούλιου είναι τα τρία λιμνοειδή υδάτινα σώματα που συναντώνται στη Θεσσαλία. Στην περιοχή έρευνας δεν υπάρχουν φυσικές λίμνες. Στα καρστικά και τεταρτογενή στρώματα έχουν σχηματιστεί ειδικοί υδροφόροι ορίζοντες, σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής της Διεύθυνσης Υδάτων Θεσσαλίας. Λόγω της εκμετάλλευσής του, αξιοσημείωτοι είναι οι προσχωματικοί κοκκώδεις υδροφόροι ορίζοντες σε πεδινές θέσεις. Η δυτική πεδιάδα και η ανατολική πεδιάδα είναι δύο ξεχωριστά υδρογεωλογικά συστήματα που συνθέτουν το πεδινό τμήμα της Περιφέρειας. Οι τέσσερις διαφορετικές μορφές υδροφόρων οριζόντων περιλαμβάνουν τους διάτρητους βραχώδεις υδροφόρους ορίζοντες, τους καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες που σχηματίζονται σε ανθρακικά πετρώματα, τους επιφανειακούς υδροφόρους ορίζοντες ελεύθερης πίεσης και τους υπό πίεση υδροφόρους ορίζοντες («Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας», 2014: 41).



Εικόνα 1: Λεκάνες απορροής του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας. Πηγή: Αναθεώρηση Περιφερειακού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης της Περιφέρειας Θεσσαλίας, 2014: 135

5.4 Χλωρίδα, πανίδα & προστατευόμενες περιοχές

Η Θεσσαλία είναι μια περιοχή εξαιρετικού οικολογικού ενδιαφέροντος, καθώς περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα χλωρίδας και άγριας ζωής, συμπεριλαμβανομένων πολλών σπάνιων, απειλούμενων και προστατευόμενων ειδών. Στις διατάξεις του Δασικού Κώδικα εμφανίστηκαν αρχικά οι διάφοροι τύποι προστατευόμενων εκτάσεων. Ο νόμος αριθ. 996/1971, ο οποίος αποτελεί μέρος του νόμου αριθ. 86/1969 "Περί Δασικού Κώδικα", προβλέπει τη διατήρηση εθνικών πάρκων, ελκυστικών δασών και φυσικών μνημείων. Ο νόμος 177/1975, όπως αναθεωρήθηκε από τον νόμο 2637/1998, θέσπισε διατάξεις για καταφύγια άγριας ζωής, ελεγχόμενες περιοχές θήρας και εκκολαπτήρια θηραμάτων.

Ο νόμος 3937/2011 τροποποιεί τον νόμο 1650/1986 για το περιβάλλον, αλλάζοντας τους τύπους των προστατευόμενων περιοχών. Αυτές είναι οι κατηγορίες, σύμφωνα με το νόμο 3937/2011:

1. Περιοχή Απόλυτης Προστασίας της Φύσης,
2. Περιοχή Προστασίας της Φύσης,
3. Φυσικό Πάρκο και ειδικότερα Εθνικό Πάρκο ή Περιφερειακό Πάρκο
4. Περιοχή Προστασίας Οικοτόπων και Ειδών και ειδικότερα Ζώνη Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) ή Ειδική Ζώνη Διατήρησης (ΕΖΔ) ή Καταφύγιο Άγριας Ζωής ή συνδυασμός αυτών,
5. Προστατευόμενο Τοπίο και Στοιχείο Τοπίου ή Προστατευόμενος Φυσικός Σχηματισμός,
6. Μικροί Νησιωτικοί Υγρότοποι

Στο νόμο 3937/2011, τα Εθνικά Πάρκα ορίζονται ως Εθνικοί Δρυμοί, τα Αισθητικά και Προστατευτικά Δάση ορίζονται ως Προστατευόμενοι Φυσικοί Σχηματισμοί, τα Διατηρητέα Μνημεία της Φύσης περιλαμβάνονται και τα Καταφύγια Άγριας Ζωής περιλαμβάνονται και πάλι.

5.5 Διεθνείς Συμβάσεις για την προστασία του περιβάλλοντος

1. Σύμβαση RAMSAR «Για την προστασία των υγροτόπων Διεθνούς Σημασίας και ειδικά ως βιότοπων των υδρόβιων πουλιών»

Η Σύμβαση RAMSAR επικεντρώνεται στο σχεδιασμό για τη διατήρηση και την οριοθέτηση των σημαντικότερων υγροτόπων της χώρας. Εγκρίθηκε στην Ελλάδα με τους νόμους 191/1974 και 1950/1991 "για την έγκριση των τροποποιήσεων της Σύμβασης RAMSAR" μετά την υπογραφή της το 1971. Έντεκα σημαντικοί ελληνικοί υγρότοποι έχουν λάβει τον χαρακτηρισμό Υγρότοποι Διεθνούς Σημασίας από το 1975. Στην Περιφέρεια Θεσσαλίας δεν υπάρχουν τέτοιοι υγρότοποι (Αναθεώρηση του Περιφερειακού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού της Περιφέρειας Θεσσαλίας, 2013: 371-380).

2. Σύμβαση της BONNHΣ «Για την διατήρηση των μεταναστευτικών ειδών αγρίων ζώων»

Μέσω της διεθνούς συνεργασίας και δράσης, η Σύμβαση επιδιώκει τη διασφάλιση των μεταναστευτικών ειδών σε όλο το εύρος της εξάπλωσής τους. Στην Ελλάδα κυρώθηκε με το νόμο 2719/1999 (ΦΕΚ 106/Α/26-05-1999) "«για τη διατήρηση των αποδημητικών ειδών της άγριας πανίδας»" και τέθηκε σε ισχύ το 1983. Υπάρχουν 174 είδη που τόσο υπάρχουν στην Ελλάδα όσο και καλύπτονται από τη Σύμβαση .

3. Σύμβαση της ΒΕΡΝΗΣ «Για τη διατήρηση της άγριας ζωής και του φυσικού περιβάλλοντος της Ευρώπης»

Η Σύμβαση υποχρεώνει τα μέλη να λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα για τη διαφύλαξη των ενδιαιτημάτων των άγριων ειδών χλωρίδας και άγριας πανίδας που αναφέρονται στη Σύμβαση. Η Ελλάδα την ενέκρινε με το νόμο 1335/1983 και τέθηκε σε ισχύ το 1982 (ΦΕΚ 32/Α/14-03-1983).

4. Σύμβαση για την Προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς

Τα Ηνωμένα Έθνη θέσπισαν τη συμφωνία αυτή σε νόμο το 1975 με σκοπό τη διατήρηση της υψηλής παγκόσμιας αξίας των φυσικών και πολιτιστικών αγαθών. Με το νόμο 1126/1981 (ΦΕΚ 32/Α/10-02-1981) κυρώθηκε και στην Ελλάδα. Τα Μετέωρα εντάχθηκαν στον κατάλογο των πολιτιστικών και φυσικών αγαθών ιδιαίτερης σημασίας της Σύμβασης το 1989.

5. Σύμβαση της Βαρκελώνης «Για την προστασία της Μεσογείου από τη ρύπανση»

Για τα κράτη που συνορεύουν με τη Μεσόγειο, η Σύμβαση περιλαμβάνει μέτρα για την προστασία της βιοποικιλότητας του θαλάσσιου και παράκτιου περιβάλλοντος. Το 1978, 16 μεσογειακές κυβερνήσεις, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας, την επικύρωσαν. Στην Ελλάδα κυρώθηκε με τους νόμους 855/1978 (ΦΕΚ 235/Α/1978) και 1634/1986 (ΦΕΚ 104/Α/1986). Εννέα τόποι έχουν χαρακτηριστεί ως Ειδικά Προστατευόμενες Περιοχές, εκ των οποίων οι δύο βρίσκονται στη Θεσσαλία, δηλαδή τα Αισθητικά Δάση της νήσου Σκιάθου και το Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Αλοννήσου

και Βορείων Σποράδων (Αναθεώρηση του Περιφερειακού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού της Περιφέρειας Θεσσαλίας, 2013: 371-380).

6. Ευρωπαϊκό Δίκτυο Βιογενετικών Αποθεμάτων

Στόχος του δικτύου είναι η διατήρηση αντιπροσωπευτικών δειγμάτων της χλωρίδας, της πανίδας και των φυσικών τόπων της Ευρώπης. Το 1976, το Συμβούλιο της Ευρώπης το ίδρυσε. Στην Περιφέρεια Θεσσαλίας έχουν οριστεί δύο τόποι -το Αισθητικό Δάσος Κουρί-Αλμυρού και ο Εθνικός Δρυμός Ολύμπου (Αναθεώρηση του Περιφερειακού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού της Περιφέρειας Θεσσαλίας, 2013: 371-380).

7. Σημαντικές Περιοχές για τα πουλιά (ΣΠΠ)

Πρόκειται για ένα παγκόσμιο δίκτυο τοποθεσιών που είναι σημαντικές για τη διατήρηση ειδών πουλιών των οποίων η ζωή εξαρτάται από συγκεκριμένα περιβάλλοντα. Στην Περιφέρεια Θεσσαλίας υπάρχουν 20 περιοχές ΣΠΠ, ενώ ορισμένες από αυτές έχουν κηρυχθεί και ως Ειδικές Ζώνες Διατήρησης. Οι περιοχές αυτές παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα (Αναθεώρηση του Περιφερειακού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού της Περιφέρειας Θεσσαλίας, 2013: 371-380).

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΣΠΠ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ NATURA ΠΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΙ
1	Όρος Όλυμπος	GR1250001 SAC-SPA
2	Όρος Κερκέτιο (Κόζιακας)	GR1440006 SPA και GR1440002 SAC
3	Αντιχάσια Όρη και Μετέωρα	GR1440005 SPA και GR1440003 SAC
4	Στενά Καλαμακίου και Όρη Ζάρκου	GR1420009 SPA
5	Περιοχή Ελασσόνας	GR1420014 SPA
6	Περιοχή Τυρνάβου	GR1420013 SPA
7	Μάτι Τυρνάβου	GR1420013 SPA
8	Κάτω Όλυμπος, Τέμπη, Όσσα	GR1420008 SPA, GR1420001 SAC, GR1420005 SAC-SPA, GR1420007 SPA
9	Δέλτα Πηνειού	GR1420015 SPA
10	Όρος Μαυροβούνι (Λάρισα)	GR1420006 SPA
11	Ταμειυτήρες τέως Λίμνης Κάρλας	GR1430007 SPA
12	Θεσσαλικός Κάμπος	GR1420011 SPA
13	Περιοχή Φαρσάλων	GR1420012 SPA

14	Όρος Πήλιον	GR1430008 SPA
15	Νήσοι Κυρά Παναγιά/Γιούρα/Πιπέρι/ Σκάντζουρα (Βόρειες Σποράδες)	GR1430005 SPA
16	Όρος Περιστέρι	GR2130007 SAC-SPA
17	Αθαμανικά Όρη (Τζουμέρκα)	GR2130013 SPA
18	Κουλάδα Αχελώου	GR2110006 SPA
19	Όρη Ντεληδίμη και Φτέρη (Άγραφα)	GR2430002 SPA και GR1410002 SAC
20	Όρος Όθρυς	GR1430006 SPA

Πίνακας 1: Σημαντικές Περιοχές για τα πουλιά (ΣΠΠ) στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.
Πηγή: Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία.

5.6 Περιβαλλοντική κατάσταση

Δημιουργήθηκε ένας κατάλογος με τα ζητήματα και τις πιέσεις που υπάρχουν στην Περιφέρεια, στο πλαίσιο των κριτηρίων του ΠΕΠ Θεσσαλίας 2014-2020 (2014). Η επέκταση των τουριστικών υποδομών, το οδικό δίκτυο, η εκούσια ή ακούσια θανάτωση ζώων και οι δραστηριότητες αναψυχής είναι μερικοί από τους παράγοντες που αποτελούν απειλή για τη βιοποικιλότητα και τα φυσικά οικοσυστήματα. Ένας άλλος παράγοντας είναι η προοδευτική αστικοποίηση και οι υποδομές που τη συνοδεύουν. Σύμφωνα με τη μελέτη του 2014, "Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ) του ΠΕΠ Θεσσαλίας 2014-2020", η μείωση των παραγωγικών κλάδων, όπως η μεταποίηση και οι κατασκευές, η αποθάρρυνση της επιχειρηματικότητας λόγω των ανησυχητικών οικονομικών συνθηκών σε συνδυασμό με την αύξηση της ανεργίας και τα φαινόμενα φτώχειας και κοινωνικής περιθωριοποίησης έχουν αντίκτυπο στον πληθυσμό και τη δημόσια υγεία.

Σημαντικά για την Περιφέρεια είναι επίσης τα φαινόμενα των κατολισθήσεων, της καθίζησης του εδάφους και της ερημοποίησης. Επίσης, υπάρχει ανησυχία από την κλιματική αλλαγή και την επικράτηση των πυρκαγιών, οι οποίες καταστρέφουν τους πόρους και το έδαφος. Η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων και η υπερβολική χρήση των επιφανειακών υδάτων έχουν οδηγήσει σε έλλειμμα υδατικού ισοζυγίου, το οποίο σε συνδυασμό με την ανθρωπογενή ρύπανση των υδάτων έχει καταστροφικές επιπτώσεις στους υδάτινους πόρους. Η θέρμανση κακώς μονωμένων σπιτιών με αναποτελεσματικά συστήματα κεντρικής θέρμανσης υποβαθμίζει την ποιότητα του αέρα, και αυτό είναι πιο εμφανές στις αστικές περιοχές. Καθώς οι εκπομπές αερίων του

θερμοκηπίου αυξάνονται, αυτό είναι επίσης πιο εμφανές κατά τη διάρκεια κακοκαιρίας.

Η μερική συμμόρφωση της Περιφέρειας με τις ευρωπαϊκές πολιτικές για την επεξεργασία λυμάτων και την ολοκληρωμένη διαχείριση στερεών αποβλήτων αποτελεί επίσης σημαντικό παράγοντα. Οι κύριες πηγές ρύπανσης για την Περιφέρεια, σύμφωνα με τη ΣΜΠΕ για την επικαιροποίηση της ΠΕΣΔΑ Θεσσαλίας, είναι οι βιομηχανικές, ζωικές και γεωργικές δραστηριότητες. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται πώς ρυπαίνονται τα θρεπτικά συστατικά, το άζωτο και ο φώσφορος, καθώς και οι συντηρητικοί ρύποι από τα φυτοφάρμακα, ως αποτέλεσμα των γεωργικών δραστηριοτήτων. Τα απόβλητα από τη στέγαση των ζώων και η ανεξέλεγκτη βοσκή είναι οι πηγές ρύπανσης στην περίπτωση της κτηνοτροφίας. Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις ρυπαίνουν τη γη και τα ύδατα με την παραγωγή υγρών αποβλήτων και την απελευθέρωσή τους στην ατμόσφαιρα μέσω εκπομπών αερίων (Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ) για την Επικαιροποίηση του Περιφερειακού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) Περιφέρειας Θεσσαλίας», 2016).

5.7 Αναμενόμενες κλιματικές μεταβολές και οι επιπτώσεις τους

Σύμφωνα με μελέτες, η κλιματική αλλαγή είναι ο σοβαρότερος περιβαλλοντικός κίνδυνος, επειδή επηρεάζει τόσες πολλές πτυχές της ανθρώπινης ύπαρξης και των δραστηριοτήτων. Κατά συνέπεια, η Θεσσαλία δεν μπορεί να μείνει ανεπηρέαστη από αυτήν. Πρόκειται για μια γρήγορη ανάλυση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και των μεταβλητών που θα επηρεαστούν περισσότερο στην Περιφέρεια Θεσσαλίας. Η έρευνα που διεξήχθη από την Επιτροπή για τη Μελέτη των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής παρείχε την πλειοψηφία των επιπτώσεων που αναφέρονται σε αυτό το κεφάλαιο.

5.7.1 Άνοδος στάθμης της θάλασσας

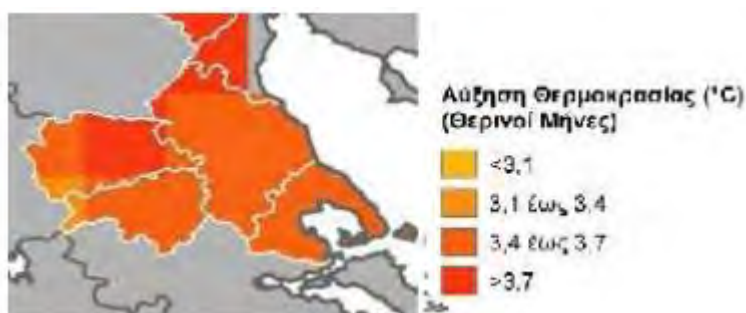
Η γεωγραφική κατανομή των σημερινών χρήσεων γης στις παράκτιες περιοχές αναμένεται να διαφοροποιηθεί καθώς η άνοδος της στάθμης της θάλασσας συνεχίζεται με μεγαλύτερο ρυθμό από ό,τι ήδη συμβαίνει (Νάσσης et al., 2011). Οι πλημμύρες, η διάβρωση και η διείσδυση αλμυρού νερού είναι οι τρεις κύριοι τρόποι με τους οποίους η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα επηρεάσει τις ακτές. Το συνολικό μέγεθος των επηρεαζόμενων παράκτιων περιοχών καθορίζει τον αντίκτυπο της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, η οποία επηρεάζει τη γεωργία, τις κατοικίες, τα δίκτυα και τις παραλίες με μεγάλη τουριστική κίνηση. Καθώς υπάρχει εξάρτηση μεταξύ τους, από το περιβάλλον και τον τρόπο ζωής των κατοίκων αυτών των περιοχών, οι επιπτώσεις αυτών των επιπτώσεων θα γίνουν αισθητές σε όλους τους τομείς, καθώς ο τουρισμός, ο πρωταρχικός τομέας παραγωγής, θα επηρεαστεί σοβαρά. Αυτό θα οδηγήσει σε μείωση του δευτερογενούς τομέα.

Ο Παγασητικός Κόλπος είναι ένας από τους παράκτιους υγροτόπους που πιθανότατα θα επηρεαστεί περισσότερο αρνητικά. Συγκεκριμένα ο Δήμος της Αγιάς (Δημοτική Ενότητα Μελίβοιας), ο Δήμος Βόλου και ο Δήμος Αλμυρού είναι οι παράκτιοι δήμοι μέσης ευαισθησίας. Ο Δήμος Τεμπών και ο Δήμος Αγιάς και ειδικότερα η Δημοτική Ενότητα Ευρυμενών είναι οι δήμοι με τη μεγαλύτερη τρωτότητα. Το φαινόμενο αυτό θα έχει σημαντικές επιπτώσεις και στα νησιά της Περιφέρειας, καθώς η ακτογραμμή καλύπτει μια μεγάλη περιοχή. Η φύση των βράχων, η τοπογραφία της ακτής και το υψόμετρο επηρεάζουν την ευαισθησία μιας περιοχής. Οι δελταϊκές εκτάσεις, και πιο συγκεκριμένα η δελταϊκή περιοχή του Πηνειού στη Θεσσαλία, περιγράφονται από τους Παπανικολάου κ.ά. (2011: 23) (Νάσσης κ.ά., 2011).

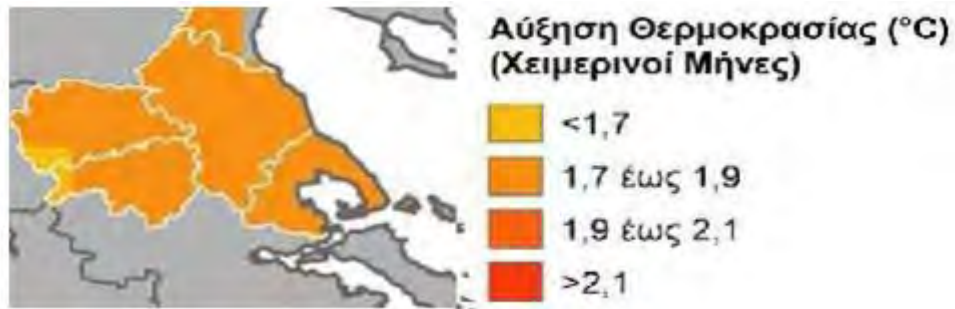
5.7.2 Φυσικές καταστροφές

Αρκετές φυσικές καταστροφές προκαλούνται από κλιματολογικές συνθήκες όπως η θερμοκρασία και η βροχόπτωση. Οι χάρτες δείχνουν τη διαφορά στις θερινές και χειμερινές θερμοκρασίες από το 2046 έως το 2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1961-1990. Όπως παρατηρείται, υπάρχει σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ιδίως σε τμήματα του δυτικού μισού της επικράτειας όπου η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 3,7 °C. Από την άλλη πλευρά, υπάρχει μικρότερη αύξηση της θερμοκρασίας καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν θα υπάρξουν ουσιαστικές επιπτώσεις, διότι δεν θα υπάρξει μεγάλη αύξηση (Καρτάλης et al., 2017).

Τα φυσικά καιρικά φαινόμενα έχουν αντίκτυπο στην ανθρώπινη δραστηριότητα και έχει παρατηρηθεί ότι η συχνότητα τέτοιων γεγονότων αυξάνεται σταθερά (Καρτάλης κ.ά., 2017).

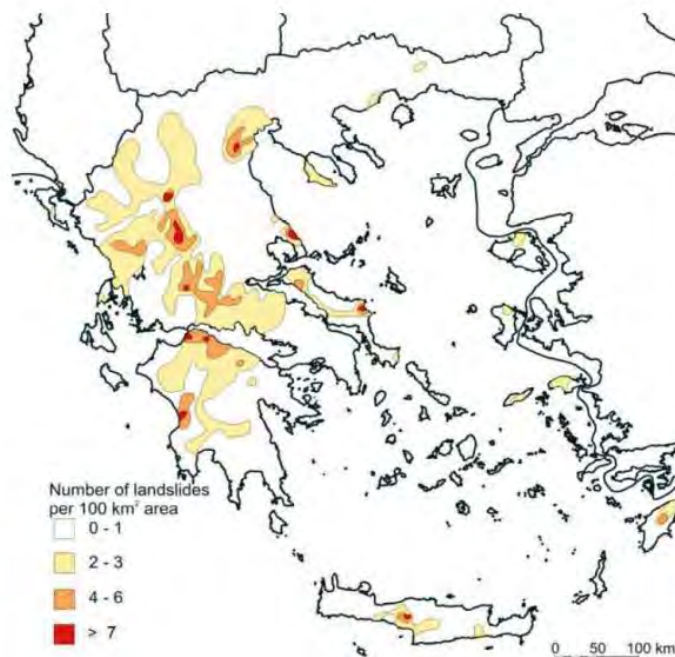


Χάρτης 1: Μεταβολή θερμοκρασίας για το διάστημα 2046-2065 σε σύγκριση με το διάστημα 1961-1990 κατά τους θερινούς μήνες. Πηγή: Καρτάλης, κ.ά., 2017.



Χάρτης 2: Μεταβολή θερμοκρασίας για το διάστημα 2046-2065 σε σύγκριση με το διάστημα 1961-1990 κατά τους χειμερινούς μήνες. Πηγή: Καρτάλης, κ.ά., 2017.

Σύμφωνα με το συνοδευτικό χάρτη, οι περιοχές της Θεσσαλίας με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις κατολισθήσεων είναι η περιοχή κοντά στην Πίνδο και το ανατολικό τμήμα του Πηλίου, όπου έχουν παρατηρηθεί τακτικές καθιζήσεις δρόμων.



Χάρτης 3: Χάρτης ζωνών κατολισθητικής επικινδυνότητας στον Ελληνικό χώρο. Πηγή: Παπανικολάου & Διακάκης, 2011.

Ένα άλλο φυσικό φαινόμενο που μπορεί να προκαλέσει καταστροφές είναι οι πλημμύρες, οι οποίες εξαρτώνται από τις βροχοπτώσεις. Οι βροχοπτώσεις παρατηρούνται σχετικά συχνά στην περιοχή, ιδίως στο δυτικό τμήμα, λιγότερο συχνά

στα πεδινά και συχνότερα στο ανατολικό τμήμα. Ενώ ορισμένες πλημμύρες συνέβησαν σε μεγαλύτερα υδρογραφικά δίκτυα, ιδιαίτερα στην περιοχή μελέτης στον ποταμό Πηνειό, άλλες συνέβησαν σε εφήμερους χείμαρρους που πέρασαν μέσα από κατοικημένες γειτονιές. Στην περιοχή της Καρδίτσας και στη λεκάνη απορροής Λάρισας-Τρικάλων, όπου έχουν καταγραφεί κάποια σημαντικά πλημμυρικά γεγονότα στο παρελθόν (Σενάριο Α1Β (ECHAM5)), προβλέπεται ότι οι πλημμύρες θα αυξηθούν. Σε σύγκριση με την υπόλοιπη χώρα, η Περιφέρεια Θεσσαλίας προβλέπεται να δει μια από τις μεγαλύτερες ποσοστιαίες αυξήσεις στην πιθανότητα υπέρβασης του ορίου βροχόπτωσης μέχρι το 2049. (Παπανικολάου & Διακάκης, 2011).

Σύμφωνα με την Προκαταρκτική Εκτίμηση Κινδύνου Πλημμύρας (Εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ) (2012), τα σημεία που είναι πιο ευάλωτα στις πλημμύρες, ανά Περιφερειακή Ενότητα, είναι τα εξής:

Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας

- π. Ενιπέας και τάφροι Φαρσαλίτης, Ιτόλη, Ταμπάκος (Πα), Κακάρας (περιοχές Πέτρινος Συκεών, Αστρίτσα, Γεφύρια, Πασχ/τσα, Κυψέλη, Ερμήτσι, Γραμμικό, Ν. Ικόνιο)

- π. Σοφαδίτης, Οργόζινος (λεκάνη Σμοκόβου). Περιοχές Δασοχώρι, Μελισοχώρι, Σοφάδες, Ματαράγκα

- π. Καλέντζης, Λείψιμος, Ιταλικός. Περιοχές Μεταμόρφωση, Παλαμάς, Βλοχός, Κόσκινα, Ψαθοχώρια, Μακρυνάρι, Μυρίνη

- π. Καράμπαλης και τάφος Ξυρονερίου (περιοχές Γεωργικό, Παπατζά, Μαρυδά, Καμινάδες, Καρδίτσα) • π. Πάμισος, Κουτάς, περιοχή Μαγούλα

- π. Μέγας και Βουβουλίνας (περιοχές Κρασιά, Ροζοβούνι, Κάρλα, Αγ. Τριάδα, Προάστιο, Πεδινό, Αρτεσιανό).

Περιφερειακή Ενότητα Λάρισας

- η κοίτη του ποταμού Πηνειού μεταξύ της εκβολής του Ενιπέα σε αυτόν και του οικισμού Κουτσόχερο

Περιφερειακή Ενότητα Μαγνησίας και Σποράδων

Κυρίως λόγω αστικοποίησης των περιοχών στα ρέματα:

- της περιοχής Αλμυρού (περιοχές Αλμυρού–Αμαλιάπολης-Ευξεινούπολη, Σούρπη)(Τσαγκάρης, 2011).

- της περιοχής Ξηριά του Βόλου (περιοχές Πολεοδομικού Συγκροτήματος Βόλου, Αγριάς, Πήλιο)

- τοπικά προβλήματα σε ρέματα του Πηλίου (Πορταριά, Μακρινίτσα)

- της περιοχής της Κάρλας

Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων

- π. Πηνειός ανάντη της συμβολής του ρέματος Μαλακασιώτικο (χείμαρρος Μύκανης) στην περιοχή του Δ. Καλαμπάκας
- π. Ληθαίος, περιοχή Δ. Καλαμπάκας (οικισμός Θεόπετρα) και περιοχή οικισμού Πατουλιάς Δ. Τρικκαίων.
- παραποτάμιες περιοχές ποταμών Πηνειού, Πορταϊκού, Ανάποδου και Παλαιοπόταμου, περιοχής Δ. Τρικκαίων, όπου σημειώνονται συχνά πλημμύρες σε καλλιέργειες
- παραποτάμιες περιοχές π. Πηνειού, περιοχή οικισμών Νομής-Φανερωμένης Δήμου Τρικκαίων.
- παραποτάμιες περιοχές π. Πηνειού περιοχής Δ. Φαρκαδόνας (κατάντη της συμβολής του π. Ενιπέα από το ύψος του οικισμού Κεραμίδι έως το ύψος του οικισμού Κουτσόχερο), όπου σημειώνονται συχνά πλημμύρες μεγάλης έκτασης (περίπου 20.000 στρ.) σε καλλιέργειες. (Τσαγκάρης, 2011).
- παραποτάμιες περιοχές π. Πάμισου, περιοχής Μεγάλων Καλυβίων Δ. Τρικκαίων.

Στην Ελλάδα και γενικά σε περιοχές με μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα, οι πυρκαγιές είναι από τις σημαντικότερες φυσικές καταστροφές. Ιδιαίτερα στην Ελλάδα, έχουν αυξηθεί ραγδαία πρόσφατα, με σημαντικές επιπτώσεις τόσο στην κοινωνία όσο και στα δασικά οικοσυστήματα. Μια από τις περιοχές με τις πιο καταστροφικές φλόγες είναι η Θεσσαλία. Η Λάρισα ανέφερε τα περισσότερα συμβάντα πυρκαγιάς σε επίπεδο νομού, αντιπροσωπεύοντας το 35% του συνόλου, ακολουθούμενη από τη Μαγνησία με 29% του συνόλου και τέλος η Καρδίτσα με τις λιγότερες καμένες εκτάσεις (Τσαγκάρης, 2011).

5.7.3 Αλιεία και Υδατοκαλλιέργειες

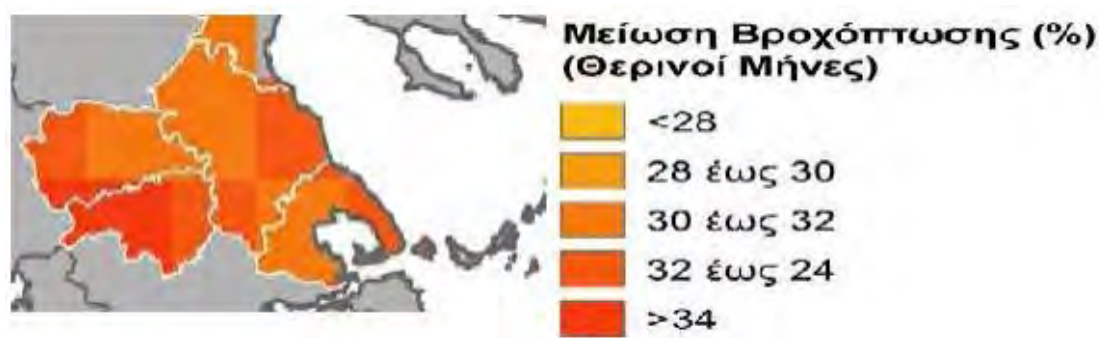
Η εκτίμηση του τρόπου με τον οποίο η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει αυτούς τους οικονομικούς τομείς είναι δύσκολη, διότι δεν υπάρχουν επαρκείς στατιστικές πληροφορίες για την παραγωγική ικανότητα των ελληνικών υδάτινων σωμάτων. Ωστόσο, οι εκτιμήσεις θα πρέπει να στηρίζονται σε ορισμένα δεδομένα, δεδομένου ότι υπάρχουν μεταβαλλόμενες πτυχές του κλίματος, όπως για παράδειγμα η αύξηση της θερμοκρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα. Τα στατιστικά αυτά στοιχεία, σύμφωνα με τον Παπουτσόγλου (2011), έχουν ως εξής:

- Αναμένεται ότι καθώς οι θερμοκρασίες του νερού αυξάνονται, τα είδη υδρόβιων ζώων θα αναπτύσσονται ταχύτερα, γεγονός που θα αυξήσει την ποσότητα των παραγόμενων ψαριών εκτροφής.

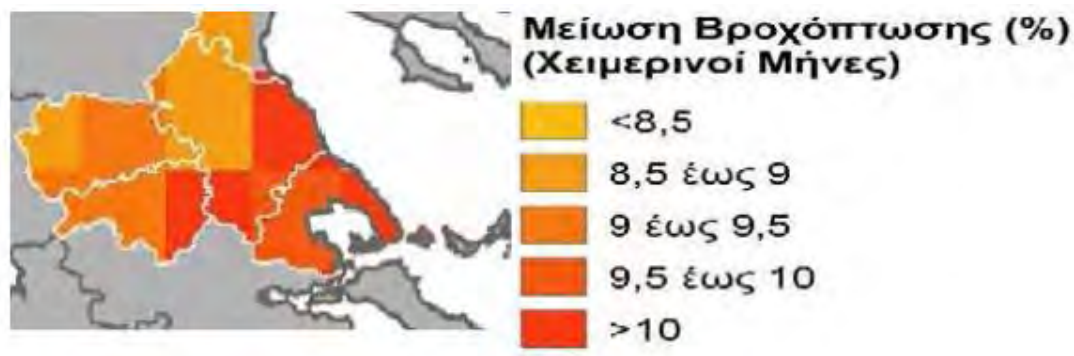
- Η είσοδος πιο θερμόφιλων υδρόβιων ειδών στις ελληνικές θάλασσες και λιμνοθάλασσες θεωρείται ότι θα υποβοηθηθεί από την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, με πιθανότητα αύξησης των επιβλαβών περιστατικών.
- Αναμένεται ότι η άνοδος των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα θα διαταράξει την οικολογική ισορροπία μειώνοντας το pH, καθιστώντας τα υδάτινα σώματα πιο όξινα και επηρεάζοντας με οποιονδήποτε τρόπο την παραγωγή τους.
- Αλλαγές στα συστήματα και τις πρακτικές υδατοκαλλιέργειας θα μπορούσαν να προκύψουν από την άνοδο της στάθμης των υδάτων στους ωκεανούς και τις λιμνοθάλασσες (π.χ. αποφυγή εγκαταστάσεων εκτροφής σε παράκτια ύδατα) (Παπουτσόγλου, 2011).

5.7.4 Υδάτινοι πόροι

Οι βροχοπτώσεις είναι γνωστό ότι επηρεάζουν τους υδάτινους πόρους. Οι χάρτες καταδεικνύουν συγκεκριμένα μια αρκετά σημαντική μείωση των βροχοπτώσεων στη Θεσσαλία, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες σε τμήμα της δυτικής Θεσσαλίας και τους χειμερινούς μήνες σε τμήμα της ανατολικής και νότιας Θεσσαλίας.



Χάρτης 4: Ποσοστιαία μεταβολή βροχοπτώσεων για το διάστημα 2046-2065 σε σύγκριση με το διάστημα 1961-1990 κατά τους θερινούς μήνες. Πηγή: Καρτάλης, κ.ά., 2017.



Χάρτης 5: Ποσοστιαία μεταβολή βροχοπτώσεων για το διάστημα 2046-2065 σε σύγκριση με το διάστημα 1961-1990 κατά τους χειμερινούς μήνες. Πηγή: Καρτάλης, κ.ά., 2017.

Η απορροή μειώνεται επίσης ως αποτέλεσμα των λιγότερων βροχοπτώσεων. Λόγω των θερμότερων θερμοκρασιών και των αυξημένων αναγκών άρδευσης, αναμένεται επίσης ότι η κλιματική αλλαγή θα αυξήσει την εξατμισοδιαπνοή και τη διαπνοή. Υπάρχουν διάφορες αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους υδάτινους πόρους. Η μείωση των βροχοπτώσεων και η αύξηση της εξατμισοδιαπνοής θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της προσφοράς και του εμπλουτισμού των υδροφορέων με νερό. Η μόλυνση ή η ξήρανση των παράκτιων υδροτόπων θα είναι σοβαρή. Η λειψυδρία θα επιδεινώσει την ερημοποίηση. αυξημένες πλημμύρες των υδροφόρων οριζόντων κάτω από τη θάλασσα και κατά μήκος των ακτών. Τέλος, η μειωμένη αραίωση θα προκαλέσει αύξηση της συγκέντρωσης των ρυπαντικών φορτίων στα παράκτια υδάτινα σώματα και τη θάλασσα (Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στη Κλιματική Αλλαγή, 2015).

Κεφάλαιο 6ο : Μέτρα και δράσεις προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή

Μετά τη μελέτη επικινδυνότητας και τρωτότητας της Περιφέρειας Θεσσαλίας, θα δημιουργηθεί μια σειρά πρωτοβουλιών και πολιτικών για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή για τις βασικές περιοχές και κλάδους. Η λέξη "προσαρμογή" δεν χρησιμοποιείται απομονωμένη από άλλες επιλογές, αλλά αναφέρεται στις αλλαγές στη γνώση, την τεχνολογία και τις παγκοσμιοποιημένες μετακινήσεις του κεφαλαίου και της εργασίας, καθώς και στις αλλαγές στους δημογραφικούς, πολιτιστικούς και οικονομικούς παράγοντες. Οι προτεινόμενες δράσεις θα πρέπει να είναι σχεδιασμένες ώστε να προλαμβάνουν τις επιπτώσεις, να μειώνουν τη σοβαρότητα και την έκτασή τους και να προσφέρουν αποκατάσταση. Το Εθνικό Σχέδιο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή αποτελεί την πηγή των περισσότερων στρατηγικών και τακτικών προσαρμογής του παρόντος κεφαλαίου. Το κατά πόσον η επιλεγείσα πορεία δράσης ταιριάζει και αντιστοιχεί με τα δεδομένα από την ανάλυση του κεφαλαίου 4 και με την Περιφέρεια Θεσσαλίας γενικότερα είναι μια κρίσιμη σκέψη. Οι παρακάτω δράσεις πρέπει επίσης να είναι περιφερειακές σε έκταση και να επικεντρώνονται στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και όχι στην πρόληψη.

6.1 Γεωργία

Σύμφωνα με την έκθεση, ένας από τους σημαντικότερους παραγωγικούς τομείς της Περιφέρειας είναι η γεωργία, η οποία θα επηρεαστεί σημαντικά από την κλιματική αλλαγή. Εξαιτίας αυτού, είναι ζωτικής σημασίας η προσαρμογή του κλάδου αυτού στην κλιματική αλλαγή.

Πρωτίστως, είναι σημαντικό να συνεχίσουμε να μαθαίνουμε νέες, πρωτοποριακές πληροφορίες σχετικά με την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και να τις μοιραζόμαστε με τους εκπαιδευτικούς και τους επαγγελματίες του αγροτικού τομέα. να συγκεντρώσουμε τα ευρήματα των μελετών σε μια βάση δεδομένων, ώστε ο καθένας να έχει εύκολη και γρήγορη πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον κλάδο αυτό. Είναι ζωτικής σημασίας η διεξαγωγή ερευνών σχετικά με τη σύνθεση, τη διαχείριση και την οργάνωση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων που λαμβάνουν υπόψη τη μοναδικότητα της περιοχής (Στουρνάρας, 2011).

Το γεγονός αυτό καθιστά εξίσου σημαντική την αλλαγή του περιφερειακού ΓΠΣ/ΣΧΟΟΑΠ προκειμένου να συμπεριληφθεί η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Τα προγράμματα αγροτικής ανάπτυξης της Περιφέρειας οφείλουν να συμπεριλάβουν την προσαρμογή. Τα συστήματα απογραφής και ετοιμότητας για την αξιολόγηση των πιθανών κινδύνων για τη γεωργία είναι επίσης ζωτικής σημασίας. Η αλληλεπίδραση των φυτικών μολύνσεων, των εντόμων, των ζιζανίων, της φυσιολογίας των ζώων, των παρασίτων και τελικά της βιολογίας των φυτών με την κλιματική αλλαγή θα πρέπει να συμπεριληφθεί από κάποιους τύπους απογραφής (Στουρνάρας, 2011).

Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας η βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων. Η δραστηριότητα αυτή περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα για τους εδαφικούς και υδάτινους πόρους:

- Πρόληψη από τη διάβρωση με τη χρήση κατάλληλων καλλιεργητικών τεχνικών (ισοπεδωτικό όργωμα, μειωμένη κατεργασία, στρώσεις φυτών και εναλλαγή καλλιεργειών μεταξύ διαβρωτικών και μη διαβρωτικών ειδών).
- Προστασία (μειωμένα συστήματα κατεργασίας) από την υποβάθμιση της δομής του εδάφους λόγω συμπίεσης.
- Διατήρηση και επέκταση των οργανικών λιπασμάτων, τα οποία αποσυντίθενται ταχύτερα λόγω της αύξησης των θερμοκρασιών (Στουρνάρας, 2011).
- Αποφυγή της αλάτωσης με τη χρήση επαρκούς ποιότητας νερού, της κατάλληλης μεθόδου άρδευσης και των διαδικασιών αφαλάτωσης.
- Την εφαρμογή ειδών που έχουν μικρότερο βιολογικό κύκλο.
- Ο εξορθολογισμός της άρδευσης με βάση τις πραγματικές ανάγκες των φυτών.
- Την υιοθέτηση συστημάτων άρδευσης με μεγαλύτερη αποδοτικότητα.
- "Η αποτελεσματική συντήρηση των υφιστάμενων συλλογικών δικτύων άρδευσης και αποστράγγισης για την ελαχιστοποίηση των απωλειών μεταφοράς νερού".
- Με την προσθήκη φυτών κατάλληλων τύπων που μπορούν να προσαρμοστούν καλύτερα στις νέες περιβαλλοντικές συνθήκες, μπορούμε να διατηρήσουμε και να ενισχύσουμε την αυτοφυή χλωρίδα.
- Τον περιορισμό της ανάπτυξης αστικών περιοχών και ενεργειακών υποδομών σε εξαιρετικά παραγωγικές γεωργικές εκτάσεις.
- Αξιοποίηση τεχνολογιών αιχμής, όπως τα θερμοκήπια.
- Εγκατάσταση φυτειών οπωροκηπευτικών όπου αυτό έχει νόημα, ώστε να καταναλώνεται λιγότερο νερό (Islam and Nursey - Bray, 2017).

Τέλος, είναι επιθυμητή η ανάληψη δράσης για την αλλαγή των γεωργικών πρακτικών. Αυτές θα περιλαμβάνουν πρωτοβουλίες για την τροποποίηση των γεωργικών πρακτικών ως απάντηση στην κλιματική αλλαγή. Η κατανόηση της συμπεριφοράς των φυτών όταν υπάρχει έλλειψη νερού και άνοδος της θερμοκρασίας είναι μία από αυτές τις συμπεριφορές. Όσον αφορά τις μεθόδους καλλιέργειας, τα ψυχρόφιλα είδη θα πρέπει να διατηρηθούν στις νοτιότερες και πεδινές περιοχές, ενώ τα θερμόφιλα είδη (όπως η ελιά, το αμπέλι, τα εσπεριδοειδή κ.λπ.) θα πρέπει να επεκταθούν βορειότερα και σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Οι ημερομηνίες εγκατάστασης των ετήσιων καλλιεργειών θα πρέπει επίσης να μετατοπιστούν σε μεταγενέστερες για τις χειμερινές καλλιέργειες και σε προγενέστερες για τις ανοιξιάτικες καλλιέργειες (Islam and Nursey - Bray, 2017).

6.2 Δασικά Οικοσυστήματα

Για την κοινωνία και γενικά για όλους τους παραγωγικούς τομείς, η πλειονότητα των οποίων εξαρτάται άμεσα από την κατάσταση των δασικών οικοσυστημάτων, είναι επιτακτική ανάγκη να καθοριστούν τα αναγκαία μέτρα για την προσαρμογή των δασικών οικοσυστημάτων στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η προσαρμογή αυτή θα δώσει μεγαλύτερη έμφαση στην εντατικοποίηση των καλλιεργητικών παρεμβάσεων για τη μείωση των συγκρούσεων, της διάβρωσης και των πλημμυρών, καθώς και στην εξισορρόπηση της παροχής νερού με την αξιοποίηση των χειμερινών βροχοπτώσεων και τη λήψη προληπτικών μέτρων για την αποτροπή της πιθανής μετατροπής των περιοχών με χαμηλό υψόμετρο σε έρημο. Θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στη δασική έρευνα για την απόκτηση και την εφαρμογή της γνώσης, καθώς και για τη διάδοση των δεδομένων ερευνών και μελετών (Islam and Nursey-Bray, 2017).

Για την εφαρμογή μιας ενιαίας βιώσιμης διαχείρισης των δασών, είναι επίσης σημαντική η αναδιοργάνωση, η προσαρμογή των δασικών υπηρεσιών στις σύγχρονες γνώσεις και ο συντονισμός των διαφόρων τμημάτων. Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας η προστασία της βιοποικιλότητας των δασικών οικοσυστημάτων με ποικίλες δράσεις. Αρχικά, είναι σημαντικό να κατηγοριοποιηθούν οι προστατευόμενες περιοχές προκειμένου να διαφυλαχθούν τα είδη που απειλούνται από την κλιματική αλλαγή και τα οικοσυστήματα με θερμοφιλά και ανθεκτικά στην ξηρασία είδη. Δεύτερον, επιλέξτε παραλλαγές δασικών ειδών που είναι ανεκτικές στο αναμενόμενο θερμότερο και ξηρότερο περιβάλλον και στα έντονα καιρικά φαινόμενα ή ευνοήστε τα είδη φυσικής αναγέννησης (Islam and Nursey-Bray, 2017). . Ορισμένα κρίσιμα μέτρα προσαρμογής ορίζονται ως αποτέλεσμα της σημασίας της βιώσιμης διαχείρισης των φυσικών πόρων. Για τη βελτίωση της βιοποικιλότητας και της περιβαλλοντικής σταθερότητας, δημιουργήστε δομές δασικών συστάδων, ιδίως με τη μορφή υποβλάστησης και με ποικιλία ειδών. Προσαρμόστε τις δασοκομικές πρακτικές για την ανάπτυξη λεπτότερων, πιο παραγωγικών δασικών συστάδων που μπορούν να αντέξουν μεγαλύτερες θερμοκρασίες, λιγότερη εδαφική υγρασία και ακραία καιρικά φαινόμενα. Προκειμένου να μειωθεί ο ανταγωνισμός των δέντρων για την εδαφική υγρασία και ο κίνδυνος πυρκαγιών, τροποποιήστε τη διαχείριση της βλάστησης το υπορόφου με τη χρήση εκχερσώσεων και ρυθμιζόμενης βόσκησης (European Environment Agency, 2015).

Τέλος, εφαρμόστε κατάλληλα τη βόσκηση των δασικών οικοσυστημάτων για να μεγιστοποιήσετε τη βιοποικιλότητα και την παραγωγή διαφόρων αγαθών και υπηρεσιών. Επειδή οι δασικές πυρκαγιές ενέχουν σημαντικό κίνδυνο, έχουν αναπτυχθεί ορισμένες στρατηγικές μετριασμού. να ολοκληρωθεί η απογραφή των δασών προκειμένου να αποτραπεί η καταπάτηση των δημόσιων εκτάσεων και η εκδήλωση πυρκαγιών να επικαιροποιήσει τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των δασικών πυρκαγιών και να θέσει σε εφαρμογή λογισμικό για την

ταχεία εκκένωση και τα συστήματα προειδοποίησης. Πρόσθετες τεχνικές βιώσιμης διαχείρισης των δασών για την πρόληψη των πυρκαγιών περιλαμβάνουν την κατασκευή και διατήρηση αντιπυρικών ζωνών, την ύπαρξη αρκετών σημείων παροχής νερού, τη σωστή επιλογή των ειδών δέντρων και την εγκατάσταση μόνιμης υποδομής παρακολούθησης των δασικών πυρκαγιών. 70 . Η κατασκευή φραγμάτων καθίζησης και υδατικών φραγμάτων για τη ρύθμιση της απορροής των υδάτων, τη μείωση της διάβρωσης και των πλημμυρών, καθώς και η κατασκευή φραγμάτων και έργων εμπλουτισμού των υπόγειων υδάτων είναι απαραίτητα για την παραγωγή χρήσιμου νερού (European Environment Agency, 2015).

6.3 Βιοποικιλότητα

Μειώνοντας τις ανθρωπογενείς πιέσεις στα οικοσυστήματα και στα είδη χλωρίδας και πανίδας, οι δραστηριότητες και τα μέτρα για τη βιοποικιλότητα επιδιώκουν να διατηρήσουν και να αποκαταστήσουν τις δυνατότητες προσαρμογής του φυσικού περιβάλλοντος (European Environment Agency, 2015). Ορισμένα παραδείγματα των ενδεικνυόμενων μέτρων προσαρμογής περιλαμβάνουν:

- Η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων που θα είναι προσβάσιμη σε οποιονδήποτε ενδιαφέρεται και θα περιέχει τα πορίσματα των ερευνητικών και διαχειριστικών πρωτοβουλιών που σχετίζονται με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα.
- Παρακολούθηση, προστασία, διατήρηση και αποκατάσταση των στοιχείων της βιοποικιλότητας
- Παρακολούθηση, προστασία, διατήρηση και αποκατάσταση των βιολογικών στοιχείων.
- Διατήρηση και βιώσιμη διαχείριση των απειλούμενων ειδών και οικοτόπων τόσο εντός όσο και εκτός των περιοχών του δικτύου Natura 2000.
- Ενίσχυση της οικολογικής συνοχής του δικτύου Natura 2000. Προκειμένου να βοηθηθεί η μεταφορά των ευάλωτων ειδών σε πιο κατάλληλους για αυτά οικοτόπους ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, η προσέγγιση αυτή επικεντρώνεται στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη οικολογικών διαδρόμων που συνδέουν τις περιοχές του δικτύου.
- Ενθάρρυνση δράσεων για την ανοικοδόμηση των φυσικών οικοσυστημάτων.
- Επέκταση των τραπεζών σπόρων και των γενετικών πόρων για την υποστήριξη των προσπαθειών διατήρησης της βιοποικιλότητας.
- Έλεγχος των χρήσεων γης για την αποτροπή της απώλειας ενδιαιτημάτων για σπάνια, απειλούμενα και προστατευόμενα είδη χλωρίδας και άγριας ζωής, καθώς και του κατακερματισμού των φυσικών οικοσυστημάτων.

- Προγράμματα που προωθούν τη γνώση, την κατανόηση και την εκπαίδευση σχετικά με τη βιοποικιλότητα και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.
- Ανάδειξη βασικών τοποθεσιών και προώθηση εναλλακτικών τουριστικών εγχειρημάτων.
- Συμπερίληψη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα αναπτυξιακά σχέδια των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.
- Χρήση των κατάλληλων γεωργικών και δασοκομικών τεχνικών για τη βελτίωση της κατακράτησης νερού και τη μείωση της ξηρασίας (European Environment Agency, 2015).

6.4 Αλιεία και Υδατοκαλλιέργειες

Οι Ρεμούνδου και Κουντούρη (2011) απαρίθμησαν στη μελέτη τους μερικά βήματα για να βοηθήσουν την αλιεία να προσαρμοστεί στην κλιματική αλλαγή. Οι ενέργειες αυτές είναι ανάλογες με τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Η αύξηση της αλιευτικής παραγωγής είναι ένα πιθανό μέτρο προσαρμογής, αλλά πρέπει πάντα να γίνεται με βιώσιμο τρόπο. Θα μπορούσαν επίσης να γίνουν επενδύσεις σε τεχνολογίες που προβλέπουν τις κινήσεις των πληθυσμών, καθιστώντας απλούστερη την εύρεση ειδών με υψηλή εμπορική αξία. Η αποκατάσταση των ζημιών που προκαλούνται από τις αναμενόμενες καταστροφές θα πρέπει να αποτελεί ύψιστη προτεραιότητα, μαζί με την ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων περιοχών. Επιπλέον, απαιτούνται εγκαταστάσεις για συστήματα προστασίας λιμένων. Ο δημόσιος τομέας θα πρέπει να στηρίζει τους περιφερειακούς οργανισμούς διαχείρισης και να διαδίδει πληροφορίες σχετικά με τις αναμενόμενες επιπτώσεις, μεταξύ άλλων δράσεων. Είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν βάσεις δεδομένων που να ενσωματώνουν τις διαχρονικές διακυμάνσεις των στοιχείων του θαλάσσιου περιβάλλοντος που επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή.

Απαιτείται αξιολόγηση των μεταβολών στις προτιμήσεις των καταναλωτών, καθώς και αξιολόγηση και ενσωμάτωση της προκύπτουσας κοινωνικής και οικονομικής ποικιλομορφίας, προκειμένου η Περιφέρεια να μπορέσει να προσαρμοστεί στο νέο σενάριο που θα δημιουργηθεί για τον τομέα της αλιείας. Η συνεχής εφαρμογή της βιώσιμης διαχείρισης των θαλάσσιων βιολογικών πόρων αποτελεί αναγκαιότητα. Η ανάπτυξη πολιτικών για τη βιώσιμη διαχείριση της θαλάσσιας βιοποικιλότητας και των αλιευτικών πόρων θα ήταν χρήσιμη. Είναι επίσης ζωτικής σημασίας να οργανωθούν σχέδια εφεδρείας για τις αλιευτικές βιομηχανίες, όπως η παράκτια αλιεία, που δεν θα είναι σε θέση να εγκαταλείψουν τις περιοχές που επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή. προώθηση των δεσμών μεταξύ των ενδιαφερομένων σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο μέσω της προώθησης του διαλόγου και της ευαισθητοποίησης των ενδιαφερομένων μέσω προγραμμάτων. Είναι επίσης προτιμότερο να ενθαρρύνονται τα εναλλακτικά μέσα διαβίωσης μέσω της διαθεσιμότητας ευέλικτων δανείων (Hayrol Azril Mohamed Shaffrila et al., 2017).

Τα θεσμικά μέτρα, όπως τα μέτρα πολιτικής ή τα μέτρα σχεδιασμού, αποτελούν τον επόμενο τύπο μέτρων προσαρμογής της υδατοκαλλιέργειας, σύμφωνα με τους Ρεμούνδου και Κουντούρη (2011). Το πρώτο και πιο κρίσιμο βήμα είναι η ασφάλιση των υδατοκαλλιεργειών, ενώ το κράτος θα πρέπει να προσφέρει κίνητρα ιδίως στους μικρούς υδατοκαλλιεργητές για να αποτρέψει την εγκατάλειψη του επαγγέλματός τους και τη μείωση της παραγωγής τους. Επιπλέον, η έρευνα είναι ζωτικής σημασίας. Οι περιφέρειες μπορούν να ενισχύσουν τη συνεργασία τους προκειμένου να μοιράζονται τη γνώση και την έρευνα. Οι καλλιέργειες και οι καλλιεργητικές μέθοδοι διαφοροποιούνται ήδη σε όλο τον κόσμο. Διαχωρίζοντας τα είδη που είναι πιο ικανά να αντέξουν τις ασθένειες και τις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς, η διαφοροποίηση μπορεί να προσφέρει ασφάλεια. Μετά την αξιολόγηση των κινδύνων, ιδίως εκείνων που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες, θα πρέπει να ληφθεί απόφαση σχετικά με την εγκατάσταση των φυτών. Αυτό απαιτεί τη συνεχή ανάπτυξη συστημάτων πληροφόρησης για την πρόγνωση των καιρικών συνθηκών. Η εγκατάσταση προηγμένων συστημάτων παρακολούθησης των υδάτων σε περιφερειακό επίπεδο είναι επίσης σημαντική για τη λήψη ακριβών δεδομένων σχετικά με τη φυσική και χημική κατάσταση των υδάτινων σωμάτων, καθώς και την παρουσία επικίνδυνων ασθενειών ή πλαγκτόν (Ρεμούνδου & Κουντούρη, 2011).

Η εφαρμογή εκτατικών συστημάτων ημι-εκτατικής και εντατικής παραγωγής εντός και εκτός όλων των τύπων υδάτινων σωμάτων, συμπεριλαμβανομένων των ποταμών, θα πρέπει να αποφεύγεται ως άλλο ενδεικτικό μέτρο προσαρμογής λόγω των αρνητικών οικονομικών συνεπειών που θα προκύψουν από τη δομή κατασκευής τους στις απρόβλεπτες καιρικές συνθήκες που επιφέρει η κλιματική αλλαγή.

Προκειμένου να προστατευθεί η ακτογραμμή και να διασφαλιστεί η διατήρηση των περιοχών όπου αναπαράγονται και συγκεντρώνονται τα νεαρά ψάρια, είναι επίσης προτιμότερο να συνδεθεί η διαχείριση της αλιείας με την εκμετάλλευση των παράκτιων ζωνών. Επιπλέον, οι παράκτιες θαλάσσιες ζώνες για τη δραστηριότητα της υδατοκαλλιέργειας θα πρέπει να διαχωρίζονται ρητά από άλλες δραστηριότητες με ειδικά πλαίσια χωροταξικού σχεδιασμού (τουρισμός) (Hayrol Azril Mohamed Shaffrila κ.α., 2017).

6.5 Υδάτινοι πόροι

Το πρώτο πράγμα που πρέπει να γίνει είναι να δημιουργηθεί μια γεωπύλη που θα ενσωματώνει δεδομένα σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τους υδάτινους πόρους. Αυτό θα επιτευχθεί με τη συγκέντρωση μελετών για την κλιματική αλλαγή, την κατασκευή και τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων που

περιέχει κλιματικά δεδομένα και την ενσωμάτωση ενός οδηγού πληροφοριών χωρικά δομημένων πληροφοριών που δημιουργήθηκε από άλλους οργανισμούς στη γεωπύλη. Θα είναι απαραίτητο να κατανοηθούν καλύτερα οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Η άντληση γλυκού νερού από παράκτιες περιοχές θα πρέπει να μειωθεί, ιδίως εάν η άνοδος της στάθμης της θάλασσας επηρεάζει τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδάτων. Θα πρέπει να ξεκινήσει ένα πρόγραμμα επισκευής αρδευτικών δικτύων για αρδευτικά έργα και να υιοθετηθούν αρδευτικά δίκτυα που καταναλώνουν λιγότερο νερό και ευδοκούν εκτός καλοκαιριού. Η μειωμένη άντληση από τον υδροφόρο ορίζοντα, η έξυπνη χρήση του νερού και η εξοικονόμηση νερού παίζουν σημαντικό ρόλο. Ενθαρρύνετε την εξοικονόμηση νερού σε όλες τις βιομηχανίες και τις εφαρμογές, επεξεργαστείτε τα λύματα, χρησιμοποιήστε ανακτημένο νερό και κατασκευάστε τεχνητούς ταμιευτήρες. Δημιουργήστε έργα και χρήσεις γης που είναι κατάλληλες για τους κοντινούς υδάτινους πόρους. Είναι σημαντικό να μεγιστοποιήσετε τις τρέχουσες τεχνικές αποθήκευσης νερού, να χρησιμοποιείτε το νερό με λογική και να αυξήσετε τα ποσοστά διήθησης του εδάφους, ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί και το νερό της βροχής. Προκειμένου να ενσωματωθούν οι αναμενόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και τα αναγκαία μέτρα προσαρμογής στα εργαλεία σχεδιασμού της διαχείρισης των υδάτων σε κλίμακα λεκάνης, κρίνεται επίσης σκόπιμο να ενσωματωθούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον σχεδιασμό και τη διαχείριση των υδάτων. Τέλος, είναι ζωτικής σημασίας οι εκπαιδευτικές εκστρατείες που ενημερώνουν και εκπαιδεύουν το κοινό σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τους υδάτινους πόρους.

6.6 Έρευνες για την κλιματική αλλαγή στη Θεσσαλία

Με βάση τα αποτελέσματα του GCM CGCMa2, οι Sidiropoulos και συν. (2013) αξιολόγησαν δύο σενάρια κλιματικής αλλαγής χρησιμοποιώντας μια υβριδική στατιστική μέθοδο υποβάθμισης για τον υδροφόρο ορίζοντα της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας. Φαίνεται ότι απαιτείται η βέλτιστη άντληση υπόγειων υδάτων για την προσαρμογή στις τρέχουσες κλιματικές συνθήκες.

Η έκθεση του Δέλτα του Πηνειού στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μελετήθηκε από τους Roulos και συν. το 2013. Καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το κλίμα έχει σημαντικές ποσοτικές και ποιοτικές επιπτώσεις στην περιοχή του δέλτα, στον υδροφόρο ορίζοντα, στις υπόγειες γεωλογικές/γεωφυσικές συνθήκες και στις μηνιαίες επιφανειακές ροές.

Σύμφωνα με τα ευρήματα της έρευνας των Loukas και συν. (2015), τα οποία βασίστηκαν σε υδρολογικά μοντέλα και μοντέλα προσομοίωσης της υπόγειας ροής, αντίστοιχα, η κλιματική αλλαγή έχει μικρότερη επίδραση στον υπόγειο υδροφόρο της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας από ό,τι η έντονη ανθρώπινη εκμετάλλευση.

Προκειμένου να μετριάσουν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας, οι Tzabiras και συν. (2016) εξετάζουν δύο επιχειρησιακές

στρατηγικές για υδροτεχνικά έργα και τρεις στρατηγικές διαχείρισης της ζήτησης νερού. Τα ευρήματα υποστηρίζουν την προηγούμενη έρευνα των Alamanos και συν. καθώς και τις δύο προηγούμενες μελέτες, καθώς η ανθρώπινη εκμετάλλευση έχει μεγαλύτερη επιρροή από την κλιματική αλλαγή (2017).

Στην τελευταία μελέτη, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας που είχαν ήδη παρατηρηθεί (ιστορικές, όχι μελλοντικές), χρησιμοποιήθηκαν για να διερευνηθεί η επίδρασή τους (ευαισθησία) στο υδατικό ισοζύγιο και τις δαπάνες άρδευσης. Αν και ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής επαληθεύεται ότι είναι μικρότερος από εκείνον άλλων στρατηγικών διαχείρισης και τιμολόγησης του νερού, εντούτοις είναι επιζήμιος.

Στο ίδιο συμπέρασμα, το οποίο συνάδει με τα ευρήματα των Myloroulos και συν. (2017) και Alamanos και συν. (2018), καταλήγουν και οι επιπτώσεις της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης στην αστική κατανάλωση νερού, συγκεκριμένα στο Volos (2019c). Ο Βόλος είναι η πρωτεύουσα του νομού Μαγνησίας και έχει μεσογειακό κλίμα. Οι ανάγκες σε νερό καλύπτονται από 40 πηγές και 5 πηγάδια και συλλέγονται σε 8 ταμιευτήρες. Η πόλη αντιμετωπίζει προβλήματα επάρκειας νερού, κυρίως λόγω των διαρροών, που εκτιμάται ότι είναι πάνω από το 40% του συνολικού παρεχόμενου νερού. Επιπλέον, προέκυψαν σημαντικά περιβαλλοντικά ζητήματα τις τελευταίες δεκαετίες, όπως η συστηματική εξόρυξη των μη ανανεώσιμων υπόγειων υδάτων, η ρύπανση των υπόγειων υδάτων λόγω εκροής γεωργικών λιπασμάτων, χημικών και βαρέων μέταλλα και η αλάτωση των υπόγειων υδάτων δημιουργώντας πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα στο ποσό και ποιότητα των υδάτινων πόρων.

Οι εν λόγω έρευνες υπολόγισαν τις ελαστικότητες διαφόρων μετεωρολογικών και κοινωνικοοικονομικών μεταβλητών, ενώ η τελευταία μελέτη έλαβε υπόψη τις επιπτώσεις τους στο υδατικό ισοζύγιο και τη βάση για την κλιματική αλλαγή. Αν και οι ελαστικότητες είναι πολύ μικρές, οι επιπτώσεις στο ισοζύγιο δεν είναι αμελητέες και τονίζεται ότι η ΔΕΥΑΜΒ πρέπει να προσφέρει προληπτικά.

Σύμφωνα με τους Arampatzis και συν. (2018), η λεκάνη απορροής του Πηνειού ποταμού, η οποία βρίσκεται ήδη υπό πίεση, θα δει μείωση της προσφοράς νερού. Επιπλέον, αυτό υποδηλώνει μειωμένη βύθιση, η οποία οδηγεί σε μικρότερο εμπλουτισμό των υπόγειων υδάτων, αλλά συνδυάζεται με υψηλότερες ανάγκες άρδευσης στην περιοχή.

Κεφάλαιο 7ο : Προτεινόμενα μέτρα και Συμπεράσματα

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω πληροφορίες, η περιοχή της Θεσσαλίας έχει μεγάλη σημασία για τη διαχείριση της ξηρασίας και την προστασία από τις πλημμύρες. Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές στρατηγικές που έχουν προταθεί μέχρι στιγμής από την κυβέρνηση και την επιστημονική κοινότητα για την αντιμετώπιση, την πρόληψη και την προσαρμογή σε συνθήκες λειψυδρίας-ξηρασίας και πλημμυρών.

Κρατική προσέγγιση:

Η διαχείριση της ζήτησης νερού (μέσω διατάξεων, τιμολογιακής πολιτικής κ.λπ.), η καλύτερη χρήση των υποδομών, οι προφυλάξεις ασφαλείας, τα νέα έργα ύδρευσης και αποθήκευσης νερού, η αύξηση της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού (εφαρμογή νέων τεχνολογιών κ.λπ.), η παρακολούθηση (π.χ. καταγραφή των αντλούμενων ποσοτήτων από γεωτρήσεις), τα αντίστοιχα θεσμικά και αδειοδοτικά μέτρα είναι μεταξύ των μέτρων που προτείνονται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων και τα οποία ισχύουν σήμερα όσον αφορά τη λειψυδρία-ξηρασία. Οι πρωτοβουλίες αφορούν τεχνικά μέτρα για την πρόληψη των πλημμυρών (αντιπλημμυρικά έργα και υποδομές).

Η Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) και οι σχετικοί Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Υπ.Αγρ.Αν., 2015) περιλαμβάνουν σχεδόν τα πάντα που σχετίζονται με τη χρήση αρδευτικών, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων για τη μόλυνση των προαναφερθέντων υπόγειων και επιφανειακών υδάτινων σωμάτων. Σύμφωνα με ενδείξεις, οι αισθητήρες, τα συστήματα εντοπισμού θέσης και η τηλεπισκόπηση χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της γεωργίας ακριβείας (εξατομικευμένη εφαρμογή λιπασμάτων και άρδευσης, όπως διαφορετικές ποσότητες σε διαφορετικές περιοχές του χωραφίου). Εξετάζονται επίσης προγράμματα για τη διατήρηση της ποιότητας των υδάτων, όπως αυτά που ενθαρρύνουν τους γεωργούς να χρησιμοποιούν λιγότερα αζωτούχα λιπάσματα, παρέχοντάς τους επιδότηση 40-50 €/στρέμμα. Οι προοπτικές των τοπικών φορέων για τις πολιτικές και το μέλλον του ΥΔ ως απάντηση στην κρατική στρατηγική είναι προς το παρόν δυσοίωνες. Πιστεύουν ότι λόγω της έλλειψης διαρκούς προσοχής, η βιώσιμη διαχείριση του ΥΔ στη Θεσσαλία δεν θα είναι δυνατή σύντομα. Δεδομένου ότι το Σχέδιο Διαχείρισης είναι απλώς μια διακήρυξη στόχων - και μάλιστα, ευρέων και όχι δεσμευτικών- και όχι ένα σταθερό σχέδιο εκτέλεσης (masterplan) έργων και δράσεων, επισημαίνουν επίσης την απουσία ενός τέτοιου σχεδίου. Πιστεύουν επίσης ότι δεν υπάρχει επαρκής σχεδιασμός έργων και ανάλυση κόστους-οφέλους, καθώς και λανθασμένες προβλέψεις για τις μελλοντικές ανάγκες του γεωργικού τομέα στην ΥΔ, λόγω της έλλειψης αξιόπιστων δεδομένων και μεθόδων.

Φυσικές-λύσεις (Nature-based solutions): Το παράδειγμα της λίμνης Κάρλας

Η παρούσα ενότητα εξετάζει ένα διαφορετικό είδος μέτρων, αυτά των λύσεων που βασίζονται στη φύση, χρησιμοποιώντας αυτό το παράδειγμα ως αφετηρία. Σύμφωνα με τη Διεθνή Ένωση Προστασίας της Φύσης (International Union for Conservation of Nature – IUCN), οι nature-based solutions (NbS) που βασίζονται στη φύση περιγράφονται ως "δράσεις για την προστασία, τη βιώσιμη διαχείριση και την αποκατάσταση φυσικών ή τροποποιημένων οικοσυστημάτων που αντιμετωπίζουν

αποτελεσματικά και προσαρμοστικά τις κοινωνικές προκλήσεις, παρέχοντας παράλληλα οφέλη για την ανθρώπινη ευημερία και τη βιοποικιλότητα". Ενθαρρύνουν τη βιώσιμη διαχείριση και χρήση της φύσης για την αντιμετώπιση κοινωνικοπεριβαλλοντικών ζητημάτων με απλούστερες μεθόδους σε όλους τους τομείς. Οι λύσεις που βασίζονται στη φύση περιγράφονται ως "δράσεις για την προστασία, τη βιώσιμη διαχείριση και την αποκατάσταση φυσικών ή τροποποιημένων οικοσυστημάτων που αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά και προσαρμοστικά τις κοινωνικές προκλήσεις, παρέχοντας παράλληλα οφέλη για την ανθρώπινη ευημερία και τη βιοποικιλότητα. Ενθαρρύνουν τη βιώσιμη διαχείριση και χρήση της φύσης για την αντιμετώπιση κοινωνικών και περιβαλλοντικών ζητημάτων με απλούστερες μεθόδους σε όλους τους τομείς. Ένας υγροβιότοπος μπορεί, να συγκρατεί τα πλημμυρικά ύδατα, να "φιλτράρει" τους ρύπους που έρχονται με την απορροή, να ελέγχει το τοπικό μικροκλίμα, να συντηρεί τη χλωρίδα και την πανίδα και να προσφέρει πρώτες ύλες ή υπηρεσίες για αναψυχή και τουρισμό, μεταξύ άλλων. Μεταξύ Βόλου και Λάρισας, στη νοτιότερη γωνία της Θεσσαλίας, βρίσκεται η λεκάνη απορροής της λίμνης Κάρλας. Η αποκατάσταση αυτής της NbS (Nature-Based solutions), η οποία καλύπτεται λεπτομερέστερα παρακάτω, αποτέλεσε τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική προσπάθεια στα Βαλκάνια. Αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα NbS τεράστιας σημασίας για την ευρύτερη περιοχή.

Μεταξύ Βόλου και Λάρισας, στη νοτιότερη γωνία της Θεσσαλίας, βρίσκεται η λεκάνη απορροής της λίμνης Κάρλας. Η αποκατάσταση αυτής της NbS, η οποία καλύπτεται λεπτομερέστερα παρακάτω, αποτέλεσε τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική προσπάθεια στα Βαλκάνια. Αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα NbS τεράστιας σημασίας για την ευρύτερη περιοχή.

Η λεκάνη είναι επιμήκης, μήκους 35 χλμ. και πλάτους 15 χλμ. και έχει συνολική έκταση 1173 χλμ²- είναι κλειστή (δεν υπάρχει φυσική επιφανειακή υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα). Ιστορικά, το 94% του συνόλου της χρήσης νερού στην περιοχή ήταν για γεωργικούς σκοπούς. Καλύπτεται με τη χρήση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα (500 km²), ο οποίος υπερεκμεταλλεύεται, και σε μικρότερο βαθμό, των επιφανειακών υδάτων του ποταμού Πηνειού (Αλαμάνος, 2019). Η λίμνη διατήρησε τη ζωή και την υγεία της περιοχής με τη δέσμευση των πλημμυρικών υδάτων και την αποθήκευσή τους τόσο πάνω όσο και κάτω από την επιφάνεια (εμπλουτισμός), ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση. Μείωσε την ποιότητα του εδάφους και του νερού αφαιρώντας θρεπτικά συστατικά και συγκρατώντας ιζήματα και επιβλαβείς ενώσεις. Η συνεισφορά της στο μικρο-κλίμα της περιοχής ήταν επίσης σημαντική, αφού αποθήκευε (δέσμευση ηλιακής ακτινοβολίας) και ελευθέρωνε τη θερμότητα, ενώ τέλος, συντηρούσε χλωρίδα και πανίδα, στηρίζοντας τις τροφικές αλυσίδες (Αλαμάνος, 2019).

Από την άλλη πλευρά, η ικανότητα της λίμνης να συγκρατεί τα πλημμυρικά ύδατα οδήγησε στην πλημμύρα σημαντικών γεωργικών περιοχών, η οποία με τη σειρά της προκάλεσε προβλήματα αποστράγγισης και αύξησε τα επίπεδα αλατιού στα κοντινά εδάφη. Η ελονοσία που αντιμετώπιζαν κατά καιρούς οι ντόπιοι έχει επίσης

συνδεθεί με τη λίμνη. Η αποξήρανση αρκετών λιμνών και υγροτόπων (Κωπαΐδα, έλος Γιαννιτσών, πεδιάδα Σερρών), με κίνητρο την επέκταση της γεωργικής γης, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές και οικολογικές ανησυχίες, ενίσχυσε την τεχνοκρατική αντίληψη που επικρατούσε στην Ελλάδα στα τέλη του 19ου αιώνα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να διακοπεί η τροφοδοσία της λίμνης Κάρλας από τον Πηνειό. Το 1949 κατασκευάστηκαν αντιπλημμυρικά και αποστραγγιστικά έργα και η διαδικασία εκκένωσης της λίμνης Κάρλας συνεχίστηκε. Σε τμήμα της πρώην λίμνης επρόκειτο να δημιουργηθεί ταμιευτήρας, αφού το 1962 ολοκληρώθηκε η αποστράγγιση μέσω σήραγγας προς τον Παγασητικό Κόλπο. Η λίμνη αποξηράνθηκε, αλλά η κατασκευή του ταμιευτήρα και τα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας και αποθήκευσης νερού δεν ολοκληρώθηκαν, με αποτέλεσμα να προκληθεί σοβαρή περιβαλλοντική ζημία. Οι διαφωνίες περιλάμβαναν τη θέση, το μέγεθος και τη λειτουργία του ταμιευτήρα (αντιπλημμυρική προστασία έναντι αποθήκευσης νερού για τη γεωργία) (Σιδηρόπουλος, 2014).

Σε σύγκριση με τον υπόλοιπο Ελληνικό Υδατικό Διαμέρισμα, καθώς και με την υπόλοιπη Ευρώπη, η Θεσσαλία υποφέρει από σοβαρά ποσοτικά, ποιοτικά και διαχειριστικά προβλήματα με το νερό. Δεδομένου ότι αποτελεί την κύρια πηγή της γεωργικής παραγωγής της χώρας, αυτό χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. Αν και το έργο αυτό θα είναι δύσκολο, αναμένεται να έχει ουσιαστικό αντίκτυπο με άμεσα οφέλη για όλη την κοινωνία και να αποτελέσει ένα θετικό πλαίσιο για την αντιμετώπιση της κατάστασης σε κάθε άλλη Ελληνική Περιοχή. Από τη μία πλευρά, η βιώσιμη διαχείριση των υδάτινων πόρων αποτελεί πρόκληση, καθώς πρόκειται για μια δύσκολη, διεπιστημονική διαδικασία που επιδιώκει να συμβιβάσει τις πραγματικές συγκρούσεις που αναπτύσσονται, ώστε να διευκολυνθεί η εξεύρεση των καλύτερων, πιο εφαρμόσιμων και κοινωνικά αποδεκτών πολιτικών. Όμως, όπως φαίνεται από τη σύνθεση της ομάδας "Νερό για το αύριο" και των μελών της, δεν υπάρχει έλλειψη επιστημονικής κατάρτισης, τεχνολογίας ή οράματος. Η κοινή δέσμευση και οι ανοικτές γραμμές επικοινωνίας μεταξύ όλων των ενδιαφερομένων μερών για την εξεύρεση καθολικά βέλτιστων λύσεων χρησιμεύουν ως συνδετικός κρίκος. Προκειμένου να επιτύχει τον στόχο του για την εφαρμογή ενός μοντέλου βιώσιμης ανάπτυξης, το έργο αυτό ενσωματώνει όλες αυτές τις συνιστώσες, προσεγγίζει το θέμα μεθοδικά και διεξοδικά και βασίζεται στις έννοιες της θεωρίας των συστημάτων.

Βιβλιογραφία

«Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρειας Θεσσαλίας, Α' Φάση, Στρατηγικός Σχεδιασμός», (2011).

«Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας», (2014).

Alamanos, A., Latinopoulos, D., Papaioannou, G., & Mylopoulos, N. (2019a). Integrated Hydro-Economic Modeling for Sustainable Water Resources Management in DataScarce Areas: The Case of Lake Karla Watershed in Greece. *Water Resources Management*, 33(8), 2775–2790. <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02241-8>

Alamanos, A., Latinopoulos, D., Xenarios, S., Tziatzios, G., Mylopoulos, N., & Loukas, A. (2019b). Combining hydro-economic and water quality modeling for optimal management of a degraded watershed. *Journal of Hydroinformatics*, 21(6), 1118–1129. <https://doi.org/10.2166/hydro.2019.079>

Alamanos, A., Sfyris, S., Fafoutis, C., & Mylopoulos, N. (2019c). Urban water demand assessment for sustainable water resources management, under climate change and socioeconomic changes. *Water Supply*, 20(2), 679–687. <https://doi.org/10.2166/ws.2019.199>

Arampatzis, G., Panagopoulos, A., Pisinaras, V., Tziritis, E., & Wendland, F. (2018). Identifying potential effects of climate change on the development of water resources in Pinios River Basin, Central Greece. *Applied Water Science*, 8(2), 51. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0690-1>

European Environment Agency (2009), “Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought”, *EEA Report*, διαθέσιμο: http://www.eea.europa.eu/publications/water-resourcesacross-europe/at_download/file

European Environment Agency, «Adaptation of fire management plans», (2015).

Hayrol Azril Mohamed Shaffrila, Asnarulkhadi Abu Samaha, Jeffrey Lawrence D'Silvaa, (2017). *Climate change: Social adaptation strategies for fishermen*, Malaysia, 256-261

IPCC, (2007). Climate change 2007: Synthesis Report. In: *R.K. Pachauri and A. Reisinger (eds), Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Geneva, Switzerland, 104 p.

IPCC, (2008). Climate change and Water. In: *B.C. Bates, Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof (eds), Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat*, Geneva, 210 p.

IPCC, (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. In: *T.F. Stocker, D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds), Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Islam, M. T., & Nursey-Bray, M. (2017). Adaptation to climate change in agriculture in Bangladesh: The role of formal institutions. *Journal of environmental management*, 200, 347-358.

Loukas A., Sidiropoulos P., Mylopoulos N., Vasiliades L. & Zagoriti K. (2015). Assessment of the effect of climate variability and change and human intervention in the lake Karla aquifer. *European Water* 49: 19-31. E.W. Publications, 2015.

Mariotti, A., N. Zeng, J. H.Yoon, V. Artale, A. Navarra, P. Alpert and L. Z. X. Li (2008), “Mediterranean water cycle changes: transition to drier 21st century conditions in observations and CMIP3 simulations”, *Environment Research Letters*, 3, 4.

Milly, P. C. D., K. A. Dunne and A. V. Vecchia (2005), “Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate”, *Nature* 438: 347-50.

Mylopoulos, N., Fafoutis, C., Sfyris, S., & Alamanos, A. (2017). Impact of water pricing policy and climate change on future water demand in Volos, Greece. *European Water Journal*, (58):473-479.

Navrud, S. and R. Ready (eds) (2007), “*Environmental Value Transfer: Issues and Methods*”. Springer/Kluwer Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Poulos, S., Alexopoulos, J., Dassenakis, M., S., K., Lazogiannis, K., Matiatos, I., Paraskevopoulou, V., Sifnioti, D., Ghionis, G., Alexiou, I., & Panagopoulos, A. (2013, September 5). An investigation of the impact of the climate change on river deltas: Case study: the delta of R. Pinios (Thessaly, Greece) - Concept and preliminary results on surface water environmental state. Proceedings of The. *13th International Conference on Environmental Science and Technology*, Athens, Greece.

Sidiropoulos, P., Mylopoulos, N., & Loukas, A. (2013). Optimal Management of an Overexploited Aquifer under Climate Change: The Lake Karla Case. *Water Resources Management*, 27(6), 1635–1649. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0083-4>

Sidiropoulos, P., Tziatzios, G., Vasiliades, L., Mylopoulos, N., & Loukas, A. (2019). Groundwater Nitrate Contamination Integrated Modeling for Climate and Water Resources Scenarios: The Case of Lake Karla Over-Exploited Aquifer. *Water*, 11(6), 1201. <https://doi.org/10.3390/w11061201>

Skoullou, M. (2009), “*Climate change in the Mediterranean region: Possible threats and responses in Water Management, Water Security and Climate Change Adaptation: Early Impacts and Essential Responses*”, C. Sadoff and M. Muller, GWP (TEC background papers) No. 14.

Stournaras, G. (2010), “*The water in Mediterranean*”, in “*Losing Paradise: The Water Crisis in the Mediterranean*”, Ashgate Publishing Ltd, UK.

Tzabiras, J., Vasiliades, L., Sidiropoulos, P., Loukas, A., & Mylopoulos, N. (2016). Evaluation of Water Resources Management Strategies to Overturn Climate Change

Impacts on Lake Karla Watershed. *Water Resources Management*, 30(15), 5819–5844.
<https://doi.org/10.1007/s11269-016-1536-y>

Αναθεώρηση Περιφερειακού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης της Περιφέρειας Θεσσαλίας, (2014).

Δεμερτζή, Κ., Β. Ασχονίτης και Δ.Μ. Παπαμιχαήλ, (2013). Ανάλυση της Μεθόδου PriestleyTaylor για τον Υπολογισμό της Εξατμισοδιαπνοής Αναφοράς στην Ελλάδα. *Υδροτεχνικά*, 22, 1-14.

Διαμαντοπούλου, Μ.Ι., Π.Ε. Γεωργίου και Δ.Μ. Παπαμιχαήλ, (2008). Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα στην Εκτίμηση της Ημερήσιας Εξατμισοδιαπνοής Αναφοράς. *Πρακτικά 9 ου Πανελληνίου Συνέδριου Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας-Φυσικής της Ατμόσφαιρας*, Θεσσαλονίκη, 871-878.

Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στη Κλιματική Αλλαγή, (2015).

Καρτάλης, Κ., Κοκκώσης, Χ., Οικονόμου, Δ., Σανταμούρης, Μ., Αγαθαγγελίδης, Η., & Πολύδωρος, Α. (2017). Οι Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ανάπτυξη. *Αθήνα: Διανέοσις Οργανισμός έρευνας και ανάλυσης*.

Κουτσογιάννης, Δ., Α. Ανδρεαδάκης, Ρ. Μαυροδήμου, Α. Χριστοφίδης, Ν. Μαμάσης, Α. Ευστρατιάδης, Α. Κουκουβίνος, Γ. Καραβοκυρός, Σ. Κοζάνης, Δ. Μαμάης, και Κ. Νουτσόπουλος, (2008). *Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων*, σελίδα 377, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

ΝΑΣΤΗΣ Α., ΚΑΡΜΙΡΗΣ Η., ΣΑΡΤΖΕΤΑΚΗΣ Ε., ΝΑΣΤΗΣ Σ., (2011). *Οικονομικές και φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στα δάση και τα δασικά οικοσυστήματα της Ελλάδας*, Αθήνα.

Παπανδρέου, Α. και Μ. Σκούρτος (2000), “Βασικές Αρχές Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης, στο: *Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο* (επιμ.), “Σχεδιασμός, Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις και Μέθοδοι Εκτίμησής τους”. Τόμος Β1, Αθήνα.

Παπανικολάου Δ., Διακάκης Μ., (2011). *Μεταβολές στην ένταση και την κατανομή των φυσικών καταστροφών*, Αθήνα.

Παπανικολάου Μ., Παπανικολάου Δ., Βασιλακης Ε., (2011). *Μεταβολές της στάθμης της θάλασσας και επιπτώσεις στις ακτές*, Αθήνα.

Παπουτσόγλου Σ., (2011). *Πιθανές επιπτώσεις των κλιματικών μεταβολών στην αλιεία και στις υδατοκαλλιέργειες της Ελλάδος*, Αθήνα.

ΡΕΜΟΥΝΔΟΥ Κ., ΚΟΥΝΤΟΥΡΗ Φ., (2011). *Οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες και μέτρα προσαρμογής*, Αθήνα.

Στουρνάρας Γεώργιος, Σκούρτος Μιχαήλ, Κοντογιάννη Αρετή, Γιόζας Γεράσιμος, κ.ά., (2011). *ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ*, Αθήνα.

Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ) για την Επικαιροποίηση του Περιφερειακού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) Περιφέρειας Θεσσαλίας», (2016).

Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ) του ΠΕΠ Θεσσαλίας 2014-2020», (2014).

Τράπεζα της Ελλάδος, (2011). *Οι Περιβαλλοντολογικές, Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα. Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής. Ίδρυμα Εκτύπωσης Τραπεζογραμματίων και Αξιών της Τράπεζας της Ελλάδος*, Ελλάδα, 546 σελ.

Τσαγκάρης, Καρέτσος, Προύτσος, (2011). *Δασικές πυρκαγιές Ελλάδας 1983-2008*, Αθήνα, σελίδα 91.

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής), (2007). *Εκτίμηση των Πιθανών Επιπτώσεων στην Ελλάδα από την Κλιματική Αλλαγή*. Αθήνα.

ΥΠΑΝ (Υπουργείο Ανάπτυξης & Ανταγωνιστικότητας), (2003). *Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας*. Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα, 549 σελ.

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης. (2015). Κοινή Αγροτική Πολιτική. <http://www.minagric.gr/index.php/el/the-ministry-2/agricultural-policy/koinagrotpolitik>.